

STUDI ANALISIS STABILITAS LERENG PADA KM 70+500 RUAS JALAN RAYA SUMBERBRANTAS PACET KABUPATEN MOJOKERTO MENGUNAKAN SOFTWARE GEO5

Muhammad Naqiyyul Fuad^{*1}, Reny Rochmawati² dan Gilang Ramadan Kololikiye³

¹Mahasiswa, Teknik Sipil, Universitas Islam Malang
e-mail: 22101051015@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

ABSTRAC

The slope located at KM 70+500 on the Sumberbrantas–Pacet Road in Mojokerto Regency is a steep mountainous area prone to landslides. This location is close to the site of a major landslide at KM 70+800, where a landslide occurred in April 2025, blocking the main road. To evaluate slope stability and potential landslide risks, the objective of this study is to determine soil characteristics, compare and assess safety factors using manual calculations and simulations with GEO5 software. Laboratory results show that the soil at this location is classified as poorly graded sand (SP) with a specific gravity of 9.91 kN/m³, cohesion of 6.839 kN/m², and an internal friction angle of 37.12°. These properties indicate that the soil has moderate shear strength but can lose stability when saturated. Stability assessments using the Fellenius, Bishop, and Janbu methods yielded Safety Factor (SF) values ranging from 1.50 to 1.57 in manual analysis and 1.51 to 1.61 using GEO5. These results indicate that the existing slope remains stable under normal conditions, although it is close to the lower safety limit. In conclusion, the slope inclination at KM 70+500 can be categorized as moderately stable, requiring preventive measures such as drainage improvements, surface water management, and periodic monitoring to reduce the risk of future landslides.

Keywords: *Fellenius, Bishop, and Janbu method, GEO5, safety factor, slope stability*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lereng umumnya dilakukan dengan menghitung faktor keamanan, yang dipengaruhi oleh parameter tanah, sudut kemiringan, nilai kuat geser, dan kondisi jenuh air[1][2]. Lereng dengan kemiringan curam memiliki risiko lebih tinggi terhadap keruntuhan akibat rendahnya faktor keamanan dan meningkatnya tegangan geser[3][4].

Indonesia terletak pada pertemuan Lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik yang menyebabkan tingginya aktivitas tektonik serta meningkatnya potensi bencana geologi[5]. Jawa Timur merupakan salah satu provinsi dengan tingkat kerawanan longsor tertinggi di Indonesia, dengan lebih dari 20 wilayah

dikategorikan rawan karena bentuk wilayahnya berupa perbukitan dan pegunungan[6].

Kabupaten Mojokerto, khususnya Kecamatan Pacet, memiliki topografi curam di mana sebagian wilayahnya berada di atas 700 meter dari permukaan laut dan terletak pada lereng Gunung Welirang[7]. Pada 3 April 2025, longsor besar terjadi di KM 70+800 Jalan Raya Sumberbrantas dan menutup badan jalan, dipicu oleh hujan intensitas tinggi yang menyebabkan kejenuhan air serta menurunkan kuat geser tanah[8].

Lokasi KM 70+500 yang berada dekat titik longsor memiliki lereng curam dan tidak dilengkapi struktur penahan. Aliran air permukaan serta arah drainase alami mengarah melewati KM 70+500, sehingga limpasan air

hujan berpotensi meningkatkan kejenuhan tanah pada lereng. Analisis stabilitas dilakukan untuk menentukan nilai faktor keamanan lereng, apakah lereng tersebut aman dari potensi longsor[9].

Analisis ini dilakukan untuk menentukan nilai faktor keamanan lereng menggunakan metode Fellenius, Bishop, dan Janbu dengan bantuan *software* GEO5 berdasarkan geometri lereng dan parameter tanah hasil uji laboratorium.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang dalam penelitian ini :

1. Bagaimana karakteristik tanah pada KM 70+500 ruas Jalan Raya Sumberbrantas Pacet berdasarkan hasil pengujian laboratorium?
2. Bagaimana hasil perhitungan manual dan simulasi *software* GEO5 menggunakan metode Bishop, Janbu, Fellenius?
3. Bagaimana perbandingan faktor keamanan dari hasil perhitungan manual dan simulasi *software* GEO5?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin di capai, adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik tanah pada KM 70+500 ruas Jalan Raya Sumberbrantas Pacet berdasarkan hasil pengujian laboratorium.
2. Untuk mengetahui hasil perhitungan manual dan simulasi *software* GEO5 menggunakan metode Bishop, Janbu, Fellenius.
3. Untuk perbandingan faktor keamanan dari hasil perhitungan manual dan simulasi *software* GEO5.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah merupakan campuran mineral, bahan organik, dan endapan lepas yang terbentuk melalui proses pelapukan fisik maupun kimia. Proses ini menghasilkan tanah residual bila material pelapukan tetap di tempat asalnya dan tanah terangkut bila mengalami perpindahan. Berdasarkan ukuran partikelnya, tanah diklasifikasikan menjadi kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Setiap jenis

tanah memiliki karakteristik berbeda yang memengaruhi kekuatan geser dan daya dukungnya terhadap beban di permukaan.

Kondisi tanah tersebut sangat berperan dalam kestabilan lereng, yaitu bidang miring yang menghubungkan elevasi tinggi dan rendah, baik alami maupun buatan. Lereng dapat mengalami kegagalan apabila gaya penggerak akibat gravitasi melebihi gaya penahan tanah. Ketidakstabilan lereng dapat disebabkan oleh faktor eksternal seperti gempa bumi, hujan deras, atau banjir, maupun faktor internal seperti geometri lereng yang curam atau kondisi tanah yang lemah[10].

2.1 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah merupakan karakteristik dasar yang menggambarkan kondisi alami tanah dan berpengaruh terhadap perilaku mekanisnya. Parameter yang termasuk sifat fisik meliputi kadar air, berat jenis, berat volume, dan distribusi ukuran butiran. Sifat fisik tanah berperan penting dalam menentukan klasifikasi tanah, permeabilitas, serta kemampuan tanah dalam menahan beban dan perubahan kadar air. Parameter sifat fisik tanah penting dalam analisis kestabilan lereng karena memengaruhi nilai kuat geser dan potensi terjadinya kelongsoran.

2.2 Sifat Mekanik Tanah

Sifat mekanik tanah menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan deformasi dan gaya geser yang terjadi akibat beban luar. Parameter utama yang digunakan dalam menilai sifat mekanik adalah kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Kedua parameter ini menjelaskan kuat geser tanah berdasarkan kriteria kegagalan Mohr–Coulomb, di mana kekuatan geser maksimum tanah ditentukan oleh kombinasi antara gaya kohesi dan gesekan antar butir. Parameter ini diperoleh melalui pengujian laboratorium seperti uji geser langsung, yang dapat menggambarkan kondisi tegangan di lapangan secara lebih representatif.

2.3 Metode Analisis Stabilitas Lereng

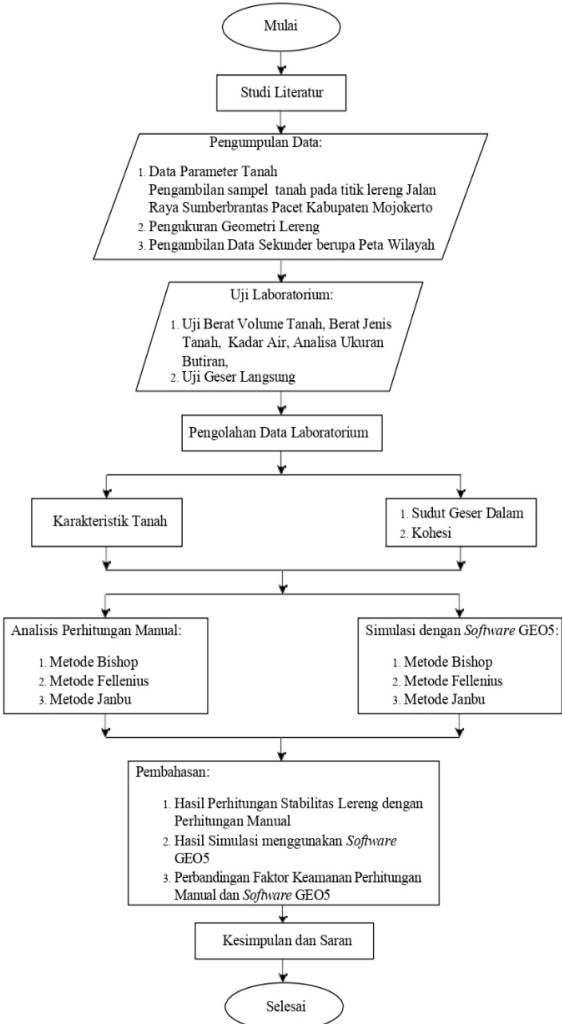
Analisis stabilitas lereng bertujuan menilai keseimbangan antara gaya penahan dan gaya

112.528072° BT. Area ini dipilih karena memiliki kondisi topografi dan karakteristik geoteknik yang sesuai dengan tujuan analisis kestabilan lereng.



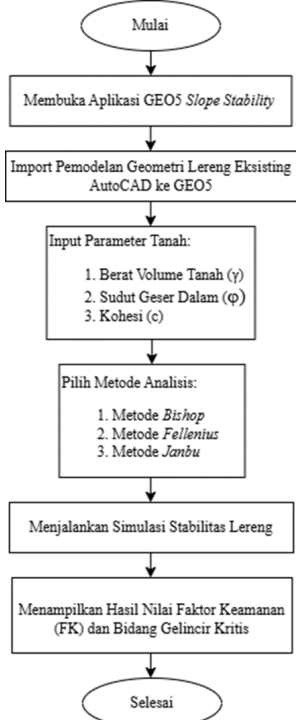
Gambar 4. Lokasi Penelitian
Sumber: (Google Earth, 2025)

3.2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian
Sumber: (Analisa Penelitian, 2025)

3.3 Bagan Alir GEO5 Slope Stability



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian
Sumber: (Analisa Penelitian, 2025)

3.3 Lingkup Pembahasan

Lingkup pembahasan difokuskan pada kestabilan lereng di lokasi penelitian melalui:

1. Pengumpulan data lapangan berupa sampel tanah dan pengukuran geometri lereng.
2. Pengujian laboratorium untuk memperoleh parameter fisik dan mekanik tanah yang menjadi dasar analisis.
3. Perhitungan faktor keamanan lereng secara manual menggunakan metode Bishop, Fellenius, Janbu.
4. Simulasi analisis stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak GEO5.
5. Penentuan kondisi kestabilan lereng berdasarkan nilai faktor keamanan, untuk mengklasifikasikan lereng ke dalam kategori aman, tidak aman, atau kritis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah

Sampel tanah diambil dari kedalaman 50 cm (*undisturbed*) dengan metode manual, kemudian di uji di laboratorium untuk memperoleh parameter sifat fisik dan mekanik tanah. Pengujian material tanah dilakukan

untuk mendapatkan hasil spesifikasi sesuai ketentuan standar. Sehingga pengujian yang diperoleh sesuai yang di rencanakan. Pada pengujian ini dilakukan di laboratorium teknik sipil Universitas Islam Malang. Pengujian laboratorium terhadap sampel tanah menghasilkan parameter-parameter dengan nilai sebagai berikut:

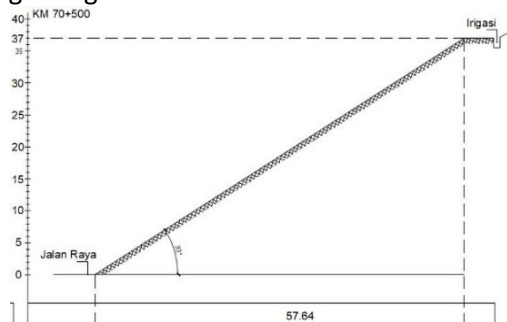
- Kadar air : 83,9%
- Berat Jenis : 1,88 gr/cm³
- Berat volume : 9,91 kN/m³
- Analisa ukuran butiran : Pasir gradasi buruk (SP)

Pada uji geser langsung menghasilkan nilai sebagai berikut:

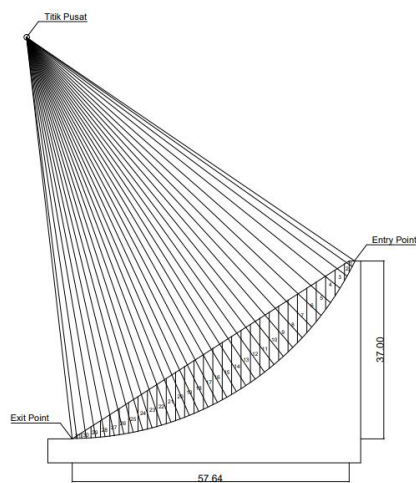
- Sudut geser dalam : 37,12°
- Kohesi : 6,839 kN/m²

4.2 Geometri Lereng

Lereng pada KM 70+500 memiliki tinggi 37 m dengan kemiringan 33°, yang termasuk kategori lereng curam pada daerah pegunungan.



Gambar 7. Kondisi Lereng Eksisting
Sumber: (Analisa Pemodelan AutoCAD, 2025)



Gambar 8. Pembagian Pias Pada Lereng
Sumber: (Analisa Pemodelan AutoCAD, 2025)

Gambar 8. menampilkan pembagian irisan dilakukan secara vertikal dengan ukuran berdasarkan asumsi untuk memudahkan perhitungan keseimbangan gaya dan momen. Pada penelitian ini, lereng dibagi menjadi 31 irisan guna memperoleh representasi kondisi aktual dan meningkatkan ketelitian analisis.

4.2 Karakteristik Tanah

Hasil pengujian laboratorium memberikan gambaran yang jelas mengenai sifat fisik dan mekanis tanah pada lokasi penelitian. Nilai berat volume tanah (γ) sebesar 9,91 kN/m³ menunjukkan bahwa tanah tersebut tergolong relatif ringan, yang umumnya berkaitan dengan material berbutir kasar seperti pasir. Kondisi ini mencerminkan struktur tanah yang didominasi oleh rongga antar butiran yang cukup besar, sehingga kepadatan alaminya tidak terlalu tinggi.

Hasil pengujian kuat geser menunjukkan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 37,12°, yang tergolong tinggi untuk jenis tanah pasir. Nilai ini mengindikasikan bahwa tanah memiliki kemampuan saling bertautan antar butiran yang baik, sehingga gaya gesek internal yang terbentuk cukup besar.

Nilai kohesi (c) yang diperoleh sebesar 6,839 kN/m² menunjukkan adanya kontribusi kohesi yang relatif kecil. Pada tanah pasir, nilai kohesi ini umumnya bersifat semu dan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti keberadaan fraksi halus dalam jumlah sangat sedikit, tingkat pemadatan, serta kondisi kadar air saat pengujian dilakukan.

Berdasarkan hasil analisis ukuran butiran, tanah diklasifikasikan sebagai pasir bergradasi buruk (SP) menurut *Unified Soil Classification System* (USCS). Klasifikasi ini menunjukkan bahwa distribusi ukuran butiran tidak merata dan hampir tidak mengandung butiran halus. Kondisi tersebut menyebabkan tanah memiliki permeabilitas yang relatif tinggi serta kekuatan yang sangat bergantung pada tingkat kepadatan dan kondisi tegangan efektif.

Tanah pada lokasi penelitian didominasi gesekan antar butiran pasir, sehingga parameter sudut geser dalam (ϕ) menjadi parameter utama dalam analisis ini.

4.3 Analisis Stabilitas Lereng Metode Bishop

Tabel 1. Hasil Perhitungan Manual Metode Bishop

FS Ruas Kiri	Irisan No.	c	φ	γ	Luas Irisan	Wn (kN/m)	α (°)	sin α	cos α	bn	tan φ	Wn . sin α	Wn . tan φ	c. bn	Fs Ruas Kanan	man	(c. bn + Wn . tan φ).(1/m.α)	
1,57	1	6,839	37,12	9,91	1,36	13,51	55	0,819	0,574	1,18	0,757	11,064	10,222	8,070	1,54	0,98	18,739	
	2	6,839	37,12	9,91	3,27	32,37	53	0,799	0,602	1,14	0,757	25,849	24,497	7,796	1,54	0,99	32,478	
	3	6,839	37,12	9,91	10,17	100,82	51	0,777	0,629	2,32	0,757	78,349	76,302	15,866	1,54	1,01	91,143	
	4	6,839	37,12	9,91	14,23	141,05	49	0,755	0,656	2,32	0,757	106,453	106,753	15,866	1,54	1,03	119,400	
	5	6,839	37,12	9,91	17,54	173,81	47	0,731	0,682	2,32	0,757	127,119	131,549	15,866	1,54	1,04	141,552	
	6	6,839	37,12	9,91	20,24	200,60	45	0,707	0,707	2,32	0,757	141,844	151,821	15,866	1,54	1,05	159,003	
	7	6,839	37,12	9,91	22,45	222,44	43	0,682	0,731	2,32	0,757	151,704	168,352	15,866	1,54	1,07	172,728	
	8	6,839	37,12	9,91	24,22	240,03	41	0,656	0,755	2,32	0,757	157,473	181,664	15,866	1,54	1,08	183,385	
	9	6,839	37,12	9,91	25,62	253,94	39	0,629	0,777	2,32	0,757	159,808	192,191	15,866	1,54	1,09	191,506	
	10	6,839	37,12	9,91	26,69	264,51	37	0,602	0,799	2,32	0,757	159,188	200,195	15,866	1,54	1,09	197,425	
	11	6,839	37,12	9,91	27,45	271,99	35	0,574	0,819	2,32	0,757	156,005	205,851	15,866	1,54	1,10	201,371	
	12	6,839	37,12	9,91	27,93	276,81	34	0,559	0,829	2,32	0,757	154,792	209,505	15,866	1,54	1,10	204,167	
	13	6,839	37,12	9,91	28,16	279,11	32	0,530	0,848	2,32	0,757	147,907	211,245	15,866	1,54	1,11	204,885	
FS Ruas Kiri	Irisan No.	c	φ	γ	Luas Irisan	Wn (kN/m)	α (°)	sin α	cos α	bn	tan φ	Wn . sin α	Wn . tan φ	c. bn	Fs Ruas Kanan	man	(c. bn + Wn . tan φ).(1/m.α)	
1,57	14	6,839	37,12	9,91	28,16	279,11	31	0,515	0,857	2,32	0,757	143,754	211,245	15,866	1,54	1,11	204,552	
	15	6,839	37,12	9,91	27,94	276,93	29	0,485	0,875	2,32	0,757	134,258	209,592	15,866	1,54	1,11	202,589	
	16	6,839	37,12	9,91	27,52	272,68	28	0,469	0,883	2,32	0,757	128,013	206,373	15,866	1,54	1,11	199,555	
	17	6,839	37,12	9,91	26,90	266,58	26	0,438	0,899	2,32	0,757	116,862	201,761	15,866	1,54	1,11	195,316	
	18	6,839	37,12	9,91	26,10	258,65	25	0,423	0,906	2,32	0,757	109,311	195,758	15,866	1,54	1,11	189,967	
	19	6,839	37,12	9,91	25,13	248,99	23	0,391	0,921	2,32	0,757	97,290	188,450	15,866	1,54	1,11	183,650	
	20	6,839	37,12	9,91	23,97	237,50	22	0,375	0,927	2,32	0,757	88,969	179,750	15,866	1,54	1,11	176,027	
	21	6,839	37,12	9,91	22,64	224,39	21	0,358	0,934	2,32	0,757	80,416	169,831	15,866	1,54	1,11	167,340	
	22	6,839	37,12	9,91	21,17	209,79	19	0,326	0,946	2,32	0,757	68,302	158,782	15,866	1,54	1,11	157,978	
	23	6,839	37,12	9,91	19,55	193,70	18	0,309	0,951	2,32	0,757	59,857	146,601	15,866	1,54	1,10	147,306	
	24	6,839	37,12	9,91	17,77	176,11	16	0,276	0,961	2,32	0,757	48,543	133,290	15,866	1,54	1,10	136,001	
	25	6,839	37,12	9,91	15,86	157,14	15	0,259	0,966	2,32	0,757	40,672	118,934	15,866	1,54	1,09	123,317	
	26	6,839	37,12	9,91	13,80	136,80	14	0,242	0,970	2,32	0,757	33,094	103,534	15,866	1,54	1,09	109,624	
	27	6,839	37,12	9,91	11,60	114,96	12	0,208	0,978	2,32	0,757	23,901	87,004	15,866	1,54	1,08	95,221	
	28	6,839	37,12	9,91	9,26	91,73	11	0,191	0,982	2,32	0,757	17,504	69,429	15,866	1,54	1,08	79,315	
	29	6,839	37,12	9,91	6,77	67,13	10	0,174	0,985	2,32	0,757	11,658	50,810	15,866	1,54	1,07	62,306	
	30	6,839	37,12	9,91	4,15	41,15	8	0,139	0,990	2,32	0,757	5,728	31,147	15,866	1,54	1,06	44,409	
	31	6,839	37,12	9,91	1,40	13,91	7	0,122	0,993	2,32	0,757	1,695	10,527	15,866	1,54	1,05	25,079	
												2785,687						4392,254

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2025)

SF

$$= \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c \cdot bn + Wn \cdot \tan \phi] \cdot \left(\frac{1}{m \cdot \alpha}\right)}{\sum_{i=1}^i Wn \cdot \sin \alpha}$$
$$= \frac{4392,254}{2785,687} = 1,57$$

Hasil perhitungan secara manual menunjukkan nilai *Safety Factor* dengan metode bishop adalah 1,57 > 1,50.

4.4 Analisis Stabilitas Lereng Metode Fellenius

Tabel 2. Hasil Perhitungan Manual Metode Fellenius

FS Ruas Kiri	Irisan No.	c	φ	γ	Luas Irisan	Wn (kN/m)	α (°)	sin α	cos α	bn	tan φ	Wn . sin α	Wn . cos α	c. bn	c . bn + tanφ (Wn . Cos α)	
1,50	1	6,839	37,12	9,91	1,36	13,51	55	0,819	0,574	1,18	0,757	11,064	7,747	8,070	13,933	
	2	6,839	37,12	9,91	3,27	32,37	53	0,799	0,602	1,14	0,757	25,849	19,479	7,796	22,539	
	3	6,839	37,12	9,91	10,17	100,82	51	0,777	0,629	2,32	0,757	78,349	63,446	15,866	63,885	
	4	6,839	37,12	9,91	14,23	141,05	49	0,755	0,656	2,32	0,757	106,453	92,538	15,866	85,903	
	5	6,839	37,12	9,91	17,54	173,81	47	0,731	0,682	2,32	0,757	127,119	118,541	15,866	105,583	
	6	6,839	37,12	9,91	20,24	200,60	45	0,707	0,707	2,32	0,757	141,844	141,844	15,866	123,220	
	7	6,839	37,12	9,91	22,45	222,44	43	0,682	0,731	2,32	0,757	151,704	162,682	15,866	138,991	
	8	6,839	37,12	9,91	24,22	240,03	41	0,656	0,755	2,32	0,757	157,473	181,152	15,866	152,970	
	9	6,839	37,12	9,91	25,62	253,94	39	0,629	0,777	2,32	0,757	159,808	197,347	15,866	165,227	
	10	6,839	37,12	9,91	26,69	264,51	37	0,602	0,799	2,32	0,757	159,188	211,250	15,866	175,750	
	11	6,839	37,12	9,91	27,45	271,99	35	0,574	0,819	2,32	0,757	156,005	222,798	15,866	184,489	
	12	6,839	37,12	9,91	27,93	276,81	34	0,559	0,829	2,32	0,757	154,792	229,489	15,866	189,554	
	13	6,839	37,12	9,91	28,16	279,11	32	0,530	0,848	2,32	0,757	147,907	236,701	15,866	195,012	
	14	6,839	37,12	9,91	28,16	279,11	31	0,515	0,857	2,32	0,757	143,754	239,247	15,866	196,939	
	15	6,839	37,12	9,91	27,94	276,93	29	0,485	0,875	2,32	0,757	134,258	242,208	15,866	199,180	
	16	6,839	37,12	9,91	27,52	272,68	28	0,469	0,883	2,32	0,757	128,013	240,758	15,866	198,083	
	17	6,839	37,12	9,91	26,90	266,58	26	0,438	0,899	2,32	0,757	116,862	239,603	15,866	197,208	
	18	6,839	37,12	9,91	26,10	258,65	25	0,423	0,906	2,32	0,757	109,311	234,417	15,866	193,284	
	19	6,839	37,12	9,91	25,13	248,99	23	0,391	0,921	2,32	0,757	97,290	229,201	15,866	189,336	
	20	6,839	37,12	9,91	23,97	237,50	22	0,375	0,927	2,32	0,757	88,969	220,205	15,866	182,527	
	21	6,839	37,12	9,91	22,64	224,39	21	0,358	0,934	2,32	0,757	80,416	209,490	15,866	174,417	
	22	6,839	37,12	9,91	21,17	209,79	19	0,326	0,946	2,32	0,757	68,302	198,365	15,866	165,997	
	23	6,839	37,12	9,91	19,55	193,70	18	0,309	0,951	2,32	0,757	59,857	184,220	15,866	155,292	
	24	6,839	37,12	9,91	17,77	176,11	16	0,276	0,961	2,32	0,757	48,543	169,290	15,866	143,993	
	25	6,839	37,12	9,91	15,86	157,14	15	0,259	0,966	2,32	0,757	40,672	151,790	15,866	130,748	
	26	6,839	37,12	9,91	13,80	136,80	14	0,242	0,970	2,32	0,757	33,094	132,734	15,866	116,325	
	27	6,839	37,12	9,91	11,60	114,96	12	0,208	0,978	2,32	0,757	23,901	112,444	15,866	100,969	
	28	6,839	37,12	9,91	9,26	91,73	11	0,191	0,982	2,32	0,757	17,504	90,049	15,866	84,020	
	29	6,839	37,12	9,91	6,77	67,13	10	0,174	0,985	2,32	0,757	11,658	66,114	15,866	65,905	
	30	6,839	37,12	9,91	4,15	41,15	8	0,139	0,990	2,32	0,757	5,728	40,754	15,866	46,711	
	31	6,839	37,12	9,91	1,40	13,91	7	0,122	0,993	2,32	0,757	1,695	13,806	15,866	26,315	
Jumlah Σ												2787,382	4184,305			

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2025)

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n c \cdot \tan \alpha + W_n \cos \alpha}{\sum_{i=1}^n W_n \sin \alpha} = \frac{4184,305}{2787,382} = 1,50$$

Hasil perhitungan secara manual menunjukkan nilai *Safety Factor* dengan metode fellenius adalah $1,50 = 1,50$.

4.5 Analisis Stabilitas Lereng Metode Janbu

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n (c \cdot \tan \alpha + W_n \cos \alpha) \sec \alpha}{\sum_{i=1}^n W_n \tan \alpha} = \frac{4184,305}{2787,382} = 1,43$$

Faktor keamanan dari hasil perhitungan metode Janbu, selanjutnya dilakukan perhitungan faktor koreksi (f_o) untuk menyesuaikan hasil perhitungan terhadap kondisi keseimbangan sebenarnya. Faktor koreksi dihitung menggunakan rumus empiris.

$$f_o = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$f_o = 1 + 0,50 \left[\frac{26,58}{69,6} - 1,4 \left(\frac{26,58}{69,6} \right)^2 \right] = 1,089$$

Nilai faktor koreksi tersebut kemudian dikalikan dengan faktor keamanan hasil perhitungan metode Janbu untuk memperoleh faktor keamanan akhir.

Fk akhir = $f_o \times F_k$

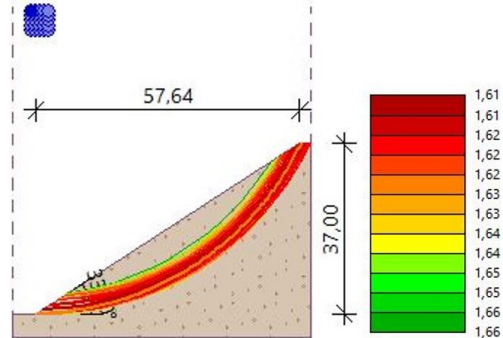
Fk akhir = $1,089 \times 1,43$

= 1,56

Hasil perhitungan secara manual menunjukkan nilai faktor keamanan akhir dengan metode janbu adalah $1,56 > 1,50$.

4.6 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Geo5

4.6.1 Metode Janbu



Gambar 9. Hasil Analisis GEO5 Metode Bishop
Sumber : (Analisis GEO5, 2025)

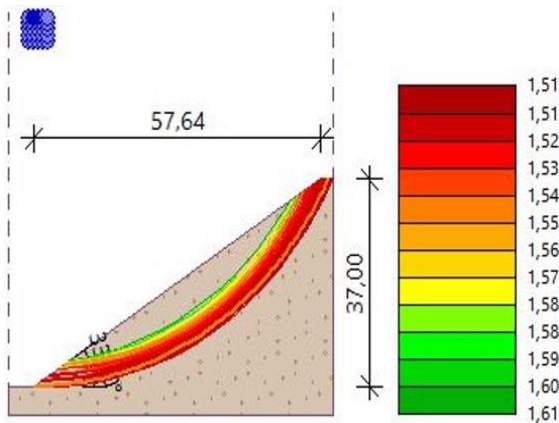
Hasil faktor keamanan menggunakan *software* GEO5 diketahui adalah $1,61 > 1,50$. pada perangkat lunak, proses iterasi dilakukan secara otomatis dan berulang hingga mencapai kondisi keseimbangan yang paling stabil. Hal ini membuat perangkat lunak mampu memperhitungkan gaya antar irisan dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Manual Metode Janbu

FS Ruas Kiri	Irisan No.	c	ϕ	γ	Luas Irisan	Wn (kN/m)	α (°)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	bn	$\tan \phi$	Wn . cos α	Wn . tan α	sec α	c . bn	(c . bn + Wn . cos $\alpha \tan \phi$) sec α
1,43	1	6,839	37,12	9,91	1,36	13,51	55	0,819	0,574	1,428	1,18	###	7,747	19,289	1,743	8,070	24,292
	2	6,839	37,12	9,91	3,27	32,37	53	0,799	0,602	1,327	1,14	###	19,479	42,953	1,662	7,796	37,452
	3	6,839	37,12	9,91	10,17	100,82	51	0,777	0,629	1,235	2,32	###	63,446	124,498	1,589	15,866	101,514
FS Ruas Kiri	Irisan No.	c	ϕ	γ	Luas Irisan	Wn (kN/m)	α (°)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	bn	$\tan \phi$	Wn . cos α	Wn . tan α	sec α	c . bn	(c . bn + Wn . cos $\alpha \tan \phi$) sec α
1,43	4	6,839	37,12	9,91	14,23	141,05	49	0,755	0,656	1,150	2,32	###	92,538	162,261	1,524	15,866	130,938
	5	6,839	37,12	9,91	17,54	173,81	47	0,731	0,682	1,072	2,32	###	118,541	186,392	1,466	15,866	154,814
	6	6,839	37,12	9,91	20,24	200,60	45	0,707	0,707	1,000	2,32	###	141,844	200,598	1,414	15,866	174,260
	7	6,839	37,12	9,91	22,45	222,44	43	0,682	0,731	0,933	2,32	###	162,682	207,429	1,367	15,866	190,047
	8	6,839	37,12	9,91	24,22	240,03	41	0,656	0,755	0,869	2,32	###	181,152	208,653	1,325	15,866	202,687
	9	6,839	37,12	9,91	25,62	253,94	39	0,629	0,777	0,810	2,32	###	197,347	205,635	1,287	15,866	212,607
	10	6,839	37,12	9,91	26,69	264,51	37	0,602	0,799	0,754	2,32	###	211,250	199,325	1,252	15,866	220,062
	11	6,839	37,12	9,91	27,45	271,99	35	0,574	0,819	0,700	2,32	###	222,798	190,447	1,221	15,866	225,220
	12	6,839	37,12	9,91	27,93	276,81	34	0,559	0,829	0,675	2,32	###	229,489	186,713	1,206	15,866	228,643
	13	6,839	37,12	9,91	28,16	279,11	32	0,530	0,848	0,625	2,32	###	236,701	174,409	1,179	15,866	229,954
	14	6,839	37,12	9,91	28,16	279,11	31	0,515	0,857	0,601	2,32	###	239,247	167,708	1,167	15,866	229,755
	15	6,839	37,12	9,91	27,94	276,93	29	0,485	0,875	0,554	2,32	###	242,208	153,504	1,143	15,866	227,733
	16	6,839	37,12	9,91	27,52	272,68	28	0,469	0,883	0,532	2,32	###	240,758	144,984	1,133	15,866	224,343
	17	6,839	37,12	9,91	26,90	266,58	26	0,438	0,899	0,488	2,32	###	239,603	130,021	1,113	15,866	219,415
	18	6,839	37,12	9,91	26,10	258,65	25	0,423	0,906	0,466	2,32	###	234,417	120,611	1,103	15,866	213,265
	19	6,839	37,12	9,91	25,13	248,99	23	0,391	0,921	0,424	2,32	###	229,201	105,692	1,086	15,866	205,687
	20	6,839	37,12	9,91	23,97	237,50	22	0,375	0,927	0,404	2,32	###	220,205	95,956	1,079	15,866	196,862
	21	6,839	37,12	9,91	22,64	224,39	21	0,358	0,934	0,384	2,32	###	209,490	86,137	1,071	15,866	186,826
	22	6,839	37,12	9,91	21,17	209,79	19	0,326	0,946	0,344	2,32	###	198,365	72,238	1,058	15,866	175,562
	23	6,839	37,12	9,91	19,55	193,70	18	0,309	0,951	0,325	2,32	###	184,220	62,937	1,051	15,866	163,284
	24	6,839	37,12	9,91	17,77	176,11	16	0,276	0,961	0,287	2,32	###	169,290	50,499	1,040	15,866	149,795
	25	6,839	37,12	9,91	15,86	157,14	15	0,259	0,966	0,268	2,32	###	151,790	42,107	1,035	15,866	135,360
	26	6,839	37,12	9,91	13,80	136,80	14	0,242	0,970	0,249	2,32	###	132,734	34,107	1,031	15,866	119,887
	27	6,839	37,12	9,91	11,60	114,96	12	0,208	0,978	0,213	2,32	###	112,444	24,435	1,022	15,866	103,225
	28	6,839	37,12	9,91	9,26	91,73	11	0,191	0,982	0,194	2,32	###	90,049	17,831	1,019	15,866	85,592
	29	6,839	37,12	9,91	6,77	67,13	10	0,174	0,985	0,176	2,32	###	66,114	11,838	1,015	15,866	66,921
	30	6,839	37,12	9,91	4,15	41,15	8	0,139	0,990	0,141	2,32	###	40,754	5,784	1,010	15,866	47,170
	31	6,839	37,12	9,91	1,40	13,91	7	0,122	0,993	0,123	2,32	###	13,806	1,708	1,008	15,866	26,513
Jumlah Z														3436,700			4909,685

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2025)

4.6.2 Metode Fellenius

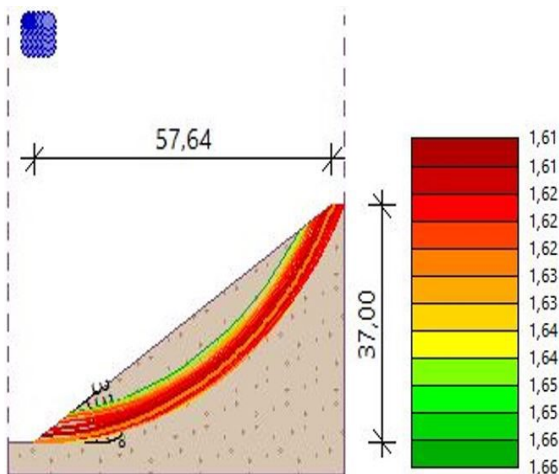


Gambar 9. Hasil Analisis GEO5 Metode Fellenius

Sumber : (Analisis GEO5, 2025)

Hasil faktor keamanan menggunakan *software* GEO5 diketahui adalah $1,51 > 1,50$. Perbedaan kecil tersebut terjadi karena metode Fellenius tidak memperhitungkan gaya antar irisan secara rinci, sementara perangkat lunak melakukan perhitungan iteratif yang lebih presisi.

4.6.3 Metode Janbu



Gambar 10. Hasil Analisis GEO5 Metode Janbu

Sumber : (Analisis GEO5, 2025)

Berdasarkan hasil perhitungan metode Janbu, diperoleh nilai faktor keamanan secara manual sebesar 1,56, sedangkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak menunjukkan nilai 1,61. Perbedaan nilai faktor keamanan antara metode manual dan perangkat lunak bukan merupakan kesalahan, tetapi lebih pada efek dari tingkat presisi dan pendekatan numerik yang digunakan.

4.7 Faktor Keamanan Perhitungan Manual Dan Analisis *Software* Geo5

Tabel 4. Hasil Perhitungan SF Manual dan Analisa *Software* GEO5

Metode Analisis	Faktor Keamanan (Manual)	Faktor Keamanan (GEO5)	Selisih (ΔSF)	Keterangan
Bishop	1,57	1,61	0,04	Lereng stabil dan aman (SF > 1,50)
Fellenius	1,5	1,51	0,01	Lereng dalam batas aman, stabilitas cukup
Janbu	1,56	1,61	0,05	Lereng stabil dan aman (SF > 1,50)

Sumber : (Hasil Perhitungan, 2025)

Berdasarkan hasil analisis, nilai faktor keamanan (SF) pada perhitungan manual maupun perangkat lunak GEO5 menunjukkan kondisi lereng yang stabil dengan $SF > 1,50$. Perbedaan nilai yang sangat kecil mencerminkan perbedaan tingkat presisi, di mana perhitungan manual cenderung menyederhanakan gaya antar irisan, sedangkan GEO5 melakukan iterasi numerik berulang sehingga menghasilkan estimasi yang lebih teliti.

Meskipun secara teoritis lereng berada dalam kondisi aman, karakteristik kestabilannya sangat sensitif terhadap perubahan kadar air. Pada kondisi jenuh akibat curah hujan tinggi, kekuatan geser tanah dapat menurun sehingga nilai SF berpotensi turun mendekati atau bahkan di bawah batas aman. Pemeliharaan sistem drainase dan pengendalian aliran permukaan menjadi tindakan preventif penting untuk menjaga kestabilan lereng secara berkelanjutan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Analisis Stabilitas Lereng pada KM 70+500 Ruas Jalan Raya Sumberbrantas Pacet Kabupaten Mojokerto Menggunakan *Software* GEO5, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa tanah di lokasi termasuk jenis pasir bergradasi buruk (SP) dengan sudut geser dalam $37,12^\circ$ dan kohesi $6,839 \text{ kN/m}^2$. Dengan sifat ini, daya dukung lereng lebih dominan dipengaruhi oleh gaya gesek antar butiran dibanding kohesi.
- Hasil perhitungan manual dan simulasi *software* GEO5

- a. Perhitungan manual menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,57 (Bishop), 1,50 (Fellenius), dan 1,56 (Janbu setelah koreksi). Ketiga nilai tersebut berada pada batas aman ($SF > 1,50$), sehingga kondisi lereng dikategorikan stabil.
 - b. Analisis menggunakan perangkat lunak GEO5 memperoleh nilai faktor keamanan 1,61 (Bishop), 1,51 (Fellenius), dan 1,61 (Janbu). Proses iterasi numerik yang dilakukan software memungkinkan perhitungan lebih teliti terhadap gaya antar irisan.
3. Perbandingan hasil perhitungan manual dan simulasi software GEO5 menunjukkan kesesuaian. Hasil dari GEO5 lebih representatif karena mempertimbangkan geometri dan bidang gelincir lebih secara komprehensif.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pemantauan kondisi lereng secara berkala, terutama saat musim hujan, untuk mengantisipasi penurunan stabilitas.
2. Sistem drainase perlu ditingkatkan agar tidak terjadi penumpukan air dalam tubuh lereng.
3. Jika faktor keamanan mendekati batas minimum, dapat diterapkan stabilisasi seperti vegetasi berakar kuat, bronjong, atau *soil nailing*.
4. Disarankan dilakukan analisis lanjutan menggunakan *Finite Element Method (FEM)* atau analisis *seepage* untuk memperoleh hasil yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Santoso, E. Noerhayati, dan W. Warsito, "Studi Alternatif Perkuatan Lereng pada Sisi Pelimpah Bendungan Jlantah Kabupaten Karanganyar," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 13, no. 1, hal. 344–353, 2023.
- [2] C. P. Arifin, R. Rochmawati, dan G. R. Kololikiye, "STUDI EVALUASI STABILITAS LERENG PADA JALAN TOL PROBOLINGGO-BANYUWANGI STA. 38+ 475 MENGGUNAKAN SOFTWARE GEOSTUDIO 2024," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 15, no. 2, hal. 104–114, 2025.
- [3] S. Khodijah, U. S. Monica, J. Ersyari, N. Khoirullah, dan R. I. Sophian, "Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas Dalam Kondisi Statis Dan Dinamis Pada Pit X, Tanjung Enim, Sumatra Selatan," *Geosci. J.*, vol. 6, no. 4, hal. 1030–1037, 2022.
- [4] G. F. Achmad dan A. Kawanda, "PERANCANGAN STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN SOIL NAILING MENGGUNAKAN METODE BISHOP, FELLENIUS, JANBU, DAN PROGRAM GEO5," in *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 2022, hal. 185–190.
- [5] A. G. Ramadhan, A. Sefrina, dan H. Farichah, "Stabilitas Lereng Perkuatan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Software GEO5 dan Perhitungan Empiris pada Proyek Jalan Lintas Selatan Lot 1A STA 4+ 600," *J. Talent. Sipil*, vol. 8, no. 1, hal. 205–213, 2025.
- [6] Diskominfo, "BPBD WASPADAI 20 DAERAH DI JATIM RAWAN LONGSOR," Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur. [Daring]. Tersedia pada: <https://kominformojatimprov.go.id/berita/38390>
- [7] D. P. Panoto, "penilaian tingkat kerawanan longsor di kecamatan pacet, kabupaten mojokerto menggunakan teknik machine learning: kombinasi model logistic regression dan frequency ratio (lr-fr)/damar panoto." Universitas Negeri Malang, 2021.
- [8] Arditya, "Percepat Penanganan Longsor di Pacet, DPU Bina Marga Jatim Mulai Pasang Dinding Penahan Tanah dan Normalisasi Lereng," Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Jawa Timur. [Daring]. Tersedia pada: <https://binamarga.jatimprov.go.id/percepat-penanganan-longsor-di-pacet-dpu-bina-marga-jatim-mulai-pasang-dinding-penahan-tanah-dan-normalisasi-lereng/>
- [9] J. Hartono, M. Saleh, dan G. Primaswari, "Stabilitas Lereng Timbunan Sta. 24+ 100 Jalan Akses Pulau Balang Menggunakan GeoStudio," *J. Inov. Konstr.*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [10] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah* 1, 7 ed. Yogyakarta: UGM Press, 2019.
- [11] GEO5, "Geotechnical Software Suite GEO5 Engineering Manuals." [Daring]. Tersedia pada: www.finesoftware.eu