

ANALISIS STABILITAS LERENG PADA STA 13±680 MENGGUNAKAN METODE BISHOP BERBASIS PERANGKAT LUNAK GEOSTUDIO DI DUSUN BANARAN DESA DEPOK KECAMATAN BENDUNGAN KABUPATEN TRENGGALEK

Alfionita Devinta Cahya Pradini*¹, Reny Rochmawati² dan Gilang Ramadan Kololikiye³

¹Mahasiswa, Teknik Sipil, Universitas Islam Malang

e-mail: 22201051040@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Malang

e-mail: renyrochmawati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Malang

e-mail: gilangft@unisma.ac.id

ABSTRACT

Banaran Hamlet, Depok Village, Bendungan District, Trenggalek Regency has recorded repeated landslide occurrences in 2025, particularly around STA 13±680, indicating the need for a slope stability assessment to determine its actual safety condition. This study aims to evaluate the slope's Factor of Safety under static loading condition using the Bishop Method, analyzed with GeoStudio SLOPE/W software and compared against manual calculation results. Soil parameters, including cohesion, internal friction angle, and unit weight, were obtained through laboratory testing of soil samples collected directly from the study site. The analysis results show a Factor of Safety of 0.951 from GeoStudio calculation and 0.949 from manual calculation, with a discrepancy of 0.2 percent, confirming the validity of the analysis method used. Both values fall below the minimum requirement stated in SNI 8460:2017, indicating that the slope at STA 13±680 is already unstable even under static loading condition. These findings suggest the need for immediate mitigation measures to prevent further landslide occurrences in the area.

Keywords: *Bishop Method, Factor of Safety, GeoStudio SLOPE/W, Slope Stability, Static Condition.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia berada di kawasan pertemuan lempeng tektonik aktif dengan topografi beragam, mulai dari dataran rendah hingga perbukitan terjal, sehingga tanah longsor menjadi salah satu bencana yang paling sering mengancam keselamatan infrastruktur dan masyarakat. Kabupaten Trenggalek, khususnya Dusun Banaran, Desa Depok, Kecamatan Bendungan, tercatat sebagai salah satu kabupaten dengan frekuensi kejadian longsor yang signifikan di Jawa Timur, terutama pada musim penghujan [1]. Urgensi penelitian ini diperkuat oleh rekam jejak bencana nyata di lokasi kajian pada 1 November 2025 terjadi longsor di Dusun Banaran yang menimbulkan korban jiwa, dan pada 19 Mei 2025 longsor serupa juga terjadi di Dusun Kebonagung yang masih dalam Kawasan Desa Depok.

Secara nasional, tanah longsor masih menjadi salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Kawasan berbukit dengan curah hujan tinggi. Data resmi Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Trenggalek mencatat bahwa sepanjang tahun 2025 terjadi 192 kejadian bencana yang tersebar di 14 kecamatan dan 104 desa, dengan 109 diantaranya merupakan kejadian tanah longsor dan gerakan tanah, disertai 12 korban jiwa [2]. Angka ini meningkat dari sisi jumlah korban dibandingkan tahun 2024, meskipun total kejadian bencana pada tahun tersebut justru lebih tinggi yaitu 413 kejadian dengan 170 diantaranya berupa longsor atau tanah gerak [2]. Peningkatan jumlah korban jiwa di Tengah penurunan frekuensi kejadian ini mengindikasikan bahwa tingkat keparahan longsor di wilayah tersebut cenderung meningkat, sehingga kajian teknis

pada titik-titik kritis seperti STA 13±680 menjadi semakin mendesak untuk dilakukan.

Kajian Badan Geologi Kementrian ESDM menyebutkan bahwa kedua lokasi berada pada satuan geomorfologi perbukitan vulkanik terdenudasi dengan kemiringan lereng yang umumnya di atas 35°, serta lapisan tanah lempung hasil pelapukan batuan vulkanik, yang membuat kawasan ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah [3]. Dua kejadian besar dalam satu tahun ini menegaskan bahwa kerentanan lereng di Dusun Banaran bukan sekedar potensi teoritis, melainkan ancaman nyata yang memerlukan kajian geoteknik yang terukur.

Kondisi ini sejalan dengan temuan pada berbagai studi kebencanaan di wilayah berbukit dengan geologi vulkanik di Jawa Timur, yang secara konsisten menunjukkan bahwa kombinasi anatar lereng sangat curam, lapisan tanah hasil pelapukan yang tebal yang gembur, alih fungsi lahan, serta curah hujan tinggi merupakan factor dominan penyebab longsor. Material tanah hasil pelapukan batuan vulkanik umumnya memiliki porositas tinggi dan kemampuan menyerap air yang besar, namun kekuatan gesernya menurun drastis ketika kadar air di dalam pori tanah meningkat melebihi kapasitas simpannya [4]. Karakteristik ini menjelaskan mengapa Kawasan dengan geologi serupa, termasuk Dusun Banaran, tergolong sangat rentan terhadap pergerakan tanah terutama pada musim penghujan.

Secara topografi, Desa Depok didominasi perbukitan dengan kemiringan lereng ekstrem dan material tanah pelapukan yang sensitif terhadap perubahan kadar air, sebagaimana diidentifikasi dalam kajian karakteristik hidrologi dan geologi wilayah Trenggalek [5], sehingga evaluasi stabilitas lereng pada titik kritis seperti STA 13±680 menjadi penting untuk meminimalkan resiko kerugian material maupun korban jiwa.

Berbagai metode kesetimbangan batas seperti *Fellenius*, *Morgenstern-Price*, dan *Janbu*. Metode *Bishop* umum digunakan dalam analisis stabilitas lereng, dan dipilih dalam penelitian ini karena terbukti menghasilkan nilai FoS yang lebih efisiensi melalui bantuan perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W daripada Metode *Fellenius* [6]. Meskipun metode ini telah banyak

diterapkan, hingga saat ini belum ditemukan kajian kuantitatif khusus mengenai stabilitas lereng di STA 13±680 Desa Depok menggunakan Metode *Bishop* berbasis GeoStudio SLOPE/W.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari pembahasan ini sesuai dengan judul yang dikemukakan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi geoteknik lereng di Dusun Banaran, Desa Depok, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek?
2. Berapakah nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) lereng berdasarkan analisis menggunakan Metode *Bishop*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian mengenai stabilitas lereng yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kondisi geoteknik lereng di Dusun Banaran, Desa Depok, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek.
2. Untuk mengetahui nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) lereng berdasarkan analisis menggunakan metode *Bishop*.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini meliputi:

1. Karakteristik geometri dan kondisi geoteknik lereng pada STA 13±680, Dusun Banaran, Desa Depok, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek.
2. Analisis nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) lereng pada kondisi statis menggunakan perhitungan manual Metode *Bishop* dan perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W.
3. Tekanan air pori (*u*) diasumsikan sama dengan nol (kondisi kering), sehingga tidak mencakup analisis rembesan air tanah secara dinamis.
4. Penelitian ini tidak mencakup desain detail perkuatan lereng (seperti dinding penahan tanah, *soil nailing*, atau *bioengineering*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Material penyusun lereng memiliki kecenderungan bergerak akibat berat sendiri serta gaya yang harus diimbangi oleh tahanan

geser tanah, ketidakseimbangan antara gaya pendorong dan gaya penahan inilah yang memicu terjadinya longsor, terutama saat air meresap ke lapisan tanah kedap air sehingga menurunkan kekuatan geser lapisan di atasnya [7].

2.1 Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng merupakan kondisi keseimbangan antara gaya yang menyebabkan lereng bergerak (*driving force*) dan gaya yang menahan penggerak lereng (*resisting force*) [7]. Lereng dikatakan stabil apabila gaya penahan lebih besar daripada gaya penggerak sehingga tidak terjadi kelongsoran. Sebaliknya, apabila gaya penggerak lebih besar daripada gaya penahan maka lereng berpotensi mengalami keruntuhan [1].

Ketidakseimbangan antara gaya penggerak dan gaya penahan pada suatu lereng umumnya dipicu oleh kombinasi faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi jenis material penyusun lereng, struktur geologi, serta rekahan atau retakan pada batuan dan tanah, sedangkan faktor eksternal meliputi kemiringan lereng dan tata guna lahan [8]. Diantara faktor-faktor tersebut, kemiringan lereng yang curam dikombinasikan dengan lapisan tanah pelapukan yang tebal secara konsisten teridentifikasi sebagai faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan nilai Faktor Keamanan pada berbagai studi lereng di kawasan perbukitan Indonesia [8].

Analisis stabilitas lereng bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan lereng melalui nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*). Nilai tersebut menunjukkan kemampuan lereng dalam menahan gaya-gaya yang bekerja sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi lereng eksisting. Secara umum nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) dinyatakan dengan Persamaan (1)

$$FS = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \quad (1)$$

2.2 Parameter Geometri Lereng

Geometri lereng merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi stabilitas lereng. Parameter geometri meliputi tinggi lereng (H), sudut kemiringan lereng (α), panjang lereng (L), serta bentuk lereng. Semakin tinggi

dan curam suatu lereng maka gaya penggerak yang bekerja akan semakin besar sehingga nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) cenderung menurun [7].

Selain tinggi dan sudut kemiringan, bentuk bidang gelincir kritis yang terbentuk pada suatu lereng juga sangat dipengaruhi oleh geometri lereng itu sendiri. Studi evaluasi geometri lereng pada lahan terbuka meunjukkan bahwa perubahan sudut kemiringan dan tinggi jenjang lereng secara langsung mengubah posisi dan radius bidang gelincir kritis yang dihasilkan oleh metode kesetimbangan batas, sehingga pemodelan geometri yang akurat menjadi syarat mutlak sebelum analisis Faktor Keamanan dilakukan [9].

Pada penelitian ini data geometri diperoleh melalui survei lapangan dan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan model lereng pada perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W. Parameter tersebut menjadi input utama dalam proses analisis stabilitas menggunakan Metode *Bishop*.

2.3 Parameter Fisik Dan Mekanik Tanah

Parameter karakteristik fisik tanah adalah sifat-sifat tanah yang dapat diamati dan diukur tanpa mengubah struktur/kekuatan tanah, meliputi:

- Kadar Air (*Water Content*) yang dalam pengujian laboratorium menghasilkan nilai rata-rata 41.05%. dengan hasil tersebut menjelaskan bahwa tanah mengandung cukup banyak air, menunjukkan tanah mudah menyerap dan menyimpan air.
- Berat Isi Tanah (*Density*) yang dalam pengujian laboratorium ini menghasilkan nilai 17.341 kN/m³ atau sama dengan 1.768 g/cm³ dalam kondisi basah, dengan berat per satuan volume tanah, dipakai langsung dalam rumus perhitungan berat irisan.
- Analisa Saringan (*Sieve Analysis*) yang dalam pengujian laboratorium menghasilkan yang lolos saringan No. 200 adalah 19.43%, tertahan saringan No. 4 = 0%. Dengan hasil tersebut menunjukkan tanah didominasi fraksi pasir (80.57%), tidak ada kerikil, dasar utama klasifikasi USCS (SC) dan AASHTO (A-2-7).

- d. Batas-batas Atterberg yang dalam pengujian laboratorium ini menghasilkan nilai LL= 56.57%, PL= 25%, dan PI= 31.75%. Nilai PI tinggi menunjukkan fraksi lempung berplastisitas tinggi dan sensitive terhadap perubahan kadar air.
 - e. Berat Jenis (Specific Gravity/GS) dalam pengujian ini menghasilkan nilai 2.753 yang berarti sesuai dengan ketentuan SNI 1964:20018 tanah di daerah ini termasuk kedalam jenis lempung-pasir. Hal tersebut juga mengonfirmasi hasil dari klasifikasi tanah USCS yakni SC.
- Sedangkan untuk karakteristik mekanik tanah adalah sifat sifat yang berhubungan dengan kekuatan dan perilaku tanah saat menerima beban yang meliputi :
1. Kohesi (c) dalam pengujian ini menghasilkan nilai 12.137 kPa yang berarti gaya ikat antar partikel tanah yang bekerja independent dari tegangan normal. Nilai 12.137 kPa tergolong rendah hal ini menunjukkan ikatan antar partikel relative lemah dan mudah lepas saat jenuh air.
 2. Sudut Geser Dalam (ϕ) dalam pengujian ini menghasilkan nilai 12.047 derajat. Hal tersebut menjelaskan bahwa tahanan gesek antar partikel tanah tergolong rendah, dengan hasil yang rendah menunjukkan fraksi lempung mendominasi perilaku geser tanah meski secara USCS tanahnya SC
 3. Kuat Geser Tanah (τ) merupakan kemampuan tanah menahan gaya yang menyebabkan pergeseran. Kombinasi c dan ϕ yang rendah menghasilkan kuat geser yang rendah dan nilai Faktor Keamanan rendah sehingga kondisi lereng menjadi Hubungan antara kohesi, tegangan normal, dan sudut geser dalam dinyatakan menggunakan kriteria keruntuhan *Mohr-Coloumb* sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$$

2.4 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dilakukan untuk mengetahui jenis tanah berdasarkan karakteristik fisik dan indeks tanah. Dalam

penelitian ini sistem klasifikasi yang digunakan adalah *Unified Soil Classification System* (USCS) dan *American Of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Klasifikasi dilakukan berdasarkan hasil analisis saringan dan pengujian batas *Atterberg* sehingga diperoleh jenis tanah yang sesuai dengan kondisi lapangan.

Klasifikasi tanah menggunakan sistem USCS dan AASHTO tidak hanya berfungsi sebagai identifikasi jenis tanah, tetapi juga menjadi dasar awal untuk memperkirakan potensi perilaku mekanik tanah sebelum pengujian laboratorium lebih lanjut dilakukan. Tanah dengan indeks plastisitas tinggi yang terklasifikasi sebagai SC (Pasir Berlempung) umumnya menunjukkan kepekaan yang tinggi terhadap perubahan kadar air, yang pada gilirannya memengaruhi stabilitas lereng tempat tanah tersebut berada, sebagaimana ditemukan pada evaluasi karakteristik tanah lereng di berbagai lokasi dengan klasifikasi serupa [10].

Hasil klasifikasi tanah digunakan sebagai dasar dalam menentukan parameter geoteknik yang akan dimasukkan ke dalam analisis stabilitas lereng menggunakan GeoStudio SLOPE/W.

2.5 Faktor Keamanan (*Factor Of Safety/Fos*)

Tabel 1 Interpretasi FoS

Rentang Nilai FoS	Interpretasi Stabilitas Lereng	Tingkat Resiko Longsor	Rekomendasi Tindakan
FoS > 1.5	Sangat Stabil	Aman	Pemantauan Rutin
1.2 < FoS ≤ 1.5	Stabil	Rendah – Sedang	Pemantauan Intensif
1 < FoS ≤ 1.2	Marginal (Batas Aman)	Sedang	Penguatan Sementara & Monitoring Ketat
0.8 < FoS ≤ 1	Tidak Stabil	Tinggi	Penguatan Darurat & Evakuasi Parsial
FoS ≤ 0.8	Sangat Tidak Stabil	Sangat Tinggi	Evakuasi Total & Stabilitas Segera

(Sumber: Diadaptasi dari [12], [13], [11])

Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) merupakan perbandingan antara gaya penahan

terhadap gaya penggerak pada suatu lereng. Nilai Faktor Keamanan digunakan untuk menunjukkan tingkat kestabilan lereng. Semakin besar nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) maka kondisi lereng semakin stabil, sedangkan semakin kecil nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) menunjukkan bahwa lereng memiliki potensi mengalami longsor.

Menurut SNI 8460:2017, lereng pada kondisi statis dinyatakan aman apabila memiliki nilai Faktor Keamanan minimal 1.5 [11].

2.6 Metode Bishop

Metode *Bishop* merupakan salah satu metode keseimbangan batas (*limit equilibrium method*) yang dikembangkan oleh A.W. Bishop pada tahun 1955. Metode ini membagi massa tanah menjadi beberapa irisan vertikal, kemudian menghitung keseimbangan momen dan gaya pada setiap irisan untuk memperoleh nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*).

Keunggulan Metode *Bishop* adalah mampu memberikan hasil yang lebih efektif mendekati kondisi nyata lapangan dibandingkan metode *Fellenius* karena mempertimbangkan gaya normal antar irisan [6].

Perbandingan langsung antara Metode *Bishop* dan metode kesetimbangan batas lainnya pada studi geoteknik menunjukkan bahwa Metode *Bishop* cenderung memberikan nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) yang lebih tinggi dan lebih mendekati kondisi actual lapangan dibandingkan metode *Fellenius*, karena Metode *Bishop* memperhitungkan gaya normal antar irisan yang diabaikan pada Metode *Fellenius* [6]. Karakteristik inilah yang membuat Metode *Bishop* banyak diadopsi sebagai metode standar dalam analisis stabilitas lereng berbasis perangkat lunak, termasuk pada penelitian-penelitian stabilitas lereng terbaru di Indonesia [14].

Persamaan Faktor Keamanan Metode *Bishop* adalah

$$FK = \frac{\sum [(c.b + W - u.b) \cdot \tan \varphi] \cdot \frac{1}{M\alpha}}{\sum (W \sin \alpha)} \quad (3)$$

Dengan fungsi $M\alpha$:

$$M\alpha = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \varphi}{FK} \right) \quad (3a)$$

2.7 Geostudio Slope/W

GeoStudio SLOPE/W merupakan perangkat lunak geoteknik yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng menggunakan berbagai metode keseimbangan batas, salah satunya Metode *Bishop*. Perangkat lunak ini mampu memodelkan geometri lereng, memasukkan parameter tanah hasil pengujian laboratorium, menentukan bidang longsor kritis, serta menghitung nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) secara otomatis.

Penggunaan GeoStudio SLOPE/W dalam analisis stabilitas lereng telah banyak diterapkan pada berbagai studi kasus di Indonesia, mulai dari lereng jalan, lereng tambang, hingga lereng permukiman, karena kemampuannya melakukan iterasi perhitungan Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) minimum. Keunggulan ini menjadikan GeoStudio SLOPE/W sebagai alat bantu yang efektif untuk memverifikasi hasil perhitungan manual, sekaligus mempercepat proses analisis pada geometri lereng yang kompleks.

Dalam penelitian ini GeoStudio SLOPE/W digunakan untuk menghitung nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) lereng pada kondisi eksisting sehingga diperoleh Tingkat kestabilan lereng pada kondisi tersebut.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis stabilitas lereng menggunakan Metode *Bishop* berbantuan perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W. Analisis dilakukan berdasarkan data hasil survei lapangan dan pengujian laboratorium untuk memperoleh nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) pada kondisi lereng eksisting (statis). Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi stabilitas lereng berdasarkan parameter geometri dan karakteristik tanah yang sebenarnya.

Selain itu, hasil analisis yang diperoleh dari GeoStudio SLOPE/W digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi stabilitas lereng dan membandingkan dengan hasil perhitungan manual Metode *Bishop* hasil evaluasi tersebut dijadikan sebagai acuan.

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian



Gambar 1 Lokasi Penelitian STA 13±680, dengan titik koordinat (-7.969873, 111.731185) (Sumber: Dokumentasi *Google Earth*, 2026)

Penelitian dilaksanakan pada lereng STA 13±680 Dusun Banaran, Desa Depok, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Pengambilan data lapangan meliputi pengukuran geometri lereng dan pengambilan sampel tanah, sedangkan pengujian parameter tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Malang. Penelitian dilaksanakan sesuai dengan jadwal penelitian yang telah disusun pada proposal. Berikut merupakan gambar lokasi penelitian beserta lokasi pengambilan sampel tanah.



Gambar 2 Lereng Pada STA 13±680

3.3 Data Penelitian

Data penelitian digunakan dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan, pengukuran geometri lereng, pengambilan sampel tanah, serta pengujian laboratorium. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan studi literatur yang meliputi peta topografi dan data geologi, serta referensi

penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis stabilitas lereng.

3.4 Variabel Penelitian

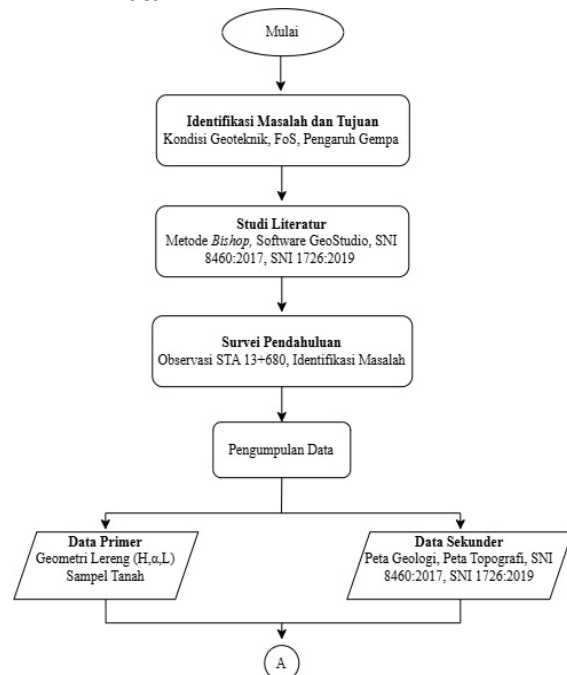
Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi geometri lereng, berat isi tanah (γ), kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ). Variabel terikat berupa nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*), sedangkan variabel kontrol adalah metode analisis yang digunakan, yaitu Metode *Bishop* dengan bantuan perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W.

3.5 Tahapan Analisis

Tahapan analisis dimulai dengan pengolahan data hasil survei lapangan dan pengujian laboratorium. Selanjutnya dibuat model geometri lereng pada perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W dengan memasukkan parameter tanah yang telah diperoleh. Analisis stabilitas dilakukan menggunakan Metode *Bishop* pada kondisi lereng eksisting (statis). Hasil analisis berupa nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FoS*) kemudian dievaluasi berdasarkan ketentuan SNI 8460:2017 untuk menentukan tingkat kestabilan lereng.

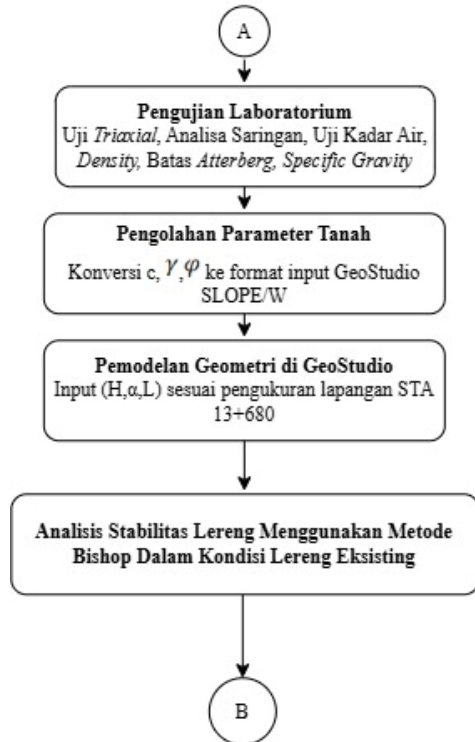
3.6 Diagram Alir Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data



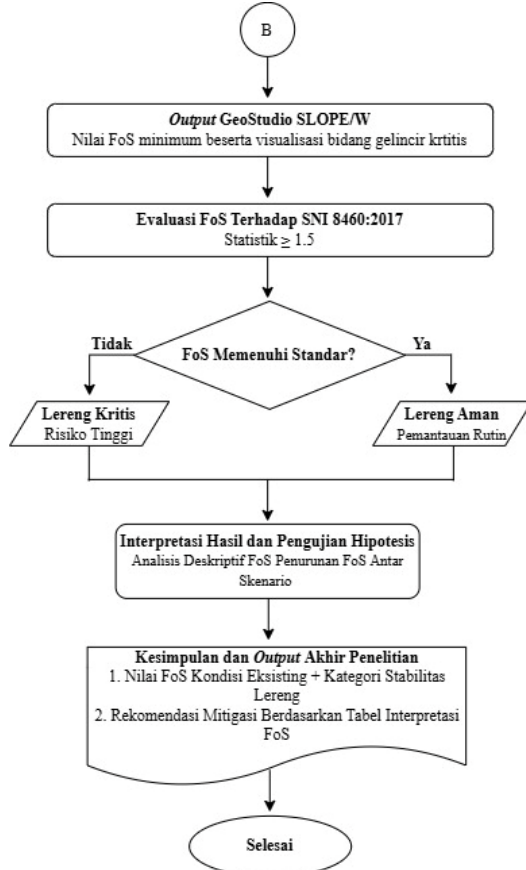
Gambar 3 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data

3.6.2 Tahap Pengolahan dan Analisis Data



Gambar 4 Tahap Pengolahan dan Analisis Data

3.6.3 Tahap Evaluasi dan Kesimpulan



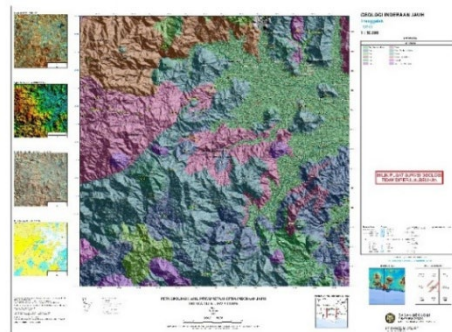
Gambar 5 Tahap Evaluasi dan Kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Dan Kondisi Geoteknik Penelitian

Penelitian dilaksanakan di STA 13±680, Dusun Banaran, Desa Depok, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Lereng alami yang menunjukkan tanda kerentanan tinggi berupa retakan permukaan dan riwayat longsor berulang. Berdasarkan peta geologi regional sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6, wilayah penelitian termasuk dalam formasi batuan breksi vulkanik *polimix* berumur *oligosen* yang telah mengalami pelapukan intensif menjadi lapisan tanah pelapukan bertekstur lempung setebal sekitar 50 meter [9], sejalan dengan hasil klasifikasi tanah pasir berlempung (SC) yang diperoleh dari pengujian laboratorium.

Kerentanan lereng ini terbukti pada Riwayat dua kejadian longsor besar di Desa Depok dalam Tahun 2025, yaitu pada 19 Mei (Dusun Kebonagung) dan 1 November (Dusun Banaran), yang keduanya dipicu oleh hujan intensitas tinggi.



Gambar 6 Peta Geologi Hasil Interpretasi Citra Indera Jauh Lembar Trenggalek, Jawa Timur, Skala 1:50.000

Data geometri hasil pengukuran lapangan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Geometri Lereng STA 13+680

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Tinggi lereng	H	17	m
Sudut kemiringan lereng	α	25	°
Panjang lereng horizontal	L	36.457	m
Panjang lereng miring	L'	40.225	m
Elevasi kaki lereng	Elv. Toe	651	mdpl
Elevasi puncak lereng	Elv. Crest	668	mdpl

(Sumber: Hasil Pengukuran Lapangan, 2025)

4.2 Hasil Pengujian Laboratorium

Pengujian fisik dan mekanik tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UNISMA terhadap sampel dari STA 13±680. Hasil rekapitulasi parameter tanah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Parameter Tanah

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Kohesi	c	12.137	kPa
Sudut Geser Dalam	φ	12.047	°
Berat Isi Tanah	γ	17.344	kN/m ³
Tekanan Air Pori	u	0	kPa
Klasifikasi USCS	-	SC (Pasir Berlempung)	-
Klasifikasi AASHTO	-	A-2-7	-

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2026)

Dari Tabel 3 di atas, nilai kohesi (c) sebesar 12.137 kPa dan sudut geser dalam (φ) sebesar 12.047° diperoleh dari uji triaxial *Unconsolidated Undrained* (UU) terhadap tiga sampel tanah dengan variasi tegangan sel (σ_3) sebesar 0.5; 1.0; dan 1.5 kg/cm², kemudian dianalisis menggunakan lingkaran *Mohr-Coloumb*. Berat isi tanah (γ) sebesar 17.341 kN/m³ diperoleh dari uji kepadatan (*density test*) menggunakan ring sampel, dihitung dari perbandingan berat tanah basah terhadap volume ring. Tekanan air pori (u) diasumsikan nol (0 kPa) sesuai batasan masalah penelitian, karena analisis dilakukan pada kondisi statis tanpa memperhitungkan fluktuasi muka air tanah secara dinamis.

Klasifikasi tanah ditentukan menggunakan dua sistem. Berdasarkan USCS, karena persentase lolos saringan No.200 hanya sebesar 19.43% (di bawah 50%), tanah tergolong berbutir kasar dengan dominasi fraksi pasir. Nilai indeks plastisitas (PI= 31.75%) yang berada di atas Garis A diagram plastisitas *Cassagrande* menunjukkan fraksi halus bersifat lempung, sehingga tanah diklasifikasikan sebagai SC (Pasir Berlempung). Berdasarkan AASHTO, karena persentase lolos No. 200 $\leq 35\%$, taas cair LL = 56.75% > 41%, dan PI = 31.75% > 11%, tanah termasuk kelompok A-2-7 (kerikil dan pasir berlempung dengan plastisitas tinggi).

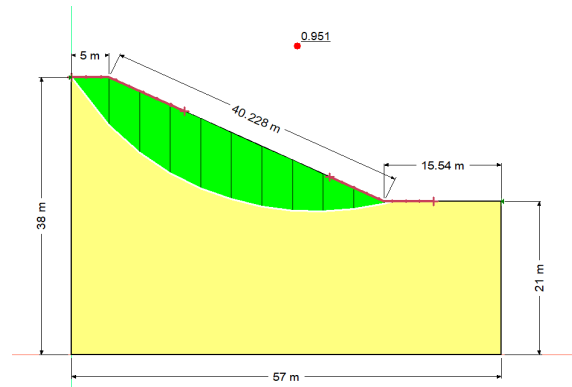
4.3 Pemodelan Stabilitas Lereng Dengan Geostudio Slope/W

Analisis dilakukan menggunakan GeoStudio SLOPE/W 2025.1.0 dengan Metode *Bishop* pada kondisi statis ($kh = 0.00$). Bidang gelincir kritis ditentukan berbentuk lingkaran dengan radius R = 37.710 m. Hasil FoS kondisi statis dari pemodelan GeoStudio SLOPE/W sebesar 0.951, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil FoS Pemodelan GeoStudio SLOPE/W

Skenario	kh	FoS GeoStudio SLOPE/W	FoS SNI 8460:2017	Status
Statis	0.00	0.951	≥ 1.5	Tidak Aman

(Sumber: Hasil Pemodelan GeoStudio SLOPE/W, 2026)



Gambar 6 Bidang Gelincir Kritis Untuk Keadaan Statis

(Sumber: Pemodelan Lereng di *Software* GeoStudio)

4.4 Verifikasi Manual Metode *Bishop*

Perhitungan manual pada penelitian ini dilakukan untuk memverifikasi nilai Faktor Keamanan. Sebagai verifikasi, dilakukan perhitungan manual Metode *Bishop* dengan persamaan *pseudo-statik*:

$$FoS = \frac{\sum \left[\frac{c.l + W \tan \varphi}{\cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \varphi}{FoS} \right)} \right]}{\sum (W \sin \alpha) + kh \sum (W \cos \alpha)} \quad (4)$$

Perhitungan menggunakan geometri bidang gelincir kritis hasil GeoStudio (10 irisan), dengan total berat irisan ($\sum W = 4671.471$ kN) menunjukkan selisih hanya 3.05% terhadap *output* GeoStudio (4818.621 kN), mengonfirmasi validitas geometri irisan yang digunakan. Hasil perbandingan kedua metode disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan FoS Metode Bishop dan GeoStudio SLOPE/W

Skenario	kh	FoS Manual (Metode Bishop)	FoS GeoStudio SLOPE/W	Selisih (%)
Statis	0.00	0.949	0.951	0.2

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2026)

Hasil perhitungan manual menunjukkan nilai FoS sebesar 0.949, dengan selisih 0.2% terhadap hasil GeoStudio SLOPE/W 0.951, menunjukkan Tingkat akurasi yang tinggi dan saling memperkuat validitas hasil analisis.

4.5 Pembahasan

Nilai FoS kondisi statis (0.949 - 0.951) yang berada di bawah standar minimum SNI 8460:2017 ($FoS \geq 1.5$), bahkan di bawah 1, menunjukkan bahwa gaya penggerak telah melampaui gaya penahan pada lereng STA 13±680 sejak kondisi tanpa beban tambahan apa pun. Temuan ini secara numerik mengonfirmasi dua kejadian longsor nyata yang terjadi pada 19 Mei dan 1 November 2025 di Desa Depok, dimana kondisi FoS di bawah 1 bahkan tanpa beban tambahan menunjukkan lereng tersebut memang sudah berada di ambang kritis sebelum kejadian longsor berlangsung. Kondisi kritis ini sejalan dengan parameter kuat geser tanah rendah pada Lokasi penelitian, yaitu nilai kohesi (c) = 12.137 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) = 12.047° yang tergolong rendah akibat dominasi fraksi lempung berplastisitas tinggi hasil pelapukan batuan vulkanik. Kombinasi kuat geser rendah dengan geometri lereng yang cukup curam turut memperbesar gaya penggerak dibandingkan gaya penahan yang tersedia, sebagaimana juga ditemukan pada studi karakteristik lereng di wilayah Trenggalek lainnya. Kondisi ini menegaskan bahwa lereng di STA 13±680 berada pada kondisi sangat tidak stabil bahkan tanpa adanya factor pemicu tambahan, sehingga memerlukan tindakan mitigasi segera.

5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

1. Kondisi geoteknik lereng STA 13±680 tergolong rentan, dengan klasifikasi tanah

pasir berlempung (SC), parameter kuat geser rendah ($c = 12.137$ kPa, $\phi = 12.047^\circ$), kemiringan 25°, dan tinggi lereng 17 m di atas formasi breksi vulkanik berlapis pelapukan lempung tebal.

2. Nilai FoS kondisi statis sebesar 0.951 (GeoStudio SLOPE/W) dan 0.949 (manual Bishop) berada di bawah standar minimum SNI 8460:2017 ($FoS \geq 1.5$), sehingga lereng dinyatakan tidak aman bahkan pada kondisi pembebanan normal tanpa factor pemicu tambahan.

5.2 Saran

1. Diperlukan mitigasi struktural maupun non-struktural, seperti *regrading*, sistem drainase permukaan, dan vegetasi penutup lereng.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis stabilitas lereng di STA 13±680 menggunakan metode analisis stabilitas lereng lain seperti Metode *Fellenius*, Metode *Janbu*, Metode *Spencer*, Metode *Morgenstern-Price*, untuk membandingkan hasilnya dengan Metode *Bishop* serta memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi stabilitas lereng.
3. Penelitian lanjutan disarankan mengkaji desain perkuatan lereng (dinding penahan, *bioengineering*, atau *soil nailing*) yang belum tercakup dalam penelitian ini.
4. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah Daerah dalam penetapan zona rawan bencana dan mengantisipasi bencana alam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BNPB, "Data Kejadian Bencana Tanah Longsor," Jakarta, 2024.
- [2] S. Arif and S. Arifin, "Korban Bencana Trenggalek di Tahun 2025 Lebih Banyak Meski Jumlah Kejadian Menurun," Trenggalek, 2026. Accessed: Aug. 07, 2026. [Online]. Available: <https://jatim.tribunnews.com/trenggalek/528947/korban-bencana-trenggalek-di-tahun-2025-lebih-banyak-meski-jumlah-kejadian-menurun>

- [3] Sowijanto, "Peta Geologi Hasil Interpretasi Citra Inderaan Jauh Lembar Trenggalek Jawa Timur Skala 1:50.000," Bandung, 2013.
- [4] A. Nuraini, R. Saputra, and I. B. Mataburu, "Dampak Alih Fungsi Lahan Terhadap Kerawanan Tanah Longsor Di Kabupaten Bogor Dengan Pendekatan SIG," 2025.
- [5] B. Y. Firmanto, E. Noerhayati, and B. Suprpto, "Studi Alternatif Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek," 2020.
- [6] E. Aprianti, "Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng Dengan Menggunakan Metode Fellenius Dan Bishop (Studi Kasus: Pemenang STA 2+600-STA 2+800)," Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram, 2021.
- [7] B. M. . Das, *Principles of geotechnical engineering*, 7th ed. Cengage Learning, 2010.
- [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," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 17, no. 2, p. 272, Sep. 2019, doi: 10.14710/jil.17.2.272-282.
- [9] Z. N. Salsabila, T. T. Putranto, and N. Najib, "Slope Stability Analysis for Slope Geometry Evaluation Using RMR, SMR, and Morgenstern-Price Methods in Pits C2 and C4 of PT Menara Cipta Mulia Mayang Block Open Pit Tin Mine, East Belitung Regency, Bangka Belitung Islands," *TEKNIK*, vol. 44, no. 2, pp. 176–187, Aug. 2023, doi: 10.14710/teknik.v44i2.57004.
- [10] M. A. A. Susanto, "Evaluasi Dan Peninjauan Stabilitas Lereng Menggunakan Program Software Geoslope Pada Area Permukiman Di Bawah Lereng Desa Ngrimbi, Kecamatan Bareng, Kabupaten Jombang," Apr. 2023.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik," Jakarta, 2017.
- [12] Cen, "Eurocode 7: Geotechnical Design, Part 1: General Rules," Brussels, 2004.
- [13] US Army Corps of Engineers, "Slope Stability, Engineer Manual EM 1110-2-1902," Washington DC, 2003.
- [14] Y. P. A. Rumbyarso and G. Pribadi, "Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek Geotechnical Investigation Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara," *Forum Mekanika*, vol. 12, Nov. 2023.