

EVALUASI STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN METODE FELLENIOUS DAN SOFTWARE PLAXIS (STUDI KASUS: RUAS JALAN SIMPANG KUMPULAN-SIMPANG TAMAN KM. 102+100, KABUPATEN AGAM)

Dellarosa Finnanda¹, Syahril Rahmat², Juniman Silalahi³, Agri Americo Agamuddin⁴
^{1, 2, 3, 4}Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Padang, Sumatera Barat, Indonesia
Email: dellarosa080104@gmail.com

Article History

Received: 02-05-2026

Revision: 25-05-2026

Accepted: 29-05-2026

Published: 03-06-2026

Abstract. Road on Simpang Kumpulan–Simpang Taman section at Km. 102+100 in Agam Regency is one of the vital transportation routes in West Sumatra that frequently experiences disruptions due to landslides. This study aims to evaluate the stability of the existing slope at the location. The evaluation was carried out using two approaches: manual calculation using the Fellenius Method and numerical analysis using Plaxis 2D software. Research data were obtained from field soil testing (N-SPT) and the geometry of the existing slope. The analysis results indicate that the existing slope is in an unstable condition. The Factor of Safety (FS) of the existing slope using the manual Fellenius Method was 0.9, while the analysis using Plaxis 2D yielded 1.167. Both values are below the minimum requirement specified by SNI 8460:2017 ($FS \geq 1.5$). This study also compares the results of manual calculations and numerical analysis, which show reasonably good agreement. The findings of this research are expected to provide recommendations regarding the safety level of slopes in landslide-prone areas and serve as a consideration for slope stabilization efforts in Agam Regency.

Keywords: Slope Stability, Fellenius Method, Plaxis 2D, Factor of Safety, Agam Regency, Landslide

Abstrak. Ruas Jalan Simpang Kumpulan–Simpang Taman Km. 102+100 di Kabupaten Agam merupakan salah satu jalur transportasi vital di Sumatera Barat yang sering mengalami gangguan akibat longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas lereng eksisting pada lokasi tersebut. Evaluasi dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu perhitungan manual menggunakan Metode Fellenius dan analisis numerik menggunakan *software Plaxis 2D*. Data penelitian diperoleh dari hasil pengujian tanah di lapangan (N-SPT) dan data geometri lereng eksisting. Hasil analisis menunjukkan bahwa lereng eksisting berada dalam kondisi tidak stabil. Nilai Faktor Keamanan (FS) lereng eksisting menggunakan Metode Fellenius secara manual sebesar 0,9, sedangkan menggunakan Plaxis 2D sebesar 1,167. Kedua nilai tersebut berada di bawah batas minimum yang disyaratkan SNI 8460:2017 ($FS \geq 1,5$). Penelitian ini juga membandingkan hasil perhitungan manual dan analisis numerik, yang menunjukkan kesesuaian yang cukup baik. Hasil penelitian ini merekomendasi tingkat keamanan lereng di daerah rawan longsor serta menjadi bahan pertimbangan bagi upaya penanganan lereng di Kabupaten Agam.

Kata Kunci: Stabilitas Lereng, Metode Fellenius, Plaxis 2D, Faktor Keamanan

How to Cite: Finnanda, D., Rahmat, S., Silalahi, J., & Agamuddin, A. A. (2026). Evaluasi Stabilitas Lereng Menggunakan Metode *Fellenius* dan *Software Plaxis* (Studi Kasus: Ruas Jalan Simpang Kumpulan-Simpang Taman Km. 102+100, Kabupaten Agam). *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 4 (3), 1540-1553. <http://doi.org/10.54373/hijm.v4i3.5571>

PENDAHULUAN

Ruas Jalan Simpang Kumpulan–Simpang Taman Km. 102+100 di Kabupaten Agam merupakan jalur transportasi vital di Sumatera Barat yang sering mengalami gangguan akibat tanah longsor. Lereng di lokasi tersebut memiliki kemiringan curam dan tersusun atas tanah lempung dengan kekuatan geser rendah, sehingga sangat rentan mengalami kegagalan, terutama pada musim hujan.



Gambar 1. Bencana longsor Jalan SP. Kumpulan-SP. Taman

Peristiwa longsor tersebut mengakibatkan badan jalan terputus, sementara material tanah menutupi sebagian jalur. Kondisi ini tampak jelas pada bagian lereng yang curam dan jenuh air, sehingga kekuatan geser tanah menurun dan memicu terjadinya longsor. Dampak dari kejadian ini adalah terganggunya akses transportasi serta meningkatnya risiko bagi keselamatan pengguna jalan.

Kondisi ini menyebabkan lereng eksisting berada dalam keadaan tidak stabil dan berpotensi membahayakan keselamatan pengguna jalan serta kelancaran logistik regional. Menurut SNI 8460:2017 dan penelitian terbaru mengenai stabilitas lereng, lereng permanen dituntut memiliki faktor keamanan (*Factor of Safety/FS*) minimum sebesar 1,5 untuk meminimalkan risiko kegagalan lereng pada kondisi jenuh air maupun beban lingkungan lainnya (Duncan et al., 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas lereng eksisting pada ruas Jalan Simpang Kumpulan–Simpang Taman Km. 102+100 menggunakan dua pendekatan, yaitu Metode *Fellenius (Ordinary Method of Slices)* secara manual dan analisis numerik berbasis *Finite Element Method* dengan *software Plaxis 2D*. Analisis dilakukan untuk menghitung dan membandingkan nilai faktor keamanan lereng dari kedua metode sehingga dapat diketahui tingkat kestabilan lereng serta tingkat kesesuaian hasil yang diperoleh. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan memberikan solusi teknis sebagai dasar mitigasi longsor pada daerah rawan bencana melalui rekomendasi penanganan lereng

berdasarkan hasil evaluasi faktor keamanan, seperti perbaikan sistem drainase lereng, pengurangan sudut kemiringan lereng (*regrading*), pemasangan dinding penahan tanah, serta penggunaan perkuatan lereng apabila diperlukan. Dengan mengetahui nilai faktor keamanan lereng secara aktual, upaya penanganan dapat direncanakan secara lebih tepat dan efisien sehingga risiko longsor dapat diminimalkan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas analisis stabilitas lereng menggunakan metode kesetimbangan batas maupun metode elemen hingga. Penelitian oleh Febrijanto et al., (2024) menganalisis stabilitas dinding penahan tanah menggunakan pendekatan numerik dan memperoleh bahwa metode elemen hingga mampu memberikan hasil deformasi yang lebih rinci. Penelitian lain oleh Hardiyatmo (2018) menjelaskan bahwa metode *Fellenius* cukup efektif digunakan untuk analisis awal kestabilan lereng karena prosedurnya sederhana dan mudah diaplikasikan. Selain itu, penelitian terkait penggunaan *Plaxis 2D* pada analisis lereng menunjukkan bahwa metode elemen hingga mampu menggambarkan distribusi tegangan dan bidang longsor secara lebih realistis dibandingkan metode manual. Penelitian oleh Prakash & Kumar (2021) menunjukkan bahwa metode elemen hingga mampu memberikan hasil analisis deformasi lereng yang lebih rinci dibandingkan metode kesetimbangan batas konvensional. Chen et al., (2021) juga menjelaskan bahwa penggunaan *Plaxis* pada analisis stabilitas lereng dapat merepresentasikan distribusi tegangan dan deformasi tanah secara lebih realistis, terutama pada kondisi tanah jenuh akibat curah hujan tinggi. Sementara itu, Zhang et al., (2022) menyatakan bahwa metode *Fellenius* masih cukup efektif digunakan sebagai pendekatan awal dalam evaluasi kestabilan lereng karena prosedurnya sederhana dan mudah diaplikasikan.

Namun demikian, penelitian terdahulu umumnya hanya berfokus pada salah satu metode analisis atau pada kasus lereng tertentu. Penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) karena melakukan evaluasi stabilitas lereng eksisting pada lokasi rawan longsor di Kabupaten Agam dengan membandingkan secara langsung hasil analisis Metode *Fellenius* dan pemodelan numerik *Plaxis 2D 22* pada kondisi tanah aktual berdasarkan data N-SPT lapangan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan interpretasi kesesuaian hasil kedua metode sebagai dasar rekomendasi mitigasi longsor pada ruas jalan yang menjadi objek penelitian.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dimana data yang diperoleh akan diolah dengan perhitungan matematika menggunakan metode *Fellenius* secara manual dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan menggunakan perangkat lunak *Plaxis 2D 22*.

Lokasi Penelitian

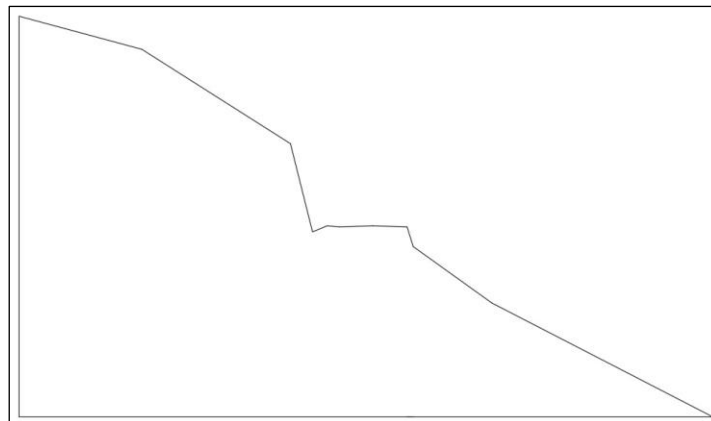
Lokasi penelitian berada di ruas Jalan SP. Kumpulan – SP. Taman Km 123+005, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 2. Peta lokasi Jalan Simpang Kumpulan-Simpang Taman Km. 102+100
(Sumber: Dokumen pribadi *Google Maps*, 2025)

Data Kondisi Lereng

Berdasarkan data kondisi lereng yang diperoleh, berikut gambar kondisi lerengnya:



Gambar 3. Potongan melintang
(Sumber: Dokumen pribadi *AutoCAD 2023*, 2026)

Data Hasil Pengujian Tanah

Berdasarkan hasil pengujian *boring log* yang diperoleh, didapatkan nilai N-SPT, seperti tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data N-SPT

SOIL INVESTIGATION				GEOLOGIC DRILLING LOG									
Elevasi : - 00.00 meter dari muka jalan nasional				PEKERJAAN : PERENCANAAN LONGSORAN TAHUN 2024									
LOCATION : Km 10 + 100 Road, Jalan By. Kamparan - Sg. Tapan				BORE HOLE NUMBER : 01									
DATE : 08 Mei 2024				BORING WATCHING : YBM 02			Company Name						
TOTAL DEPTH : 24.00 meter				DRILL MASTER :			PT. SARANA BHUANA JAYA						
FINAL DATA :				LOGGED BY :									
				CHECKED BY :									
DATE	G. Est. (M)	DEPTH (M)	THICKNESS OF ROCK / SOIL (m)	End of Depth (U)	SOIL TYPE	GRAPH N - VALUE			DEPTH (M)	SOIL SAMPLE	NO. OF B. OF / CU	DS. Category	
						10	20	30					
07 Mei 2024		00.00	00.00	00.00	Aspal.								
		00.20	01.10	01.10	Timbunan badan jalan.								
07 Mei 2024		01.10	02.50	02.50	Lempung, Coklat, Plastis sangat tinggi, Kadar air sangat tinggi, Kekakuan sangat rendah.	2	3	4	01	DS		7	
		05.50	06.50	06.50	Lempung, Coklat, Plastis tinggi, Kadar air sedang, Kekakuan rendah ke sedang	1	1	1	02	DS		2	
08 Mei 2024		06.50	07.00	07.00	Lempung, Coklat ke kuningan, Plastis sedang, Kadar air rendah, Kekakuan sedang	4	5	6	03	DS		11	
		07.00	12.50	12.50	Lempung, Coklat, Plastis tinggi, Kadar air sedang, Kekakuan sedang.	7	13	15	04	DS		28	
08 Mei 2024		12.50	17.10	17.10	Lempung, Coklat terang, Plastis tinggi, Kadar air sedang, Kekakuan sedang ke tinggi.	7	15	15	05	DS		30	
		17.10	17.55	17.55	Batu, Abu-abu, NP, Kadar air sangat rendah, Kekakuan sangat tinggi.	8	14	16	06	DS		10	
09 Mei 2024		17.55	24.00	24.00	Lempung, Coklat terang, Plastis tinggi, Kadar air sedang, Kekakuan sangat tinggi.	8	16	18	07	DS		33	
						10	16	29	08	DS		36	
						12	20	28	09	DS		48	
						12	26	32	10	DS		58	
						12	36	24/1	11	DS		60	
						16	40	20/3	12	DS		60	

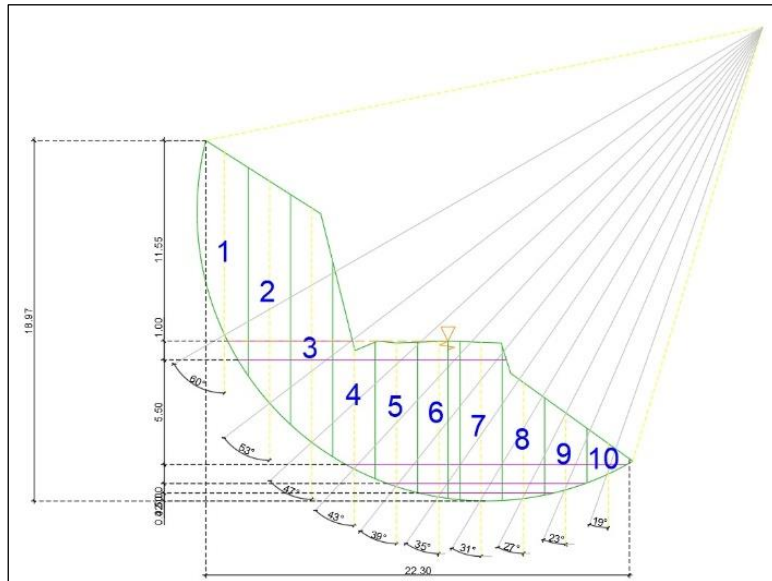
(Sumber: Kementerian PUPR, 2024)

Evaluasi Stabilitas Menggunakan Metode *Fellenius*

Metode *Fellenius* merupakan salah satu metode kesetimbangan batas yang dilakukan dengan membagi massa tanah yang berpotensi longsor menjadi beberapa irisan vertikal. Dalam penelitian ini, massa tanah dibagi menjadi 10 irisan. Metode ini mempertimbangkan gaya normal antar irisan, sementara gaya geser antar irisan diasumsikan sama dengan nol, serta bidang longsor diasumsikan berbentuk lingkaran. Nilai faktor keamanan kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n (c \cdot l_i + W_i \cos \alpha_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

Di mana c = kohesi (kPa), l = panjang busur dasar irisan (m), W = berat irisan (kN/m), α = sudut irisan terhadap vertikal ($^\circ$), u = tekanan air pori (kPa), dan ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$)



Gambar 4. Pemodelan bidang longsor dan pembagian Irisan *Fellenius* (Sumber: Dokumen pribadi *AutoCAD* 2023, 2026)

Analisis Stabilitas Menggunakan Pemodelan Numerik *Plaxis 2D 22*

Analisis numerik dilakukan menggunakan *Software Plaxis 2D 22* yang berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method*). Model perilaku tanah yang digunakan adalah Mohr-Coulomb dengan kondisi terdrainase (*drained*). Nilai faktor keamanan (SF) diperoleh melalui analisis reduksi ϕ - c , yaitu dengan secara bertahap mengurangi nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) hingga mencapai kondisi keruntuhan.

Geometri lereng dimodelkan berdasarkan data lapangan dengan penerapan kondisi batas *Standard Fixities*. *Mesh* disusun menggunakan elemen segitiga 15 titik (*15-node triangular element*). Proses perhitungan dilakukan dalam tiga tahap, yaitu (1) analisis plastis, (2) analisis konsolidasi dengan interval waktu 30 hari, dan (3) analisis stabilitas menggunakan metode *phi-c reduction*.

HASIL

Data Parameter Tanah

Berdasarkan data hasil pengujian N-SPT dan dikorelasikan menjadi parameter tanah, berupa berat isi (γ), kohesi (c), dan sudut geser (ϕ), didapatkan nilai sebagai berikut:

- Lapisan Tanah 1
 - ✓ Berat Isi (γ) = 16 kN/m^3
 - ✓ Kohesi (c) = 18 kN/m^2
 - ✓ Sudut Geser (ϕ) = $23,3^\circ$
- Lapisan Tanah 2
 - ✓ Berat Isi (γ) = 18 kN/m^3
 - ✓ Kohesi (c) = 23 kN/m^2
 - ✓ Sudut Geser (ϕ) = 21°
- Lapisan Tanah 3
 - ✓ Berat Isi (γ) = 18 kN/m^3
 - ✓ Kohesi (c) = $36,5 \text{ kN/m}^2$
 - ✓ Sudur Geser (ϕ) = $25,5^\circ$
- Lapisan Tanah 3
 - ✓ Berat Isi (γ) = 18 kN/m^3
 - ✓ Kohesi (c) = 33 kN/m^2
 - ✓ Sudur Geser (ϕ) = $24,33^\circ$

Berdasarkan hasil korelasi data N-SPT menjadi parameter tanah, diperoleh nilai berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam pada setiap lapisan tanah yang menunjukkan adanya perbedaan karakteristik geoteknik pada lereng penelitian. Lapisan Tanah 1 memiliki berat isi sebesar 16 kN/m^3 , kohesi sebesar 18 kN/m^2 , dan sudut geser dalam sebesar $23,3^\circ$. Nilai berat isi yang relatif kecil menunjukkan bahwa lapisan ini memiliki tingkat kepadatan yang rendah dan cenderung lebih lunak dibanding lapisan di bawahnya. Selain itu, nilai kohesi dan sudut geser yang tidak terlalu tinggi menunjukkan bahwa kekuatan geser tanah pada lapisan permukaan masih rendah, sehingga lapisan ini lebih rentan mengalami pergerakan tanah terutama saat kondisi jenuh air akibat curah hujan tinggi. Kondisi ini sejalan dengan hasil observasi lapangan yang menunjukkan lereng sering mengalami longsor karena tanah lempung dengan kekuatan geser rendah.

Pada Lapisan Tanah 2 diperoleh berat isi sebesar 18 kN/m^3 , kohesi sebesar 23 kN/m^2 , dan sudut geser dalam sebesar 21° . Peningkatan nilai berat isi dan kohesi menunjukkan bahwa lapisan ini lebih padat dan memiliki daya ikat antarpartikel yang lebih baik dibanding lapisan pertama. Namun, sudut geser dalam yang lebih kecil mengindikasikan bahwa kemampuan tanah dalam menahan gaya geser akibat gesekan antarbutir masih terbatas. Dengan demikian, lapisan ini tetap berpotensi mengalami deformasi apabila menerima beban berlebih atau terjadi peningkatan tekanan air pori pada musim hujan.

Selanjutnya, Lapisan Tanah 3 memiliki berat isi sebesar 18 kN/m^3 , kohesi sebesar $36,5 \text{ kN/m}^2$, dan sudut geser dalam sebesar $25,5^\circ$. Nilai kohesi dan sudut geser yang lebih tinggi menunjukkan bahwa lapisan ini mempunyai kekuatan geser yang lebih baik dibanding lapisan sebelumnya. Kondisi tersebut menandakan bahwa lapisan tanah ini relatif lebih stabil dan mampu memberikan tahanan yang lebih besar terhadap potensi bidang longsor. Tingginya nilai kohesi menunjukkan adanya ikatan antarpartikel tanah yang kuat sehingga mampu meningkatkan kestabilan lereng.

Pada lapisan berikutnya diperoleh berat isi sebesar 18 kN/m^3 , kohesi sebesar 33 kN/m^2 , dan sudut geser dalam sebesar $24,33^\circ$. Nilai parameter tersebut menunjukkan bahwa lapisan ini juga memiliki karakteristik tanah yang cukup baik dalam menahan gaya geser. Secara umum, peningkatan nilai kohesi dan sudut geser pada lapisan tanah yang lebih dalam menunjukkan bahwa kekuatan tanah semakin meningkat terhadap potensi kelongsoran. Meskipun demikian, berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan metode *Fellenius* dan *Plaxis 2D*, lereng eksisting tetap berada dalam kondisi tidak stabil dengan nilai faktor keamanan di bawah standar SNI 8460:2017, yaitu sebesar 0,9 pada metode *Fellenius* dan 1,167 pada analisis *Plaxis 2D*. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun lapisan tanah bagian bawah memiliki kekuatan yang lebih baik, pengaruh geometri lereng yang curam, kondisi tanah jenuh air, dan karakteristik lapisan permukaan yang lemah tetap menyebabkan lereng berpotensi mengalami longsor.

Hasil Metode *Fellenius*

Perhitungan manual dilakukan dengan metode *Fellenius* dengan membagi massa tanah menjadi 10 irisan vertikal, sehingga diperoleh nilai faktor keamanan lereng eksisting sebesar $SF = 0,9$. Berdasarkan hasil perhitungan manual dengan metode *Fellenius* tersebut, diperoleh hasil sebagai berikut.

- Irisan ke-1

$$\text{Nilai } W_i = A \times \gamma$$

$$= 23,7377 \times 16$$

$$= 379,8032$$

$$\text{Nilai } \sin \alpha_i = \sin \alpha_i$$

$$= \sin 60$$

$$= 0,87$$

$$\text{Nilai } \cos \alpha_i = \cos \alpha_i$$

$$= \cos 60$$

$$= 0,50$$

$$\text{Nilai } W_i \sin \alpha_i = W_i \times \sin \alpha_i$$

$$= 379,8032 \times 0,87$$

$$= 328,92$$

$$\text{Nilai } W_i \cos \alpha_i = W_i \times \cos \alpha_i$$

$$= 379,8032 \times 0,50$$

$$= 189,90$$

METODE FELLENIUS								
Irisan No	Wn (kN/m)	α_n (°)	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	Ln	Wn $\sin \alpha_n$	Wn $\cos \alpha_n$	Fs
1	379.8032	60	0.87	0.50	12.97	328.92	189.90	0.9
2	415.0896	53	0.80	0.60	3.41	331.51	249.81	
3	427.9936	47	0.73	0.68	2.81	313.01	291.89	
4	285.3008	43	0.68	0.73	2.51	194.57	208.66	
5	293.0997	39	0.63	0.78	2.35	184.45	227.78	
6	318.8483	35	0.57	0.82	2.26	182.88	261.19	
7	325.283	31	0.52	0.86	2.23	167.53	278.82	
8	241.9113	27	0.45	0.89	2.25	109.83	215.54	
9	157.1395	23	0.39	0.92	2.32	61.40	144.65	
10	60.6441	19	0.33	0.95	2.68	19.74	57.34	
Jumlah (Σ)					35.79	1893.85	2125.58	

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n (c \cdot l_i + W_i \cos \alpha_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

$$= (23,53 + 2125,58 \cdot \tan (23,53)) / 1893,85$$

$$= 0,9$$

Berdasarkan perhitungan manual dengan metode *Fellenius*, lereng dinyatakan tidak aman karena nilai faktor keamanan (FS) belum memenuhi standar menurut SNI 8460:2017, yaitu $10,9 \leq 1,5$.

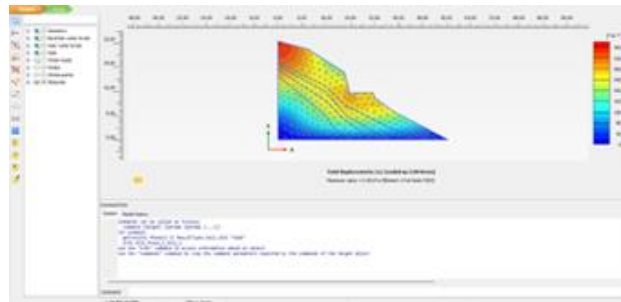
Hasil *Plaxis 2D 22*

Pemodelan numerik menggunakan *Plaxis 2D 22* menghasilkan nilai faktor keamanan lereng eksisting sebesar $SF = 1,167$. Hasil kontur perpindahan (*total displacement*) menunjukkan sebaran warna kuning hingga merah pada lereng eksisting, yang mengindikasikan adanya deformasi yang cukup signifikan.

Pada analisis ini, pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software Plaxis 2D 22* untuk merepresentasikan kondisi lereng aktual. Selanjutnya, parameter-parameter tanah yang diperoleh dari penelitian dimasukkan ke dalam model, kemudian dilakukan proses perhitungan secara komputasi.

Reached values	
Reached total time	30,00 day
CSP - Relative stiffness	0,1784E-12
ForceX - Reached total forc	0,000 kN/m
ForceY - Reached total forc	0,000 kN/m
Pmax - Reached max pp	231,9 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase p	0,000
ΣM_{weight} - Reached weight	1,000
ΣM_{sf} - Reached safety fact	1,167

Gambar 1. Nilai *safety factor*
(Sumber: Dokumen pribadi *Plaxis 2D 22*, 2026)



Gambar 2. *Total Displacement*
(Sumber: Dokumen pribadi *Plaxis 2D 22*, 2026)

Untuk perhitungan menggunakan *software Plaxis 2D 22*, lereng dikatakan tidak aman karena tidak memenuhi standar faktor keamanan (FS) berdasarkan SNI 8460:2017, yaitu $1,167 \leq 1,5$.

Perbandingan Hasil Kedua Metode

Perbandingan nilai faktor keamanan yang diperoleh dari kedua metode disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan nilai faktor keamanan Lereng Eksisting

Metode Analisis	Pendekatan	Nilai SF	Kategori	Selisih
<i>Fellenius</i> (Manual)	<i>Limit Equilibrium</i>	0,9	Tidak Aman	-
<i>Plaxis 2D 22</i> (Numerik)	<i>Finite Element</i>	1,167	Tidak Aman	0,015 (29,67%)

(Sumber: Dokumen pribadi, 2026)

DISKUSI

Perbandingan Metode *Fellenius* dan *Plaxis 2D 22*

Hasil analisis menunjukkan selisih nilai faktor keamanan (FS) antara metode *Fellenius* dan *Plaxis 2D 22* sebesar 0,015 atau 29,67% (0,9 dibandingkan 1,167). Perbedaan ini tergolong sangat kecil dan masih dalam batas wajar untuk perbandingan antara metode manual dan analisis numerik.

Perbedaan nilai FS tersebut, meskipun tidak signifikan, dapat dijelaskan oleh perbedaan mendasar pada asumsi yang digunakan masing-masing metode. Metode *Fellenius* menyederhanakan perilaku tanah dengan tidak memperhitungkan gaya antar irisan secara rinci serta mengasumsikan bidang longsor berbentuk lingkaran. Pendekatan ini dapat menghasilkan nilai FS yang sedikit berbeda karena interaksi tegangan antar irisan tidak dianalisis secara menyeluruh. Di sisi lain, *Plaxis 2D 22* yang berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method*) mampu merepresentasikan distribusi tegangan dan regangan secara lebih komprehensif pada seluruh massa tanah tanpa mengasumsikan bentuk bidang longsor tertentu, sehingga hasil perhitungan cenderung lebih realistis dalam merepresentasikan distribusi tegangan dan deformasi tanah pada lereng (Chen et al., 2021).

Meskipun terdapat perbedaan, hal utama yang perlu diperhatikan adalah bahwa kedua metode memberikan kesimpulan yang sejalan, yaitu lereng eksisting berada dalam kondisi tidak stabil dengan nilai FS yang masih berada di bawah batas minimum yang ditetapkan dalam SNI 8460:2017 ($FS \geq 1,5$). Hal ini menunjukkan adanya konsistensi dan validitas antara kedua metode analisis. Selain itu, hasil tersebut juga mengindikasikan bahwa metode *Fellenius* yang lebih sederhana masih mampu memberikan estimasi faktor keamanan yang cukup representatif jika dibandingkan dengan analisis numerik yang lebih kompleks pada kasus lereng di lokasi penelitian ini.

Keunggulan dan Keterbatasan Masing-Masing Metode

Metode *Fellenius* memiliki kelebihan berupa proses perhitungan yang relatif sederhana, langkah analisis yang jelas, serta tidak membutuhkan perangkat lunak khusus sehingga hasilnya dapat diperiksa secara langsung. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan karena menggunakan penyederhanaan terhadap gaya antar irisan dan mengasumsikan bidang gelincir berbentuk lingkaran, yang dapat memengaruhi tingkat ketelitian pada lereng dengan kondisi geometri yang rumit. Di sisi lain, *Plaxis 2D 22* mampu merepresentasikan distribusi tegangan dan regangan tanah secara lebih mendekati kondisi nyata, menentukan bidang longsor secara otomatis tanpa batasan bentuk tertentu, serta dapat mensimulasikan proses konsolidasi

secara bertahap. Adapun kekurangannya terletak pada kebutuhan data parameter tanah yang lebih rinci, seperti modulus elastisitas dan rasio Poisson, serta proses interpretasi hasil yang cenderung lebih kompleks.

Implikasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lereng eksisting memiliki nilai faktor keamanan di bawah standar SNI 8460:2017, sehingga diperlukan tindakan penanganan untuk mengurangi risiko longsor. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah hasil analisis dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan teknis dalam perencanaan mitigasi longsor pada ruas Jalan Simpang Kumpulan–Simpang Taman Km. 102+100. Pemerintah daerah maupun instansi terkait dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai acuan dalam menentukan metode penanganan lereng yang sesuai, seperti perbaikan drainase, pengurangan kemiringan lereng, pemasangan dinding penahan tanah, maupun perkuatan lereng menggunakan geotekstil atau soil nailing.

Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa metode *Fellenius* masih dapat digunakan sebagai pendekatan awal dalam evaluasi kestabilan lereng karena memberikan hasil yang relatif mendekati analisis numerik *Plaxis 2D*. Dengan demikian, penggunaan metode manual dapat menjadi alternatif analisis awal pada daerah yang memiliki keterbatasan perangkat lunak atau data geoteknik yang kompleks. Penggunaan metode *Fellenius* sebagai analisis awal juga masih relevan karena memiliki prosedur yang sederhana dan dapat memberikan estimasi faktor keamanan yang cukup baik untuk evaluasi awal stabilitas lereng (Prakash & Kumar, 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, lereng eksisting pada ruas Jalan Simpang Kumpulan–Simpang Taman Km 102+100, Kabupaten Agam berada dalam kondisi tidak stabil. Menurut SNI 8460:2017, nilai faktor keamanan minimum untuk lereng tanah adalah 1,5. Namun, hasil perhitungan manual dengan Metode *Fellenius* menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 0,9, sedangkan analisis menggunakan *software Plaxis 2D 22* menghasilkan nilai sebesar 1,167. Kedua nilai tersebut masih berada di bawah batas minimum yang disyaratkan, sehingga mengindikasikan adanya potensi kegagalan lereng, terutama saat kondisi tanah jenuh akibat air hujan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil analisis. Pertama, parameter tanah yang digunakan diperoleh dari hasil korelasi data N-SPT sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi tanah aktual secara detail (Liu et al., 2023). Sehingga tingkat akurasi parameter tanah masih dipengaruhi oleh asumsi empiris dan belum sepenuhnya menggambarkan kondisi tanah aktual secara detail. Kedua, analisis numerik menggunakan model *Mohr-Coulomb* pada *Plaxis 2D 22* dengan asumsi tanah homogen dan isotropis, sehingga pengaruh heterogenitas lapisan tanah serta kondisi geologi yang lebih kompleks belum sepenuhnya diperhitungkan.

Selain itu, penelitian ini hanya menganalisis kondisi lereng eksisting tanpa melakukan simulasi alternatif perkuatan lereng atau desain penanganan yang lebih rinci. Pengaruh perubahan muka air tanah, curah hujan ekstrem, serta beban dinamis seperti gempa juga belum dianalisis secara mendalam dalam penelitian ini. Di samping itu, analisis dilakukan dalam kondisi dua dimensi (2D), sehingga perilaku lereng secara tiga dimensi belum dapat direpresentasikan secara menyeluruh.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan data parameter tanah hasil pengujian laboratorium yang lebih lengkap, seperti uji triaxial dan direct shear test, sehingga parameter tanah yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi aktual dengan tingkat akurasi yang lebih baik. Penelitian selanjutnya juga disarankan menggunakan model konstitutif tanah yang lebih kompleks pada pemodelan numerik, seperti Hardening Soil Model, agar perilaku tanah dapat dimodelkan secara lebih realistis.

Selain itu, perlu dilakukan analisis pengaruh curah hujan, perubahan muka air tanah, dan beban gempa terhadap stabilitas lereng untuk mengetahui kondisi paling kritis yang dapat menyebabkan longsor. Penelitian berikutnya juga direkomendasikan untuk melakukan simulasi berbagai alternatif penanganan lereng, seperti penggunaan dinding penahan tanah, soil nailing, geotekstil, maupun perbaikan drainase, sehingga dapat diperoleh metode mitigasi yang paling efektif dan ekonomis untuk diterapkan pada lokasi penelitian. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah dan instansi terkait dalam melakukan evaluasi stabilitas lereng pada daerah rawan longsor, khususnya pada ruas jalan dengan kondisi geometri lereng curam dan tanah berkekuatan geser rendah.

REFERENSI

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2024). *Buku Data Bencana Indonesia Tahun 2024*. Pusdatinkom BNPB.
- Chen, R., Yin, K., & Fan, X. (2021). Numerical Analysis of Slope Stability Using Finite Element Methods Under Rainfall Conditions. *Engineering Geology*, 289, 106185. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106185>
- Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2021). *Soil Strength and Slope Stability* (2nd ed.). Wiley.
- Febrijanto, R., Zhafirah, A., & Rohadatul Aisy A, A. (2024). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever, Gravitasi, dan Sheet Pile. *Jurnal Konstruksi*, 22(2), 15–22. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.22-2.1631>
- Fitriani, D., Nugroho, S., & Kurniawan, A. (2022). Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellenius dan Bishop pada Ruas Jalan Pegunungan. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 11(3), 201–210.
- Hidayat, T., Saputra, R., & Prasetyo, B. (2023). Evaluasi Kestabilan Lereng Berbasis Metode Elemen Hingga Menggunakan Software Plaxis 2D. *Jurnal Rekayasa Geoteknik*, 8(1), 45–56.
- Liu, H., Zhang, L., & Wang, Y. (2023). Correlation of SPT Data and Soil Shear Strength Parameters for Slope Stability Analysis. *Geotechnical Engineering Journal*, 54(2), 145–156.
- Maulana, F., Ridwan, M., & Herlina, S. (2021). Pengaruh Curah Hujan terhadap Kestabilan Lereng pada Daerah Rawan Longsor. *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan*, 5(2), 88–97.
- Prakash, S., & Kumar, R. (2021). Comparative Study of Limit Equilibrium and Finite Element Methods for Slope Stability Analysis. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 15(4), 422–431. <https://doi.org/10.1080/19386362.2020.1712035>
- Putra, A., Yuliet, R., & Iskandar, I. (2022). Analisis Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Metode Fellenius pada Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 24(1), 33–42.
- Rahman, M., Firmansyah, D., & Lestari, P. (2024). Pemodelan Stabilitas Lereng Berbasis Finite Element Method pada Daerah Perbukitan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 18(1), 55–66.
- Saputra, H., Wijaya, A., & Kurniawati, E. (2023). Evaluasi Stabilitas Lereng Jalan Akibat Peningkatan Muka Air Tanah Menggunakan Plaxis 2D. *Jurnal Geoteknik Indonesia*, 9(2), 101–112.
- Widodo, S., Pramono, H., & Utami, R. (2021). Analisis Perbandingan Metode Fellenius dan Bishop pada Perencanaan Stabilitas Lereng. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(3), 211–220.
- Yuliani, E., Setiawan, D., & Prakoso, A. (2022). Analisis Mitigasi Longsor pada Lereng Jalan Nasional Menggunakan Pendekatan Geoteknik. *Jurnal Transportasi dan Infrastruktur*, 6(1), 72–83.
- Zhang, J., Li, X., & Zhou, Y. (2022). Evaluation of Slope Stability Using Plaxis Finite Element Method Under Different Soil Conditions. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 14(3), 812–823. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.09.006>