

# Evaluasi risiko Area Longsor di Ruas Jalan Tana Toraja-Enrekang Km.242+400

Chaidir Suwahyo<sup>1</sup>, Andi Muhammad Ashad Sadiq<sup>2</sup>, Iin Fitrianty Suaib Cangara<sup>3</sup>, Alifah Dhiya Maghfirah<sup>4</sup>, Achmad Irfan Nur<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universitas Bosowa, <sup>2</sup>Universitas Islam Makassar, <sup>3</sup>Universitas Bosowa, <sup>4</sup>Universitas Bosowa, <sup>5</sup>Universitas Bosowa  
<sup>1</sup>[chaidirsuwahyo@gmail.com](mailto:chaidirsuwahyo@gmail.com), <sup>2</sup>[am\\_ashad\\_shadiq@uim-makassar.ac.id](mailto:am_ashad_shadiq@uim-makassar.ac.id),  
<sup>3</sup>[iincangara@universitasbosowa.ac.id](mailto:iincangara@universitasbosowa.ac.id), <sup>4</sup>[alifahdhiya@universitasbosowa.ac.id](mailto:alifahdhiya@universitasbosowa.ac.id),  
<sup>5</sup>[achmadirfan@universitasbosowa.ac.id](mailto:achmadirfan@universitasbosowa.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi risiko longsor di ruas jalan strategis Tana Toraja-Enrekang Km.242+400, yang secara historis mengalami gangguan akibat gerakan tanah. Evaluasi dilakukan dengan mengintegrasikan analisis stabilitas lereng secara geoteknik dan pemetaan bahaya berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Data primer diperoleh dari survei lapangan dan uji laboratorium untuk parameter tanah, sementara data sekunder meliputi peta topografi, geologi, dan curah hujan. Analisis stabilitas menggunakan metode Bishop Simplified, sedangkan pemetaan bahaya menggunakan teknik weighted overlay di platform SIG. Hasil menunjukkan faktor keamanan (FK) lereng pada kondisi jenuh sebesar 1.18, mengindikasikan kondisi kritis (FK < 1.25). Peta bahaya mengklasifikasikan area tersebut sebagai Zona Bahaya Tinggi. Simpulan penelitian menyatakan bahwa ruas jalan ini memerlukan tindakan mitigasi segera, berupa perkuatan lereng struktural dan penerapan sistem pemantauan non-struktural untuk menjamin keselamatan dan kelancaran lalu lintas.

**Kata kunci**— Longsor, Stabilitas Lereng, Sistem Informasi Geografis, Risiko, Jalan, Mitigasi

## Abstract

*This study aims to evaluate landslide risk on the strategic Tana Toraja-Enrekang road section at Km.242+400, which has historically experienced disruptions due to ground movement. The evaluation was conducted by integrating geotechnical slope stability analysis and Geographic Information System (GIS)-based hazard mapping. Primary data were obtained from field surveys and laboratory tests for soil parameters, while secondary data included topographic, geological, and rainfall maps. Stability analysis used the Bishop Simplified method, while hazard mapping employed the weighted overlay technique on a GIS platform. Results show the slope safety factor (SF) under saturated conditions is 1.18, indicating a critical state (SF < 1.25). The hazard map classifies the area as a High Hazard Zone. The study concludes that this road section requires immediate mitigation measures, including structural slope reinforcement and the implementation of a non-structural monitoring system to ensure traffic safety and smooth flow.*

**Keywords**— Landslide, Slope Stability, Geographic Information System, Risk, Road, Mitigation

## I. PENDAHULUAN

Ruas jalan penghubung Tana Toraja dan Enrekang merupakan akses transportasi vital di Sulawesi Selatan, dengan kontur topografi pegunungan yang rentan terhadap bencana gerakan tanah. Titik Km.242+400 telah tercatat beberapa kali mengalami pergerakan lereng, menyebabkan penutupan jalan, potensi kecelakaan, dan kerugian ekonomi [1]. Evaluasi risiko yang komprehensif diperlukan sebagai dasar perencanaan mitigasi yang efektif dan berkelanjutan.

Penelitian sebelumnya banyak fokus pada analisis stabilitas lereng secara terpisah [2] atau pemetaan kerentanan skala regional [3]. Namun, integrasi antara analisis stabilitas lereng detail dan pemetaan bahaya spasial berbasis SIG untuk kasus spesifik ruas jalan masih terbatas. Integrasi ini penting untuk memberikan gambaran yang utuh, mulai dari kinerja teknis suatu potongan lereng hingga distribusi spasial tingkat bahaya di sekitarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis tingkat stabilitas lereng di lokasi studi berdasarkan parameter geoteknik dan kondisi hidrologi;
2. Mengembangkan peta zonasi bahaya longsor di area studi;
3. Merumuskan rekomendasi mitigasi berbasis tingkat risiko yang teridentifikasi. Metode yang digunakan adalah survei lapangan, uji laboratorium, analisis stabilitas lereng numerik, dan pemodelan spasial SIG.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Mekanisme dan Faktor Pemicu Longsor

Longsor didefinisikan sebagai pergerakan massa tanah atau batuan menuruni lereng akibat terganggunanya keseimbangan gaya penahan dan gaya pendorong [4]. Mekanisme kegagalan dapat berupa jatuhnya, robohan, aliran, atau luncuran (slide), dengan tipe terakhir paling umum terjadi pada lereng tanah. Faktor pemicu utama

dapat dikategorikan menjadi faktor penyedia (pre-conditioning) dan faktor pemicu (triggering). Faktor penyedia meliputi sifat geoteknik material lereng (kohesi, sudut geser dalam), kemiringan lereng, struktur geologi, dan tata guna lahan. Sementara itu, faktor pemicu utamanya adalah peningkatan tekanan air pori akibat infiltrasi air hujan, aktivitas seismik, dan aktivitas manusia seperti pemotongan kaki lereng untuk pembangunan jalan [5]. Peningkatan tekanan air pori mengurangi tegangan efektif dan kuat geser tanah, yang secara signifikan menurunkan faktor keamanan lereng. Penelitian [6] menunjukkan bahwa penurunan faktor keamanan pada kondisi jenuh dapat mencapai 30-50% dibanding kondisi alami pada tanah lempung lanauan.

### B. Analisis Stabilitas Lereng dalam Perencanaan Jalan

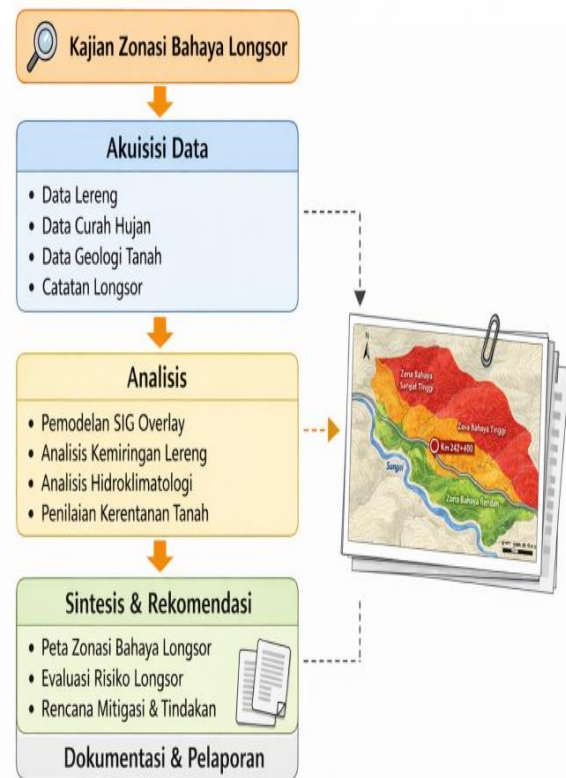
Dalam konteks rekayasa jalan, analisis stabilitas lereng merupakan bagian kritis dari desain dan evaluasi keselamatan infrastruktur. Metode analisis dapat berupa metode kesetimbangan batas (Limit Equilibrium Method - LEM) seperti Bishop Simplified, Janbu, atau Morgenstern-Price, dan metode numerik lanjutan seperti Finite Element Method (FEM). LEM, khususnya Bishop Simplified, masih menjadi pilihan utama dalam praktik karena kesederhanaan, keandalan, dan penerimaannya yang luas dalam standar teknis [1]. Standar perencanaan di Indonesia, seperti yang mengacu pada SNI dan pedoman dari Kementerian PUPR, umumnya mensyaratkan Faktor Keamanan minimum 1.25 untuk kondisi stabil jangka panjang pada lereng jalan [1]. Analisis sensitivitas terhadap variasi parameter tanah dan kondisi hidrologi menjadi keharusan untuk menangani ketidakpastian input data.

### C. Pemetaan Bahaya Longsor Berbasis SIG

Sistem Informasi Geografis (SIG) telah menjadi alat yang sangat powerful untuk pemetaan bahaya longsor skala regional hingga lokal. Pendekatan yang umum digunakan adalah metode indeks atau weighted overlay, di mana berbagai peta tema faktor pemicu (seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan) diberi bobot dan skor berdasarkan pengaruhnya terhadap kejadian longsor [7]. Teknik Analytical Hierarchy Process (AHP) sering digunakan untuk menentukan bobot faktor secara lebih objektif berdasarkan penilaian ahli [8]. Keunggulan utama SIG adalah kemampuannya dalam mengintegrasikan, mengelola, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial yang beragam, sehingga menghasilkan peta zonasi bahaya yang informatif untuk mendukung pengambilan keputusan tata ruang dan prioritas mitigasi [9]. Penelitian ini telah berhasil menerapkan pendekatan ini di wilayah dengan karakteristik topografi serupa di Indonesia.

## III. METODE PENELITIAN

Studi ini mengikuti metodologi terpadu adapun Tahapan dimulai dari akuisisi data, analisis, hingga sintesis rekomendasi.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

### A. Lokasi Studi dan Karakteristik Umum

Lokasi penelitian terletak pada ruas jalan provinsi yang menghubungkan Kabupaten Tana Toraja dan Kabupaten Enrekang, tepatnya di titik kilometer 242+400. Berdasarkan peta geologi regional, daerah ini termasuk dalam Formasi Batu Pasir Toraja yang tersusun atas batupasir, napal, dan lempung yang telah mengalami pelapukan intensif [1]. Topografi daerah bergelombang hingga berbukit dengan ketinggian bervariasi antara 800-1200 mdpl. Curah hujan tahunan rata-rata berdasarkan data BMKG Stasiun Rantepao selama 10 tahun (2013-2022) adalah 3.450 mm, dengan puncak musim hujan terjadi pada bulan Desember-Januari. Sejarah kejadian longsor di titik ini tercatat pada tahun 2018 dan 2021, yang menyebabkan penutupan jalan selama 2-4 hari pada masing-masing kejadian [1].

### B. Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan data primer dan sekunder.

- 1) Data Primer: Diperoleh melalui survei lapangan. Aktivitas meliputi:
  - a) Pemetaan Geologi Teknik dan Geometri Lereng: Dilakukan pengamatan kondisi lapangan, pengukuran arah dan kemiringan bidang perlapisan (jika ada), serta pengukuran geometri lereng (tinggi,

kemiringan, panjang) menggunakan Total Station.

- b) Pengambilan Sampel Tanah: Sampel tanah tidak terganggu (undisturbed) diambil menggunakan tube sampler dari dua titik bor tangan pada kedalaman 1.5 m dan 3.0 m di bagian tengah lereng. Sampel tanah terganggu (disturbed) juga diambil untuk analisis indeks properties.
- 2) Data Sekunder: Meliputi:
- a) Peta Topografi RBI skala 1:25.000 dari BIG (Badan Informasi Geospasial).
  - b) Peta Geologi Lembar Makale skala 1:100.000 dari Pusat Survei Geologi.
  - c) Data Curah Hujan Harian 10 tahun (2015-2025) dari BMKG Stasiun Rantepao.
  - d) Peta Jenis Tanah skala 1:50.000 dari Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
  - e) Peta Penggunaan Lahan tahun 2025 dari citra satelit Sentinel-2.
  - f) Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) ruas jalan dari Dinas Perhubungan Provinsi Sulawesi Selatan.

C. Analisis Laboratorium dan Parameter Geoteknik  
Sampel tanah diuji di Laboratorium meliputi:

- 1) Uji Sifat Indeks: Kadar air, berat jenis, batas Atterberg (batas cair, batas plastis, indeks plastisitas), dan analisis saringan/ hidrometer untuk distribusi ukuran butir.
- 2) Uji Kuat Geser: Uji geser langsung (Direct Shear Test) terkonsolidasi-drainase (CD) pada tiga tingkat tegangan normal (50, 100, 150 kPa) untuk mendapatkan parameter kuat geser, yaitu kohesi ( $c'$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi'$ ).
- 3) Uji Berat Volume: Untuk menentukan berat volume basah dan kering tanah.

Hasil uji dianalisis untuk mendapatkan parameter masukan (input) rata-rata yang representatif bagi analisis stabilitas lereng. Variabilitas parameter juga dicatat untuk analisis sensitivitas.

D. Analisis Stabilitas Lereng

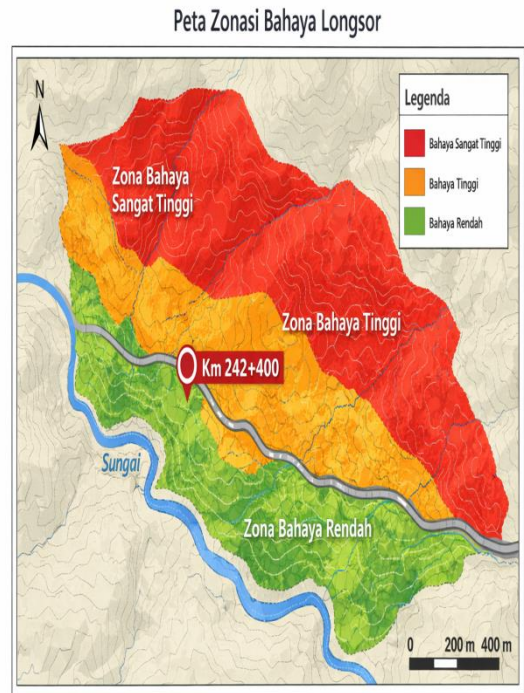
Sampel tanah diuji di laboratorium untuk mendapatkan parameter kuat geser, yaitu kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) melalui uji geser langsung, serta berat volume ( $\gamma$ ) dan kadar air. Analisis stabilitas dilakukan secara dua dimensi pada potongan kritis menggunakan perangkat lunak berbasis metode Limit Equilibrium (LEM), yaitu Slope/W. Analisis dilakukan untuk dua kondisi:

1. Kondisi alami (natural).
2. Kondisi jenuh (saturated) untuk mensimulasikan keadaan terburuk saat hujan berkepanjangan.

Kriteria stabilitas mengacu pada standar yang umum digunakan, di mana lereng dinyatakan stabil jika Faktor Keamanan (FK)  $\geq 1.25$ , kritis jika  $1.00 \leq FK < 1.25$ , dan tidak stabil jika  $FK < 1.00$ .

E. Pemetaan Bahaya Longsor Berbasis SIG

Pemetaan bahaya dilakukan dengan metode pembobotan. Faktor yang digunakan dan bobotnya (dalam kurung) ditentukan melalui Analytical Hierarchy Process (AHP): kemiringan lereng (0.35), jenis tanah (0.25), curah hujan (0.20), penggunaan lahan (0.15), dan jarak dari jalan (0.05). Tiap faktor diklasifikasikan dan diberi skor (1-5). Hasil overlay menghasilkan peta bahaya dengan empat kelas: Rendah, Sedang, Tinggi, dan Sangat Tinggi [5].



Gambar 2. Peta Zonasi Bahaya Longsor

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Tanah dan Stabilitas Lereng

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa material penyusun lereng diklasifikasikan sebagai CH-MH (Lempung Lanauan dengan Plastisitas Tinggi hingga Lanau) berdasarkan sistem USCS. Sifat indeks dan kuat geser dirangkum pada Tabel III. Nilai kohesi ( $c'$ ) yang relatif rendah ( $12.5 \text{ kN/m}^2$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi'$ ) yang sedang ( $18.2^\circ$ ) merupakan karakteristik tanah lempung lanauan yang telah mengalami pelapukan. Nilai indeks plastisitas (IP) sebesar 28% mengindikasikan tanah bersifat plastis dan sensitif terhadap perubahan kadar air. Perubahan kadar air yang signifikan selama musim hujan dapat menyebabkan penurunan kekuatan secara drastis. Parameter utama dirangkum pada Tabel I.

Tabel 1. Parameter Tanah dari Uji Laboratorium

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Kadar air alami (w)	24,5	%
2	Berat jenis (Gs)	2,68	-
3	Batas cair (LL)	52	%

4	Batas plastis (PL)	24	%
5	Index plastisitas (IP)	28	%
6	Kohesi (c)	12,5	kN/m <sup>2</sup>
7	Sudut geser dalam ( $\phi$ )	18,2	°
8	Berat Volume ( $\gamma$ )	17,8	kN/m <sup>3</sup>
9	Berat volume kering ( $\gamma_d$ )	14,3	kN/m <sup>3</sup>

Sumber: Hasil Analisis Data

Analisis numerik menghasilkan FK = 1.52 (kondisi alami) dan FK = 1.18 (kondisi jenuh). Penurunan FK sebesar 22.4% ini secara jelas menunjukkan pengaruh dominan tekanan air pori. Nilai FK jenuh 1.18 (<1.25) mengindikasikan lereng dalam kondisi “KRITIS” dan berpotensi longsor saat hujan berkepanjangan.

### B. Hasil Pemetaan Bahaya Longsor Berbasis SIG

Peta Zonasi Bahaya Longsor akhir yang dihasilkan dari proses weighted overlay disajikan pada Gambar 3. Area studi (ditandai dengan simbol bintang) secara jelas termasuk dalam zona BAHAYA TINGGI (warna oranye). Distribusi spasial zona bahaya menunjukkan pola yang kuat mengikuti topografi. Zona BAHAYA SANGAT TINGGI (merah) menempati punggung dan lereng-lereng terjal di bagian hulu (>35°). Zona BAHAYA TINGGI mendominasi tubuh lereng di sekitar ruas jalan, termasuk titik Km.242+400. Zona SEDANG (kuning) dan RENDAH (hijau) umumnya berada di daerah kaki lereng yang landai dan daerah aliran sungai di lembah.



Gambar 3. Peta Zonasi Bahaya Longsor akhir yang dihasilkan dari proses weighted overlay

Kontribusi setiap faktor terhadap nilai indeks bahaya di lokasi titik studi dianalisis lebih lanjut. Hasil dekomposisi menunjukkan bahwa Kemiringan Lereng (skor=5, bobot=0.35) dan Jenis Tanah (skor=4, bobot=0.25) memberikan kontribusi terbesar (>70%) terhadap klasifikasi bahaya tinggi di lokasi tersebut. Hal ini selaras dengan hasil analisis stabilitas yang menunjukkan lereng curam dengan material tanah lunak.

### C. Evaluasi Risiko dan Rekomendasi Mitigasi

Konvergensi hasil analisis stabilitas (FK kritis) dan pemetaan SIG (Zona Bahaya Tinggi) menegaskan tingginya risiko di lokasi ini. Oleh karena itu, direkomendasikan paket mitigasi terpadu:

1. Mitigasi Struktural: Konstruksi dinding penahan tanah (tipe gravitasi) di kaki lereng dan pemasangan horizontal drain untuk menurunkan muka air tanah.
2. Mitigasi Non-Struktural: Pemasangan instrumen pemantau (crack meter, piezometer) untuk sistem peringatan dini, serta pemeliharaan rutin drainase permukaan dan sosialisasi kepada pengguna jalan.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan:

1. Karakteristik tanah di lokasi studi berupa lempung lanauan plastis (CH-MH) dengan parameter kuat geser  $c'=12.5$  kN/m<sup>2</sup> dan  $\phi'=18.2^\circ$ , yang rentan terhadap pelemahan saat jenuh air.
2. Analisis stabilitas lereng numerik menunjukkan kondisi kritis dengan Faktor Keamanan turun dari 1.52 (kondisi alami) menjadi 1.18 (kondisi jenuh). Penurunan sebesar 22.4% ini mengonfirmasi dominannya pengaruh tekanan air pori sebagai pemicu potensial longsor.
3. Pemetaan bahaya berbasis SIG berhasil mengidentifikasi area di sekitar Km.242+400 sebagai Zona Bahaya Tinggi. Faktor kemiringan lereng yang curam (>25°) dan jenis tanah rentan memberikan kontribusi terbesar terhadap tingkat bahaya ini.
4. Integrasi kedua metode memberikan evaluasi risiko yang lebih komprehensif dan terpercaya, menunjukkan bahwa ruas jalan ini memiliki tingkat risiko tinggi akibat kombinasi bahaya tinggi dan kerentanan tinggi sebagai infrastruktur vital.
5. Rekomendasi mitigasi prioritas mencakup paket terpadu: (a) penguatan struktural melalui drainase bawah permukaan dan dinding penahan, dan (b) penguatan non-struktural melalui sistem pemantauan EWS dan manajemen pemeliharaan rutin.

## REFERENSI

- [1] S. Musdalifah, A. M. A. Sadiq, and B. Umar, "Evaluasi Stabilitas Lereng pada Area Longsor di Ruas Jalan Tator-Enrekang Km. 242+ 400," *J. Bangunan Konstr.*, vol. 3, no. 2, pp. 187–193, 2025.
- [2] M. Rahmi, A. S. Aminudin Syah, and N. H. Nandi Haerudin, "Integrasi Geomorfologi Dan Geologi Teknik Untuk Penataan Wilayah Rawan Longsor Kota Bandar Lampung," *Lap. Akhir Penelit.*
- [3] M. A. F. Rachman, "Pemetaan Kerawanan Tanah Longsor Desa Sanglepongan Kecamatan Curio Kabupaten Enrekang Dengan

Metode Weighted Overlay= Landslide Susceptibility Mapping using the Weighted Overlay Method in Sanglepongan Village, Curio District, Enrekang Regency.” Universitas Hasanuddin, 2024.

- [4] J. M. Duncan, S. G. Wright, and T. L. Brandon, *Soil strength and slope stability*. John Wiley & Sons, 2014.
- [5] D. J. Varnes, “Slope movement types and processes,” *Spec. Rep.*, vol. 176, no. 11, p. e33, 1978.
- [6] M. Anggraini, V. T. Haris, and A. Saleh, “Kuat geser tanah timbunan akibat perubahan kadar air,” *SAINSTEK*, vol. 11, no. 2, pp. 128–134, 2023.
- [7] O. Hungr, S. Leroueil, and L. Picarelli, “The Varnes classification of landslide types, an update,” *Landslides*, vol. 11, no. 2, pp. 167–194, 2014.
- [8] B. L. Golden, E. A. Wasil, and P. T. Harker, “The analytic hierarchy process,” *Appl. Stud. Berlin, Heidelb.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–273, 1989.
- [9] A. Carrara, M. Cardinali, R. Detti, F. Guzzetti, V. Pasqui, and P. Reichenbach, “GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard,” *Earth Surf. Process. landforms*, vol. 16, no. 5, pp. 427–445, 1991.