

Analisis Potensi Longsor Berdasarkan Karakteristik Geologi, Geometri Lereng, dan Nilai Faktor Keamanan (FoS) di Kecamatan Kokalukuna, Kota Baubau

Sri Indriati-1^{a*}, Erfin Elly-2^b, Ratih C F Ratumanan-3^c, Nasya Syahnur Pattimura-4^d,
Rimawanto Gultom-5^e

^{a,b,c,d}Prodi Teknik Geologi, Universitas Pattimura,

^eProdi Teknik Geofisika, Universitas Pattimura,

*Email : sri.indriati@lecturer.unpatti.ac.id , erfin.elly@lecturer.unpatti.ac.id,
ratih.ratumanan@lecture.unpatti.ac.id, nasya.pattimura@lecturer.unpatti.ac.id,
rimawanto.gultom@lecturer.unpatti.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi longsor pada daerah penelitian di Kecamatan Kokalukuna, Kota Baubau, berdasarkan karakteristik geologi, geometri lereng, serta nilai Faktor Keamanan (FoS). Metode yang digunakan meliputi pengamatan lapangan, analisis petrografi batuan, pengukuran geometri lereng, uji mekanika tanah, serta pemodelan kestabilan lereng menggunakan GeoStudio dan interpretasi data geolistrik *Res2Dinv*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lereng memiliki tinggi 12,2 m, sudut 40°, dan panjang 19 m, dengan kondisi material berupa tanah lepas dan lapisan lempung pasiran pada kedalaman 6-9 m yang berpotensi sebagai bidang gelincir. Nilai sudut geser dalam tanah sebesar 24° mengindikasikan tingkat kepadatan yang rendah. Hasil simulasi menunjukkan nilai FoS sebesar 0,959 (<1), yang berarti lereng dalam kondisi tidak stabil dan rentan longsor. Tipe longsor yang teridentifikasi adalah longsor rotasi dengan bidang gelincir berbentuk cekung. Faktor penyebab utama longsor meliputi kondisi geologi berupa Formasi Wapulaka yang didominasi lempung, kemiringan lereng yang curam, peningkatan kadar air akibat curah hujan, serta aktivitas manusia seperti pembangunan jalan. Upaya mitigasi yang direkomendasikan meliputi mitigasi struktural dan nonstruktural, seperti pembangunan infrastruktur penahan lereng, penyusunan peta rawan bencana, serta peningkatan kesadaran masyarakat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengelolaan dan pengurangan risiko bencana longsor di wilayah penelitian.

Kata Kunci: *Faktor Keamanan, Geometri Lereng, Geostudio, Longsor, Resistivitas*

1. Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan tingkat kerawanan bencana yang tinggi sehingga sering disebut sebagai *supermarket bencana*. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh letak geografis dan geologis Indonesia. Secara geografis, Indonesia berada diantara dua samudra dan dua benua yang menyebabkan wilayahnya

memiliki iklim tropis dengan dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Selain itu, secara geologis Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Asia, Lempeng Australia, dan Lempeng Pasifik. Interaksi antar lempeng tersebut menyebabkan Indonesia rentan terhadap berbagai bencana alam seperti gempa

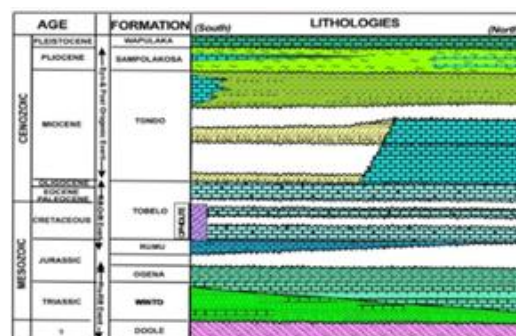
bumi, tsunami, letusan gunung api, banjir, dan tanah longsor [1]. Kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai wilayah yang memiliki tingkat risiko bencana tinggi dan memerlukan upaya mitigasi yang berkelanjutan.

Tingginya tingkat kerawanan bencana di Indonesia tercermin dari meningkatnya jumlah kejadian bencana dalam beberapa tahun terakhir. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2015 terjadi sebanyak 1694 kejadian bencana, meningkat menjadi 2306 kejadian pada tahun 2016, kemudian sebanyak 2862 kejadian pada tahun 2017, dan 2572 kejadian pada tahun 2018 [2]. Peningkatan jumlah kejadian tersebut menunjukkan bahwa ancaman bencana di Indonesia terus mengalami peningkatan sehingga diperlukan pengkajian risiko bencana secara lebih komprehensif, khususnya pada wilayah yang memiliki kerentanan geologi tinggi.

Salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi bencana geologi adalah Kota Baubau, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kota Baubau terletak di Pulau Buton dan memiliki posisi strategis sebagai jalur perdagangan yang menghubungkan kawasan Indonesia bagian timur dan barat. Secara geografis, Kota Baubau memiliki luas wilayah sekitar 295,07 km² dengan kondisi morfologi yang bervariasi, mulai dari dataran rendah, perbukitan, hingga wilayah pesisir [3]. Variasi kondisi topografi tersebut menyebabkan beberapa wilayah di Kota Baubau memiliki tingkat kerentanan terhadap gerakan tanah dan longsor.

Kerentanan tersebut dipengaruhi oleh kondisi geologi regional Pulau Buton yang cukup kompleks. Davidson (1991) mengelompokkan stratigrafi Pulau Buton ke dalam empat kejadian tektonostratigrafi, yaitu sedimentasi *pre-rift* yang terdiri atas Formasi Doole, Formasi Winto, dan Formasi Ogena; sedimentasi *rift-drift* yang terdiri atas Formasi Rumu dan Formasi Tobelo; sedimentasi *syn* dan *post orogenic* yang terdiri atas Formasi Tondo dan Formasi

Sampolakosa; serta sedimentasi deformasi muda berupa Formasi Wapulaka [4]. Kompleksitas stratigrafi tersebut berpengaruh terhadap karakteristik batuan penyusun wilayah Pulau Buton dan tingkat kestabilan lereng di daerah penelitian.



Gambar 1. Kolom Stratigrafi Regional Pulau Buton (Davidson, 1991)

Gambar 1 menunjukkan kolom stratigrafi regional Pulau Buton yang menggambarkan urutan formasi batuan berdasarkan umur dan proses pembentukannya. Lokasi penelitian berada pada Formasi Wapulaka (Qpw) yang tersusun oleh batugamping terumbu, batugamping pasir, napal, serta endapan aluvium. Formasi ini terbentuk pada lingkungan laguna hingga litoral pada kala Plistosen dan berkembang menjadi bentang alam karst yang dicirikan oleh banyaknya rekahan akibat proses tektonik dan pelapukan [4]. Kondisi tersebut menyebabkan batuan menjadi relatif mudah mengalami longsor, terutama pada daerah dengan lereng terjal dan intensitas curah hujan tinggi.

Potensi terjadinya longsor di Kota Baubau tergolong cukup tinggi. Sekitar 38,89% wilayah Kota Baubau memiliki potensi longsor kategori rendah yang tersebar di Kecamatan Betoambari, Murhum, Wolio, Kokalukuna, Sorawolio, Bungi, Lea-Lea, dan Batupoaro. Selain itu, terdapat wilayah dengan kategori potensi longsor sedang seluas 60,94 ha atau sekitar 0,21% dari total luas wilayah Kota Baubau yang tersebar di Kecamatan Betoambari, Kokalukuna, dan Lea-Lea. Potensi longsor tersebut dapat meningkat apabila terjadi perubahan penggunaan lahan,

penggundulan lereng, peningkatan pembangunan infrastruktur, curah hujan tinggi, serta pengaruh struktur geologi seperti sesar, patahan, dan gawir [5]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa wilayah Kota Baubau memiliki kerentanan terhadap bencana geologi, khususnya tanah longsor.

Bencana merupakan suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa yang dapat mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat sehingga menimbulkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, serta dampak psikologis. Tanah longsor termasuk salah satu bencana geologi yang dipengaruhi oleh faktor alam maupun aktivitas manusia dalam pengelolaan lahan [6]. Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007, bencana merupakan peristiwa yang disebabkan oleh faktor alam, non alam, maupun manusia yang mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, dan kerugian harta benda [7]. Salah satu bentuk bencana alam yang sering terjadi di Indonesia adalah tanah longsor.

Tanah longsor merupakan pergerakan massa tanah, batuan, maupun material penyusun lereng dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah akibat terganggunya kestabilan lereng [8]. Tingginya potensi longsor di Indonesia dipengaruhi oleh kondisi tektonik yang membentuk morfologi terjal, keberadaan batuan yang mudah mengalami pelapukan, serta iklim tropis basah dengan intensitas curah hujan yang tinggi [8]. Selain itu, kondisi topografi Indonesia yang didominasi oleh wilayah pegunungan juga menjadi salah satu faktor utama penyebab tingginya kejadian longsor [9]. Daerah dengan kondisi tanah labil dan lereng terjal akan semakin rentan mengalami longsor ketika terjadi peningkatan curah hujan [10]. Pengetahuan mengenai bencana tanah longsor menjadi penting sebagai dasar dalam memahami kondisi wilayah yang memiliki potensi longsor [11]. Bencana ini umumnya terjadi pada wilayah pegunungan dan perbukitan

dengan kemiringan lereng yang curam hingga sangat curam [12].

Tanah longsor dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, baik secara fisik maupun sosial. Bencana ini dapat menyebabkan kerusakan lahan pertanian, pemukiman, saluran irigasi, jaringan transportasi, serta sarana dan prasarana lainnya [13]. Selain itu, meningkatnya kejadian erosi, sedimentasi, banjir, dan longsor juga menjadi indikator menurunnya daya dukung daerah aliran sungai (DAS). Tingginya dampak yang ditimbulkan oleh tanah longsor menyebabkan perlunya pemahaman terhadap faktor-faktor penyebab terjadinya longsor sebagai dasar dalam upaya mitigasi bencana.

Secara umum, tanah longsor terjadi akibat terganggunya keseimbangan lereng sehingga gaya pendorong lebih besar dibandingkan gaya penahannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor antara lain curah hujan, kemiringan lereng, jenis batuan, kepadatan tanah, penggunaan lahan, dan adanya getaran [14]. Oleh karena itu, identifikasi karakteristik geologi dan kondisi lereng menjadi sangat penting dalam menentukan tingkat kerawanan longsor suatu wilayah.

Pemahaman terhadap faktor penyebab longsor menjadi dasar dalam pelaksanaan mitigasi bencana. Mitigasi bencana merupakan bagian penting dalam manajemen bencana, khususnya pada tahap pra-bencana yang bertujuan untuk mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan [15]. Paradigma penanggulangan bencana saat ini tidak hanya berfokus pada penanganan saat bencana terjadi, tetapi juga pada upaya pengurangan risiko melalui peningkatan kapasitas masyarakat dan pengkajian kondisi wilayah rawan bencana.

Upaya mitigasi tersebut perlu dilakukan terutama pada wilayah yang memiliki tingkat kerentanan longsor tinggi, salah satunya Kecamatan Kokalukuna, Kota Baubau. Kecamatan Kokalukuna didominasi oleh bentang alam

perbukitan dengan kemiringan lereng yang cukup curam dan tersusun oleh batuan karbonat Formasi Wapulaka berupa batu gamping terumbu, batu gamping pasir, napal, serta material endapan lainnya [15]. Batuan karbonat tersebut banyak mengalami rekahan akibat pengaruh tektonik dan proses pelapukan sehingga menyebabkan kestabilan lereng menjadi rendah. Selain itu, perkembangan bentang alam karst di wilayah ini menunjukkan tingkat pelarutan dan rekahan yang tinggi sehingga memperbesar potensi terjadinya longsor.

Kerentanan longsor di Kecamatan Kokalukuna juga dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan. Perubahan tutupan lahan di Kota Baubau pada tahun 2015, 2019, dan 2023 menunjukkan adanya peningkatan kawasan permukiman serta berkurangnya area vegetasi dan ruang terbuka hijau. Kondisi tersebut menunjukkan adanya tekanan pembangunan terhadap lingkungan yang berpotensi meningkatkan risiko longsor apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan tata ruang yang berkelanjutan.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut di Kecamatan Kokalukuna untuk menganalisis karakteristik geologi, geometri lereng, serta nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) guna mengetahui tingkat kestabilan lereng dan potensi longsor di daerah penelitian. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam upaya mitigasi bencana longsor serta mendukung perencanaan tata ruang wilayah yang lebih aman dan berkelanjutan di Kecamatan Kokalukuna, Kota Baubau.

2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, pengambilan data lapangan, analisis laboratorium, serta analisis kestabilan lereng. Pengambilan data lapangan dilakukan secara langsung di Kecamatan Kokalukuna, Kota Baubau,

untuk memperoleh data geologi dan geometri lereng yang berkaitan dengan potensi longsor.

Prosedur pengambilan data lapangan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

Tahap Persiapan

Tahap ini meliputi pengumpulan data sekunder berupa peta geologi regional, peta topografi, data curah hujan, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan potensi longsor di Kecamatan Kokalukuna. Selain itu dilakukan penentuan titik pengamatan lapangan berdasarkan kondisi morfologi dan keterdapatan lereng yang berpotensi longsor.

Observasi lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi geomorfologi, litologi, struktur geologi, tata guna lahan, dan kondisi lereng di daerah penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengamatan visual terhadap tingkat pelapukan batuan, keberadaan rekahan, sesar, serta indikasi gerakan tanah seperti retakan lereng dan longSORan lama.

Pengukuran Geometri Lereng

Pengukuran geometri lereng dilakukan pada beberapa titik pengamatan menggunakan kompas geologi, meteran, dan aplikasi pendukung berbasis GPS. Parameter yang diukur meliputi tinggi lereng, panjang lereng, sudut kemiringan lereng, arah lereng, dan kondisi material penyusun lereng. Data tersebut digunakan untuk di plot menggunakan software Autocad untuk melihat bentuk lereng pada daerah penelitian.

Pengambilan Sampel Batuan dan Tanah

Sampel batuan dan tanah diambil pada lokasi yang mewakili kondisi lereng penelitian. Pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling berdasarkan variasi litologi, tingkat pelapukan, dan kondisi lereng. Sampel tersebut digunakan untuk analisis sifat fisik dan mekanik material di laboratorium. Selain itu,

dilakukan juga analisis petrografi terhadap sampel batuan segar yang diambil dari lokasi penelitian. Analisis petrografi dilakukan dengan menggunakan sayatan tipis batuan (*thin section*) untuk mengidentifikasi komposisi mineral, tekstur, struktur batuan, tingkat pelapukan, serta hubungan antar mineral penyusun batuan di bawah mikroskop polarisasi. Hasil analisis ini digunakan untuk mengetahui karakteristik batuan penyusun lereng yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng dan potensi longsor.

Pengolahan Data Geolistrik dengan Menggunakan Res2Dinv

Data diolah dengan perangkat lunak Res2DinV dan Progress untuk menganalisis potensi longsor meliputi kedalaman bidang gelincir, ketebalan lapisan lapuk, tipe longsor, serta panjang, kecepatan larian, dan volume tanah ter longsor [16].

Untuk pengolahan Res2Dinv diperlukan tahapan pengolahan data pertama kali dengan menghitung nilai apparent resistivity (ρ_a) dengan memasukkan nilai ΔV , I , a dan K ke dalam program Microsoft Excel. Selanjutnya interpretasi dan pemodelan perlapisan batuan menggunakan software Progress v.3,0 dan Res2Dinv [17].

Tahap Analisis dengan Menggunakan Geostudio

Dilakukan menggunakan perangkat lunak GeoStudio melalui metode kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Method/LEM*) untuk memperoleh nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*). Pemodelan dilakukan dengan menginput parameter geometri lereng hasil pengukuran lapangan serta parameter sifat fisik dan mekanik material yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium dan data pendukung lainnya. Hasil simulasi pada GeoStudio digunakan untuk menggambarkan kondisi kestabilan lereng serta menentukan tingkat kerentanan longsor pada lokasi penelitian. Parameter

sifat fisik dan mekanik material yang digunakan dalam proses simulasi meliputi berat isi tanah atau batuan (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Berat isi tanah/batuan (γ) digunakan untuk mengetahui besarnya beban material penyusun lereng yang bekerja akibat gaya gravitasi. Kohesi (c) menunjukkan kemampuan material dalam mempertahankan ikatan antar partikel sehingga mempengaruhi kekuatan lereng terhadap gaya geser. Sementara itu, sudut geser dalam (ϕ) digunakan untuk mengetahui besarnya tahanan geser material terhadap potensi pergerakan tanah atau longsor. Selain parameter tersebut, analisis juga mempertimbangkan kondisi litologi, tingkat pelapukan batuan, serta keberadaan rekahan atau bidang lemah pada lereng yang dapat mempengaruhi nilai kestabilan. Seluruh parameter tersebut kemudian dimasukkan ke dalam model GeoStudio untuk menghasilkan simulasi kondisi lereng dan nilai Faktor Keamanan (FoS). Nilai FoS yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat kestabilan lereng, dimana semakin kecil nilai FoS maka lereng semakin tidak stabil dan memiliki potensi longsor yang lebih tinggi. Dengan demikian, hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Kokalukuna serta menjadi dasar dalam upaya mitigasi bencana dan perencanaan wilayah yang lebih aman.

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi, tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Nilai kohesi (c) diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (*direct shear strength test*) dan pengujian triaxial (*triaxial test*). Salah satu aspek yang mempengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda. Kohesi berbanding lurus dengan kerapatan suatu benda, sehingga bila kerapatan semakin besar maka kohesi

yg akan didapatkan semakin besar. Dalam hal ini, benda berbentuk padat memiliki kohesi yang paling besar dan sebaliknya pada cairan [18].

Berat isi adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume butir tanah. Nilai berat isi sangat terpengaruh dari pengolahan tanah [19]. Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya [18].

Besaran nilai sudut geser dalam (\emptyset) berkaitan erat dengan tingkat kepadatan tanah. Semakin padat suatu material tanah, maka semakin besar nilai sudut geser dalamnya. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya gaya gesek antar butiran tanah sehingga tanah menjadi lebih stabil dan lebih mampu menahan gaya geser [18].

Tabel 1. Hubungan Tingkat Kepadatan dan Sudut Geser (Bowles, 1989)

Tingkat Kepadatan	Sudut Geser Dalam (\emptyset)
Sangat lepas	<30
Lepas	30-35
Agak Padat	35-40
Padat	40-45
Sangat Padat	>45

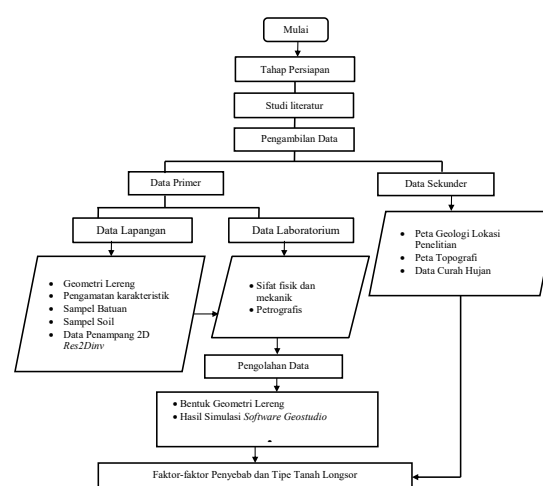
Berdasarkan Tabel 1, tanah dengan kondisi sangat lepas memiliki nilai sudut geser dalam kurang dari 30° , yang menunjukkan rendahnya tahanan geser dan kestabilan lereng. Sebaliknya, tanah dengan kondisi sangat padat memiliki nilai sudut geser dalam lebih dari 45° , sehingga memiliki daya tahan geser yang lebih tinggi dan relatif lebih stabil terhadap potensi longsor. Oleh karena itu, parameter sudut geser dalam menjadi salah satu faktor penting dalam analisis kestabilan

lereng karena dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam menahan gaya pergerakan massa tanah.

Analisis Data

Data hasil pengamatan lapangan, analisis laboratorium, serta interpretasi kondisi bawah permukaan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui hubungan antara kondisi geologi, geometri lereng, dan potensi longsor di Kecamatan Kokalukuna. Analisis ini dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng, seperti kemiringan lereng, jenis litologi, tingkat pelapukan batuan, kondisi struktur geologi, serta pengaruh air terhadap material penyusun lereng.

Diagram Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

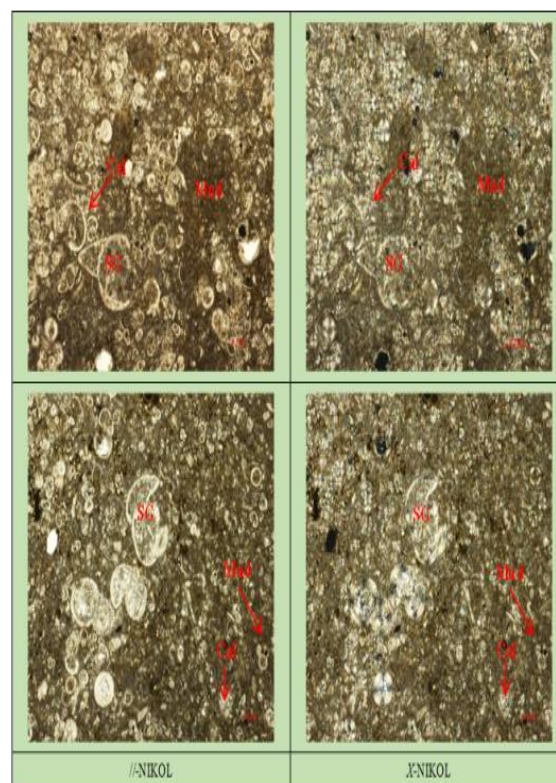
Gambar 2 merupakan diagram alir penelitian. Tahapan penelitian dimulai dari tahap persiapan, studi literatur, hingga pengambilan data. Pengumpulan data dilakukan melalui dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data lapangan dan data laboratorium. Data lapangan diperoleh melalui kegiatan *geomatik mapping*, pengamatan kondisi litologi, pengukuran sifat massa batuan (*Rock Mass Rating/RMR*), pengambilan sampel tanah, serta pemetaan menggunakan *drone* untuk

menghasilkan data *point cloud* tiga dimensi (*3D Point Cloud*). Sementara itu, data laboratorium digunakan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan maupun tanah melalui pengujian laboratorium. Adapun data sekunder terdiri atas peta geologi lokasi penelitian, peta topografi, dan data curah hujan. Seluruh data yang diperoleh kemudian diolah untuk menghasilkan interpretasi geomatika lereng dan analisis menggunakan perangkat lunak GeoStudio. Tahap akhir penelitian berupa identifikasi faktor penyebab dan penentuan tipe tanah longsor pada daerah penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan analisis mikroskopis melalui pengujian petrografi terhadap sampel batuan yang diambil dari lokasi penelitian dalam kondisi segar untuk mengetahui karakteristik mineralogi, tekstur, struktur, serta tingkat pelapukan batuan penyusun lereng. Selain itu, penelitian ini juga didukung oleh hasil interpretasi penampang bawah permukaan menggunakan data geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger yang diolah dengan perangkat lunak Res2Dinv, sehingga dapat menggambarkan kondisi litologi dan zona lemah bawah permukaan. Analisis kestabilan lereng selanjutnya dimodelkan menggunakan perangkat lunak GeoStudio berdasarkan geometri lereng hasil pengolahan *AutoCAD*, parameter geoteknik material, serta data bawah permukaan untuk memperoleh simulasi kondisi lereng dan nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*). Penggunaan kombinasi beberapa metode tersebut bertujuan agar hasil analisis yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi geologi dan geoteknik di lapangan. Integrasi data petrografi, geolistrik, dan analisis kestabilan lereng juga memungkinkan identifikasi faktor-faktor pengontrol longsor secara lebih detail, baik dari kondisi batuan penyusun, karakteristik bawah permukaan, maupun pengaruh geometri lereng. Dengan demikian, hasil

penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai tingkat kerawanan longsor pada daerah penelitian.

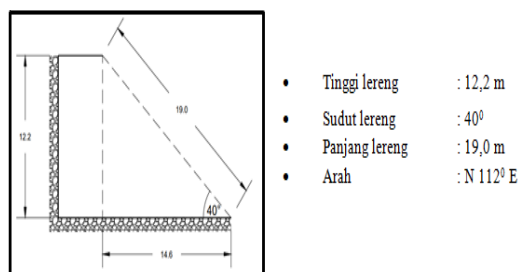


Gambar 3. Hasil Petrografis Batuan

Gambar 3 menunjukkan hasil analisis petrografi terhadap sampel batuan dari lokasi penelitian. Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis, batuan penyusun lereng didominasi oleh material karbonat dengan tingkat pelapukan tertentu yang ditandai oleh perubahan tekstur dan keberadaan rekahan mikro pada mineral penyusunnya. Struktur batuan yang telah mengalami pelapukan menyebabkan ikatan antar mineral menjadi lebih lemah sehingga berpengaruh terhadap menurunnya kestabilan lereng. Selain itu, keberadaan pori dan rekahan pada batuan memungkinkan infiltrasi air lebih mudah terjadi, yang dapat meningkatkan kejenuhan material dan memicu terjadinya longsor pada lereng penelitian.

Pada penelitian ini selain data pengamatan petrografis dilakukan juga pengukuran dengan data geometri lereng dan dilakukan pengolahan data dengan

menggunakan *Software Autocad* untuk menggambarkan bentuk lereng pada titik stasiun penelitian. Adapun bentuk data geometri lereng dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. Geometri Lereng Hasil Pengolahan *Software Autocad*

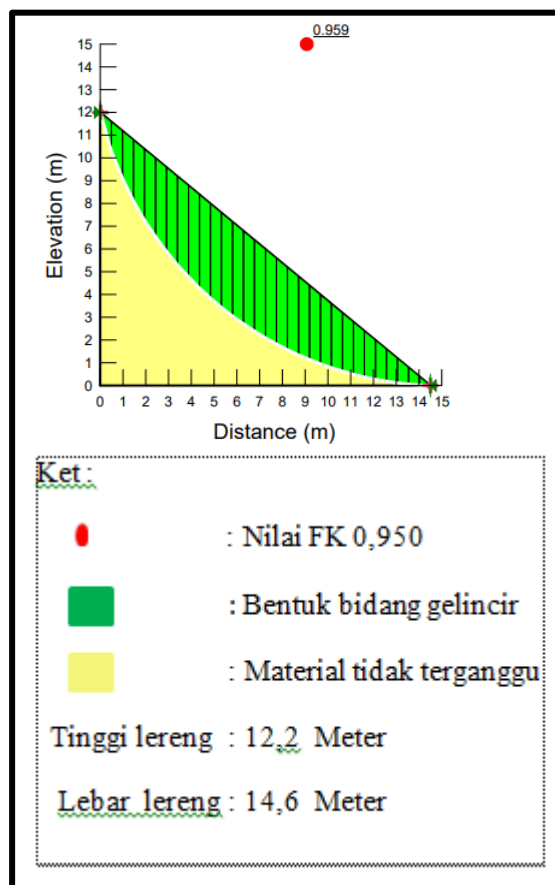
Gambar 4 menunjukkan hasil pengolahan geometri lereng menggunakan perangkat lunak AutoCAD berdasarkan data pengukuran lapangan. Model geometri lereng memperlihatkan bentuk morfologi lereng dengan sudut kemiringan yang relatif curam sehingga berpotensi mengalami ketidakstabilan. Geometri lereng menjadi salah satu parameter penting dalam analisis kestabilan lereng karena semakin besar sudut kemiringan lereng, maka gaya pendorong material akan semakin besar dibandingkan gaya penahannya. Hasil pengolahan geometri ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pemodelan kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak GeoStudio.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian sampel tanah (soil) di Laboratorium Teknik Sipil untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik material penyusun lereng yang berpengaruh terhadap tingkat kestabilan lereng. Pengujian laboratorium dilakukan terhadap sampel tanah yang diambil secara langsung dari lokasi penelitian di Kecamatan Kokalukuna. Adapun parameter yang diuji meliputi nilai kohesi (c), berat jenis atau berat isi tanah (γ), serta sudut geser dalam (ϕ). Nilai kohesi digunakan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam mempertahankan ikatan antar partikel, sedangkan berat jenis tanah digunakan untuk menentukan besarnya

beban material lereng akibat pengaruh gravitasi. Sementara itu, nilai sudut geser dalam digunakan untuk mengetahui kemampuan material tanah dalam menahan gaya geser yang dapat memicu terjadinya longsor.

Data hasil pengujian laboratorium kemudian dianalisis dan diolah menggunakan perangkat lunak GeoStudio untuk melakukan analisis kestabilan lereng dan memperoleh nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*). Dalam proses pemodelan, parameter geoteknik hasil laboratorium dikombinasikan dengan data geometri lereng, kondisi litologi, serta interpretasi bawah permukaan hasil geolistrik sehingga menghasilkan model simulasi lereng yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan.

Hasil output dari GeoStudio menggambarkan model simulasi kestabilan lereng pada setiap stasiun penelitian, termasuk bentuk bidang gelincir, distribusi kondisi lereng, serta nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) yang menunjukkan tingkat kestabilan lereng pada lokasi penelitian. Nilai FoS tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat kerawanan longsor, dimana nilai FoS yang rendah menunjukkan kondisi lereng yang tidak stabil dan memiliki potensi longsor yang tinggi. Selain itu, hasil simulasi juga memperlihatkan arah pergerakan material lereng serta zona-zona yang berpotensi mengalami kegagalan lereng. Analisis ini menjadi penting karena dapat memberikan gambaran mengenai kondisi kestabilan lereng secara kuantitatif berdasarkan parameter geoteknik dan kondisi geometri lereng di lapangan. Dengan demikian, hasil simulasi GeoStudio dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi tingkat bahaya longsor dan menentukan upaya mitigasi yang sesuai pada daerah penelitian.



Gambar 5. Hasil Simulasi Geostudio

Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak GeoStudio. Hasil simulasi memperlihatkan bidang gelincir potensial pada lereng penelitian serta distribusi kondisi kestabilan lereng berdasarkan parameter geoteknik material penyusun lereng. Nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) yang diperoleh menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi tidak stabil karena memiliki nilai FoS kurang dari 1. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa gaya pendorong lereng lebih besar dibandingkan gaya penahannya sehingga lereng berpotensi mengalami longsor. Hasil simulasi ini diperkuat oleh kondisi lapangan yang menunjukkan adanya rekahan, pelapukan material, dan kemiringan lereng yang cukup curam.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengamatan langsung di lapangan untuk memperoleh data aktual mengenai kondisi geologi, geomorfologi, dan kestabilan lereng pada daerah penelitian di

Kecamatan Kokalukuna. Pengamatan lapangan dilakukan dengan mengidentifikasi kondisi morfologi lereng, jenis material penyusun lereng, tingkat pelapukan batuan, keberadaan rekahan, serta indikasi gerakan tanah seperti retakan dan bekas longoran. Selain itu, dilakukan pengukuran geometri lereng meliputi tinggi lereng, sudut kemiringan, dan kondisi vegetasi di sekitar lokasi penelitian. Observasi lapangan ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi potensi longsor serta sebagai data pendukung dalam analisis kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak GeoStudio.



Gambar 6. Kenampakan lokasi daerah penelitian

Gambar 6 menunjukkan kenampakan lokasi penelitian pada lereng jalan di Kecamatan Kokalukuna yang mengalami longsor. Pada gambar terlihat adanya bidang longoran berupa material tanah pelapukan yang bergerak menuruni lereng sehingga menyebabkan bagian lereng terbuka dan minim vegetasi. Kondisi lereng yang curam, pelapukan batuan yang intensif, serta infiltrasi air hujan menjadi faktor utama yang memicu terjadinya longsor pada lokasi tersebut. Selain itu, aktivitas pembangunan jalan juga berpengaruh terhadap perubahan keseimbangan lereng sehingga meningkatkan potensi terjadinya gerakan tanah. Kejadian longsor pada lokasi ini berpotensi mengganggu infrastruktur jalan dan membahayakan pengguna jalan apabila terjadi longsor susulan.

Kondisi lereng yang cukup curam menjadi salah satu faktor utama penyebab

terjadinya longsor pada lokasi tersebut. Selain itu, minimnya vegetasi penahan pada bagian lereng yang longsor menyebabkan ikatan akar terhadap tanah menjadi berkurang sehingga material lereng lebih mudah mengalami pergerakan. Pelapukan material tanah dan infiltrasi air hujan juga dapat meningkatkan kejenuhan tanah, yang menyebabkan kekuatan geser tanah menurun dan memicu terjadinya longsor. Kondisi tanah yang mudah menyerap air menyebabkan beban material lereng meningkat ketika musim hujan berlangsung. Selain itu, adanya rekahan pada lereng memungkinkan air hujan lebih cepat masuk ke dalam lapisan tanah sehingga mempercepat proses pelapukan dan pelemahan lereng. Aktivitas pemotongan lereng pada area sekitar jalan juga berpotensi mengurangi kestabilan lereng karena mengubah keseimbangan alami material penyusun lereng.

Kondisi geoteknik pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa lereng berada dalam keadaan tidak stabil akibat ketidakseimbangan antara gaya penahan dan gaya pendorong lereng. Faktor-faktor

seperti kemiringan lereng yang curam, pelapukan tanah, curah hujan tinggi, kurangnya vegetasi, serta kemungkinan tidak adanya sistem drainase lereng yang baik menjadi penyebab utama terjadinya longsor pada lokasi tersebut. Selain itu, material penyusun lereng yang bersifat mudah lepas menyebabkan daya ikat antar partikel tanah menjadi rendah sehingga lereng lebih mudah mengalami pergerakan massa tanah. Infiltrasi air hujan ke dalam rekahan tanah juga dapat meningkatkan tekanan air pori yang mengakibatkan kekuatan geser tanah menurun secara signifikan. Aktivitas manusia seperti pemotongan lereng untuk pembangunan jalan turut mempengaruhi kestabilan lereng karena dapat mengubah keseimbangan alami lereng. Kondisi tersebut menyebabkan lereng menjadi lebih rentan mengalami longsor terutama pada musim penghujan dengan intensitas curah hujan tinggi. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi seperti penguatan lereng, revegetasi, serta perbaikan sistem drainase untuk mengurangi risiko longsor lanjutan.



Gambar 7. Hasil Inversi *Res2Dinv* dengan Topografi.

Gambar 7 menunjukkan hasil inversi penampang geolistrik 2D menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* yang dikorelasikan dengan kondisi topografi

daerah penelitian. Berdasarkan hasil interpretasi, terdapat lapisan dengan nilai resistivitas rendah berkisar antara 5,23 Ωm hingga 137 Ωm yang diinterpretasikan

sebagai lapisan lempung pasir pada kedalaman sekitar 6-9 meter di bawah permukaan. Lapisan tersebut diduga menjadi zona lemah atau bidang gelincir potensial karena memiliki sifat mudah jenuh air dan daya ikat material yang rendah. Kondisi ini menyebabkan lereng menjadi lebih rentan mengalami longsor, terutama pada musim hujan ketika kadar air tanah meningkat dan menurunkan kekuatan geser material penyusun lereng.

Berdasarkan uraian diatas pada stasiun penelitian memiliki lereng yang curam dengan sudut lereng 40° . Ditinjau dari pengamatan visual pada lokasi penelitian terindikasi terjadinya tanah longsor karena pada titik stasiun menunjukkan adanya tanda-tanda longsor dengan adanya kenampakan lapisan penyusun lereng yang tidak kompak dengan tanah yang mudah lepas dari hasil dari pengujian sampel soil memiliki nilai sudut geser 24° dapat dilihat pada tabel 1. Besaran sudut geser dalam tanah tingkat kepadatan sangat lepas karena memiliki nilai sudut geser dalam <30 . Ditinjau dari data hasil penampang *Res2Dinv* 2D pada lintasan ini lapisan yang diindikasikan sebagai zona longsor yaitu dengan nilai resistivitas antara $5,23 \Omega\text{m} - 137 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai lempung pasir pada kedalaman 6 meter - 9 meter di bawah permukaan yang suatu waktu dapat terjadi tanah longsor [20].

Tanah longsor terjadi ketika air yang meresap ke dalam tanah menambah bobot tanah sehingga dapat memberatkan lapisan dan dapat mengakibatkan rawan tanah longsor. Kemudian kondisi geologi pada daerah penelitian yaitu memiliki geomorfologi perbukitan, pada daerah perbukitan dapat mempengaruhi terjadinya tanah longsor, serta stratigrafi dengan Formasi Wapulaka terdiri dari batu lempung, lempung memiliki sifat batuan yang kedap air, karena lempung memiliki porositas yang tinggi dan permeabilitas yang rendah sehingga dapat menyebabkan tanah longsor karena lapisan atas mengalami pelapukan. Kemudian kondisi tanah pada penelitian ini memiliki tanah

yang mudah lepas, tanah yang mudah lepas dapat menyebabkan tanah longsor karena ketika pada musim kemarau tanah pada daerah penelitian akan retak sehingga ketika musim hujan air hujan mudah masuk dalam retakan tanah tersebut dan dapat memberatkan lapisan tersebut.

Adapun pemicu pada lintasan ini yaitu kondisi hujan ketahanan batuan akan menurun tajam pada musim penghujan dan mengakibatkan lereng yang disusunnya menjadi labil dan mudah longsor. Peningkatan air pori akibat pembasahan atau peningkatan kadar air akan meningkatkan muka air tanah serta menurunkan ketahanan batuan/tanah yang bersangkutan disepanjang bidang gelincirnya. Kemudian aktivitas manusia juga dapat memicu terjadinya tanah longsor. Faktor yang dapat menyebabkan longsor salah satunya adalah aktivitas manusia yang terkait dengan berbagai macam penggunaan lahan, seperti pembuatan jalan poros sehingga menyebabkan ketidakstabilan lereng dan mengakibatkan bahaya dalam bentuk gerakan tanah longsor, penambahan beban, dan terjadinya getaran (Septianto, 2008). Kemudian dari hasil pengolahan simulasi *Software Geostudio* dilakukan untuk memperoleh nilai *Factor Of Safety* (FoS) yaitu nilai keamanan suatu lereng. Pada (Gambar 3) merupakan bidang gelincir dari lereng daerah penelitian dengan nilai FoS sebesar 0,959. Dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa lereng daerah penelitian tidak aman karena nilai *Factor Of Safety* (FoS) kurang dari 1 berdasarkan acuan pada klasifikasi nilai faktor keamanan terhadap kestabilan lereng[20].

Berdasarkan hasil simulasi, penampang topografi 2D dan kenampakan stasiun penelitian memiliki tebal soil 6-9 meter dan sudut lereng pada stasiun 5 sebesar 40° dengan nilai FK 0,959 sehingga pada stasiun ini rentan terhadap Bergeraknya material bahan rombakan tanah atau batuan menuruni lereng atau keluar lereng.

Adapun tipe longsoran pada stasiun ini ditinjau dari hasil simulasi *Software Geostudio*, bentuk geometri lereng, kenampakan lokasi pada stasiun penelitian dan hasil inversi penampang *2D Res2Dinv*. Pada stasiun penelitian merupakan tipe longsoran Rotasi. Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Oleh karena itu, diperlukan suatu penanganan atau perencanaan dalam melakukan mitigasi bencana seperti dengan menyediakan peta kawasan rawan bencana, melakukan sosialisasi kepada masyarakat, upaya-upaya yang dapat dilakukan saat terjadi bencana, penataan kawasan rawan bencana. Beberapa hal tersebut merupakan suatu dasar dalam melakukan mitigasi tanggap darurat bencana. Selain itu, terdapat beberapa upaya yang bisa dilaksanakan untuk pencegahan terhadap bencana melalui mitigasi struktural dan nonstruktural.

Mitigasi struktural dapat berupa pembangunan infrastruktur untuk meminimalisir terjadinya gerak tanah, kemudian untuk mitigasi non struktural dapat berupa pemberian informasi. Kemudian pemerintah juga dapat membuat forum relawan untuk membantu dalam pengamanan dan pengevakuasian jika bencana longsor kembali terjadi lagi. Hal tersebut dapat dilakukan guna mengurangi dampak atau risiko yang kemungkinan dapat terjadi kepada siapapun dan kapanpun. Dengan begitu, seluruh masyarakat dihimbau untuk ikut serta dalam penyuksesan hal ini mengingat manajemen terkait bencana bersifat penting dan hal tersebut merupakan suatu upaya yang dapat dilakukan agar tidak menimbulkan korban jiwa [20].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil inversi penampang geolistrik 2D menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* yang dikorelasikan dengan kondisi topografi daerah penelitian, diketahui bahwa terdapat lapisan bawah permukaan dengan nilai

resistivitas rendah berkisar antara 5,23 Ω m hingga 137 Ω m. Lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai material lempung pasir yang berada pada kedalaman sekitar 6-9 meter di bawah permukaan tanah. Material lempung pasir memiliki sifat mudah menyerap dan menahan air sehingga menyebabkan kondisi tanah menjadi lebih jenuh pada saat curah hujan tinggi. Kondisi kejenuhan air tersebut mengakibatkan menurunnya kekuatan geser material lereng dan meningkatkan potensi terbentuknya bidang gelincir yang dapat memicu terjadinya tanah longsor. Selain itu, kondisi geomorfologi daerah penelitian yang berupa perbukitan dengan sudut lereng yang cukup curam turut mempengaruhi tingkat kerentanan longsor pada lokasi penelitian.

Hasil pengamatan lapangan juga menunjukkan bahwa material penyusun lereng memiliki tingkat kepadatan yang rendah dan mudah terlepas, sehingga lereng menjadi lebih tidak stabil. Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak *GeoStudio* diperoleh nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) sebesar 0,959 yang menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi tidak aman karena nilai *FoS* kurang dari 1. Dengan demikian, daerah penelitian memiliki tingkat kerawanan longsor yang cukup tinggi dan berpotensi mengalami pergerakan tanah, terutama pada musim hujan. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi seperti perbaikan sistem drainase, penguatan lereng, revegetasi, serta pengendalian penggunaan lahan untuk mengurangi risiko longsor dan meminimalkan dampak yang dapat ditimbulkan terhadap lingkungan maupun infrastruktur di sekitar lokasi penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] R. Ainiyah and A. Wibowo, "Analisis Pengaruh Jenis Batuan dan Sesar Aktif terhadap Potensi Pergerakan Tanah," *J. Pendidik. Geogr. Undiksha*, vol. 12, no. 2, pp. 306–312, 2024.

- [2] M. Anwar and Sugiharto, "Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor Berdasarkan Permendagri Nomor 33 Tahun 2006," *HIGEIA J. Public Heal. Res. Dev.*, vol. 2, no. 3, pp. 386–395, 2018.
- [3] S. S. N. S. Savitri, N. Kurniadin, A. A. M. Sutaji, and A. B. Sofyan A. P., "Pemetaan Perubahan Tutupan Lahan di Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2015, 2019, dan 2023," *J. Geomatics Eng. Technol. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–19, 2025, doi: 10.51967/gets.v4i1.63.
- [4] M. Hardin Wakila, C. Auliani Chalik, N. Asmiani, A. Salam Munir, M. Idris Juradi, and J. Teknik Pertambangan, "Analisa Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen Pada Daerah Waangu-Angu Kab. Buton Prov. Sulawesi Tenggara," *J. GEOSAPTA*, vol. 7, no. 1, p. 31, 2021.
- [5] I. Handa and T. Taufik, "Pemetaan Tingkat Bahaya Bencana Longsor Dan Sistem Perencanaan Tata Letak Bangunan Dalam Tata Ruang Wilayah Kota Baubau," *J. Envirotek*, vol. 12, no. 2, pp. 113–120, 2020, doi: 10.33005/envirotek.v12i2.98.
- [6] A. W. S. Putra and Y. Podo, "Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengetahuan masyarakat dalam mitigasi bencana alam tanah longsor," *Urecol 6th*, pp. 305–314, 2017, [Online]. Available: <http://journal.unimma.ac.id/index.php/urecol/article/view/1549>
- [7] R. Isnaini, "Analisis Bencana Tanah Longsor di Wilayah Provinsi Jawa Tengah," *Islam. Manag. Empower. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 143–160, 2019, doi: 10.18326/imej.v1i2.143-160.
- [8] H. S. Naryanto, H. Soewandita, D. Ganesha, F. Prawiradisastra, and A. Kristijono, "Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017," *J. Ilmu Lingkungan*, vol. 17, no. 2, p. 272, 2019, doi: 10.14710/jil.17.2.272-282.
- [9] A. Apriyono, "Analisis Penyebab Tanah Longsor di Kalitlaga Banjarnegara," *J. Ilm. Din. Rekayasa*, vol. 5, no. 1, pp. 14–18, 2009.
- [10] Bambang Sulisty, "Mitigasi Bencana Dalam Perencanaan Pengembangan Wilayah," *Semin. Nas.*, pp. 1–13, 2016.
- [11] I. N. Sumana, P. I. Christiawan, and I. G. Budiarta, "Kesiapsiagaan Masyarakat Terhadap Bencana Tanah Longsor Di Desa Sukawana," *J. Pendidik. Geogr. Undiksha*, vol. 8, no. 1, p. 43, 2020, doi: 10.23887/jjpg.v8i1.23477.
- [12] H. Hanifa and S. Suwardi, "Identifikasi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Di Ajibarang Banyumas Menggunakan Metode Skoring," *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 10, no. 1, pp. 97–103, 2023, doi: 10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.10.
- [13] S. Nur, "Analisis Kesiapsiagaan dan Mitigasi Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Ponorogo," *JPIG (Jurnal Pendidik. dan Ilmu Geogr.)*, vol. 6, no. 1, pp. 81–90, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPIG/>
- [14] S. Kasus, K. Probolinggo, J. T. Geomatika, F. Teknik, and I. T. Sepuluh, "17190-43167-1-Pb," vol. 5, no. 2, 2016.
- [15] B. Waladani, P. A. W. Suwaryo, and A. Suliyanti, "Peningkatan Pengetahuan Mitigasi Bencana Dalam Pengurangan Risiko Bencana Tanah Longsor," *J. Salingka Abdimas*, vol. 2, no. 2, pp. 137–141, 2022, doi: 10.31869/jsam.v2i2.3826.
- [16] H. Lutfiana, Wahyudi, and E. Hartantyo, "Analisis Potensi Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik di Dusun Plalar Desa Kemambang Kecamatan Banyubiru Kabupaten Semarang," *Jurnak Miner*.

- Energi dan Lingkungan.*, vol. 9, no. 1, pp. 27–38, 2025.
- [17] Sugito, Z. Irayani, and I. P. Jati, “Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan,” *Berk. Fis.*, vol. 13, no. 2, pp. 49–54, 2012.
- [18] V. Trisep Haris, F. Lubis, and W. Winayati, “Analisis Stabilitas Lereng Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning,” *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 97–105, 2019, doi: 10.31849/siklus.v5i2.3178.
- [19] M. Rizhan, R. Norfaeda, J. Teknik Pertambangan, and P. Negeri Banjarmasin, “Kajian Teknis Kestabilan Lereng Pasca Tambang Berdasarkan Sifat Fisik dan Mekanik Tanah (Study of Post-Mining Slope Stability Based on Physical and Mechanical Properties of Soil),” vol. 9, no. 2, pp. 77–83, 2021.
- [20] Frizka Indra Herawati, “Skripsi Analisis Kestabilan Lereng Sebagai Dasar Mitigasi Bencana Daerah Cipanas Dan Sekitarnya, Kabupaten Lebak, Banten,” Universitas Sriwijaya, 2020. [Online]. Available: https://repository.unsri.ac.id/41774/51/RAMA_34201_03071381520035_0010117101_009027505_01_front_ref.pdf