

**ANALISIS STABILITAS LERENG DI JALAN NASIONAL PROVINSI SULAWESI TENGGARA, DI DESA RAWUA, KECAMATAN SAMPARA, KABUPATEN KONAWA****M. YUDA PRASTIA<sup>1</sup>, ANGGI PURNAMA SARI DEWI<sup>2\*</sup>, ELY MULYATI<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma

e-mail: [prastia.yuda1206@gmail.com](mailto:prastia.yuda1206@gmail.com)<sup>1</sup>,Coressponding author : [anggi.purnama.sari.dewi@binadarma.ac.id](mailto:anggi.purnama.sari.dewi@binadarma.ac.id)<sup>2</sup>DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i2.7906>

**Abstract:** *In Southeast Sulawesi, the Konawe Regency–Kendari City–Sampara District corridor experienced severe flooding in 2019, resulting in road inundation and multiple landslides, including a major failure at Km 22. This study investigates the mechanisms and contributing factors of the landslide by modeling the effects of river water level fluctuations, groundwater level changes, and scouring on slope stability using Slope/W software. The analysis reveals that rising river water levels increase the slope's safety factor, whereas sudden drawdown conditions significantly reduce it, potentially triggering slope failure.*

**Keywords:** *Failure, slope stability, Safety factor.*

**Abstrak:** Di Sulawesi Tenggara, ruas jalan Bts. Kab. Konawe / Kota Kendari, – kecamatan sampara merupakan koridor utama yang pada tahun 2019 terjadi banjir yang mengakibatkan ruas jalan tergenang dan longsor pada beberapa titik sehingga perlu dilakukan penelitian terkait penyebab dan mekanisme terjadi longsor di Km 22. Penelitian dilakukan dengan merepresentasikan pengaruh perubahan tinggi muka air sungai dan tinggi muka air tanah serta pengaruh gerusan terhadap perubahan safety factor pada lereng dengan program bantu Slope/W. Dari hasil simulasi yang dilakukan, perilaku perubahan safety factor akibat pengaruh tinggi muka air sungai terjadi kenaikan nilai safety factor pada saat level muka air sungai naik. Namun akan terjadi penurunan nilai safety factor pada saat terjadi penurunan level muka air sungai secara tiba-tiba (*drawdown*).

**Kata kunci:** Longsor, Stabilitas lereng, Slope/W, *Safety factor*

**A. Pendahuluan**

Pada ruas jalan nasional yang berada di Desa Rawua Kecamatan Sampara yang menghubungkan Kota Kendari, Kabupaten Konawe tepatnya berada di tepian sungai Pohara rawan terjadinya longsor yang disebabkan oleh gerusan air sungai. Sehingga, hal ini memerlukan evaluasi lebih lanjut terhadap kondisi lereng dan penanganan longsor pada ruas jalan tersebut, sehingga tidak mengganggu aktivitas transportasi, mengingat jalan tersebut merupakan jalan utama antar kabupaten Konawe dengan kota Kendari.

Jalan merupakan sarana yang sangat diperlukan pada sistem transportasi bertujuan untuk menghubungkan kawasan yang satu ke kawasan lainnya melalui jalur darat sehingga melalui jalan ini masyarakat dapat memenuhi kebutuhan ekonomi, hubungan politik, sosial dan budaya suatu daerah. Kelancaran kegiatan transportasi membutuhkan kondisi jalan yang layak sehingga dapat mempermudah mobilisasi barang dan jasa yang berpengaruh terhadap keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

Kondisi permukaan tanah tidak hanya berbentuk bidang datar tetapi juga memiliki perbedaan elevasi diantara kedua tempat, sehingga dapat menyebabkan terbentuknya suatu lereng (slope). Lereng merupakan suatu kondisi topografi yang banyak dijumpai pada berbagai pekerjaan konstruksi sipil. Lereng dapat terbentuk secara alami atau sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu. Longsor adalah bencana alam yang kerap kali terjadi pada lereng yang terbentuk secara alami maupun hasil yang dibuat. Longsor lereng terjadi disebabkan karena musim penghujan. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan tekanan air pori pada lereng, sehingga dapat menyebabkan terjadinya penurunan kuat geser tanah ( $T$ ) dan sudut geser dalam ( $q$ ) dan mengakibatkan kelongsoran.

Lereng merupakan kondisi topografi yang berhubungan erat dengan pekerjaan konstruksi sipil. Lereng terbentuk secara alami ataupun sengaja diolah oleh manusia untuk tujuan tertentu. Analisis stabilitas lereng mempunyai peranan penting dalam perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Kondisi tanah awal terkadang tidak sesuai dengan perencanaan yang ditargetkan, misalnya kondisi tanah dengan lereng yang tajam atau curam atau kondisi lainnya yang memerlukan timbunan. Hal inilah yang mendasari perlunya analisis yang baik dan tepat agar hasil konstruksi lereng stabil dan kokoh serta masuk dalam syarat aman.

Untuk itu Lereng membutuhkan nilai faktor keamanan minimum dari analisis stabilitas lereng yang memerlukan tahapan trial and error. Proses iterasi secara manual membutuhkan ketelitian dan proses yang cukup panjang untuk mengatasi hal ini dapat di minimalisir dengan menggunakan program (software) khusus untuk menganalisis permasalahan stabilitas lereng.

Analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting merupakan langkah penting untuk mengevaluasi tingkat kestabilan lereng di ruas Jalan Nasional Desa Rawua, Kecamatan Sampara, Kabupaten Konawe, khususnya dalam kondisi tanpa adanya perkuatan atau intervensi teknis. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengetahui seberapa besar potensi kelongsoran yang dapat terjadi berdasarkan kondisi geometri dan sifat tanah alami. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W, yang berbasis pada metode keseimbangan batas (limit equilibrium method/LEM). Beberapa metode analisis yang digunakan meliputi Bishop Simplified Method, Ordinary/Fellenius Method, serta Morgenstern-Price Method. Ketiga metode tersebut umum digunakan dalam analisis kestabilan lereng, dengan asumsi bidang gelincir berbentuk melingkar.

## B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-analitik dengan pendekatan studi kasus. Data primer berupa survei geometri lereng dan dokumentasi kondisi eksisting, sedangkan data sekunder meliputi hasil uji laboratorium tanah dari Balai Wilayah Sungai IV Kendari, serta data curah hujan dari BMKG dan BPS. Analisis stabilitas dilakukan dengan GeoStudio SLOPE/W menggunakan tiga metode: Ordinary/Fellenius, Bishop Simplified, dan Morgenstern-Price. Kriteria keamanan lereng mengacu pada Das & Sobhan (2013), yaitu faktor keamanan  $\geq 1,3$  untuk kondisi normal dan  $\geq 1,5$  untuk kondisi jangka panjang.

Faktor yang menyebabkan lereng rawan longsor terdiri dari faktor internal dan eksternal. Kegempaan, iklim (curah hujan), vegetasi, morfologi, batuan/tanah maupun situasi setempat (Anwar dan Kesumadharna, 1991; Hirnawan, 1994), tingkat

kelembaban tanah (moisture), adanya rembesan, dan aktifitas geologi seperti patahan terutama yang masih aktif, rekahan dan liniasi. Penelitian yang dilakukan Brunnsden (1993, dalam Dikau et.al., 1996) menyebutkan beberapa proses eksternal penyebab longsor yaitu : Pelapukan (kimia, fisika dan biologi), Penurunan tanah (ground subsidence), erosi, getaran dan aktivitas seismik, deposisi, Jatuhan tepra dan perubahan rejim air.dipublikasikan

Lokasi penelitian ini terletak pada Ruas Jalan Nasional yang berada didesa Rawua kecamatan Sampara, Provinsi Sulawesi Tenggara, yang menghubungkan kota Kendari – Kabupaten Konawe, merupakan daerah yang berada di tepian sungai Konaweha rawan longsor. Dengan kordinat lokasi - 3.981890, 122.408798.



Gambar 1. Peta Lokasi Kelongsoran Jalan Trans Sulawesi, di Desa Rawua, kecamatan Sampara

### C. Analisis dan Pembahasan

#### Hasil Pengujian Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Pengujian kadar air tanah dilakukan untuk mengetahui besarnya kandungan air yang terdapat dalam sampel tanah asli di lokasi penelitian. Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam mekanika tanah karena sangat mempengaruhi sifat fisik maupun mekanis tanah, seperti kepadatan, permeabilitas, kekuatan geser, serta kompresibilitasnya (Das & Sobhan, 2013). Nilai kadar air tanah diperoleh dari perbandingan antara berat air dalam sampel dengan berat kering butiran tanah. Pada penelitian ini, sampel diambil dari kedalaman 4,5–5 m dan 9,5–10 m dengan jenis tanah lempung lanau (clayey silt). Menurut Hardiyatmo (2012), tanah berbutir halus seperti lanau dan lempung sangat sensitif terhadap perubahan kadar air, sehingga fluktuasi kadar air dapat secara signifikan menurunkan kekuatan geser tanah akibat meningkatnya tekanan air pori, hasil pengujian kadar air menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara lapisan atas (4,5–5 m) yang memiliki kadar air tinggi (43,77%) dengan lapisan bawah (9,5–10 m) yang memiliki kadar air rendah (13,10%). Perbedaan ini penting untuk dianalisis lebih lanjut dalam kaitannya dengan stabilitas lereng, karena lapisan atas yang jenuh air berpotensi menjadi zona lemah dan bidang gelincir potensial ketika menerima beban tambahan atau mengalami kejenuhan akibat curah hujan tinggi. Sementara itu, lapisan tanah yang lebih kering di bawahnya berperan sebagai lapisan penahan yang relatif lebih stabil.

Tabel 1. Hasil Pengujian kadar air tanah kedalaman 4.5m – 5m

NO	URAIAN	SATUAN	PEMERIKSAAN	
			I	II
1	Berat Thin box kosong	Gram	8.96	8.81
2	Berat Thin box kosong + sebelum Dioven	Gram	87.26	67.51
3	Berat thin box kosong + setelah dioven	Gram	49.30	49.85
4	Berat sampel sebelum dioven	Gram	58.29	58.71

5	Berat sampel setelah dioven	Gram	40.34	41.05
6	Kadar air	%	44.52	43.02
7	Kadar air rata-rata	%	<b>43.77</b>	

Tabel 2. Hasil Pengujian kadar air tanah kedalaman 9.5m – 10m

NO	URAIAN	SATUAN	PEMERIKSAAN	
			I	II
1	Berat Thin box kosong	Gram	9.00	9.45
2	Berat Thin box kosong + sebelum Dioven	Gram	74.50	74.42
3	Berat thin box kosong + setelah dioven	Gram	66.40	67.41
4	Berat sampel sebelum dioven	Gram	65.50	64.97
5	Berat sampel setelah dioven	Gram	57.40	57.96
6	Kadar air	%	44.52	12.09
7	Kadar air rata-rata	%	<b>13.10</b>	

### Hasil Pengujian Berat Volume Tanah

Berat volume tanah merupakan parameter dasar dalam mekanika tanah yang digunakan untuk menentukan berat satuan tanah baik dalam kondisi basah maupun kering. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara berat tanah total dengan volumenya, di mana tanah total terdiri atas butiran padat, air, dan udara dalam pori-pori (Das & Sobhan, 2013). Berat volume tanah yang lebih tinggi menunjukkan massa tanah yang lebih berat per satuan volume, yang secara langsung meningkatkan beban pada lereng.

Tabel 3 Hasil Pengujian volume tanah kedalaman 4.5m – 5m

NO	URAIAN	PEMERIKSAAN		
		Sampel I	Sampel II	Rata-rata
1	Nomor Ring	A	B	
2	Berat Ring (gr)	8.96	8.81	
3	Volume Ring (cm <sup>3</sup> )	35.33	35.33	
4	Berat ring + Tanah Basah (gr)	67.26	67.51	
5	Berat ring + Tanah Kering (gr)	49.30	49.85	
6	Berat Tanah Basah (gr)	58.29	58.71	
7	Berat Tanah Kering (gr)	40.34	41.05	
8	Berat isi basah (gr/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.66	<b>1.66</b>
9	Berat isi kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.14	1.16	<b>1.15</b>

Tabel 4. Hasil Pengujian volume tanah kedalaman 9.5m – 10m

NO	URAIAN	PEMERIKSAAN		
		Sampel I	Sampel II	Rata-rata
1	Nomor Ring	A	B	
2	Berat Ring (gr)	9.00	9.45	
3	Volume Ring (cm <sup>3</sup> )	35.33	35.33	
4	Berat ring + Tanah Basah (gr)	74.50	74.42	
5	Berat ring + Tanah Kering (gr)	66.40	67.41	
6	Berat Tanah Basah (gr)	65.50	64.97	
7	Berat Tanah Kering (gr)	57.40	57.96	
8	Berat isi basah (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.84	<b>1.85</b>
10	Berat isi kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.62	1.64	<b>1.63</b>

#### Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah (specific gravity/Gs) merupakan parameter dasar dalam mekanika tanah yang menunjukkan perbandingan antara berat satuan butiran tanah padat dengan berat satuan air pada volume yang sama dan suhu tertentu. Nilai berat jenis tanah berperan penting dalam berbagai analisis geoteknik, seperti perhitungan kadar air, derajat kejenuhan, porositas, dan berat volume tanah (Das & Sobhan, 2013).

Tabel 5. Hasil Pengujian berat jenis tanah kedalaman 4.5m – 5m

NO	URAIAN	PEMERIKSAAN	
		Sampel I	Sampel II
1	Nomor Piknometer	I	II
2	Berat Piknometer (W <sub>1</sub> ) (gr)	90.579	
3	Berat Piknometer + contoh (W <sub>1</sub> ) (gr)	226.800	
4	Berat Contoh Tanah (W <sub>1</sub> = W <sub>2</sub> – W <sub>1</sub> ) (gr)	136.221	
5	Temperatur / Suhu	25 <sup>o</sup> c	
6	Berat Piknometer + Air + Contoh (W <sub>3</sub> ) (gr)	424.800	
7	Berat Piknometer + Air pada t <sup>o</sup> C (W <sub>4</sub> ) (gr)	339.500	
8	W <sub>5</sub> = W <sub>1</sub> + W <sub>4</sub>	475.721	
9	Isi Tanah = W <sub>5</sub> – W <sub>3</sub>	50.921	
10	Berat Jenis Tanah = W <sub>1</sub> / (W <sub>5</sub> – W <sub>3</sub> )	2.68	
	<b>Berat Jenis Tanah Rata-rata</b>	<b>2.68</b>	

Tabel 6. Hasil Pengujian berat jenis tanah kedalaman 9.5m – 10m

NO	URAIAN	PEMERIKSAAN	
		Sampel I	Sampel II
1	Nomor Piknometer	I	II
2	Berat Piknometer (W <sub>1</sub> ) (gr)	42.866	
3	Berat Piknometer + contoh (W <sub>1</sub> ) (gr)	123.191	
4	Berat Contoh Tanah (W <sub>1</sub> = W <sub>2</sub> – W <sub>1</sub> ) (gr)	83.325	
5	Temperatur / Suhu	25 <sup>o</sup> c	
6	Berat Piknometer + Air + Contoh (W <sub>3</sub> ) (gr)	194.584	
7	Berat Piknometer + Air pada t <sup>o</sup> C (W <sub>4</sub> ) (gr)	141.969	
8	W <sub>5</sub> = W <sub>1</sub> + W <sub>4</sub>	225.294	
9	Isi Tanah = W <sub>5</sub> – W <sub>3</sub>	30.71	
10	Berat Jenis Tanah = W <sub>1</sub> / (W <sub>5</sub> – W <sub>3</sub> )	2.71	
11	Berat Jenis Tanah Rata-rata	<b>2.71</b>	

#### Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan *Software Slope/W*

Dalam penelitian ini, analisis stabilitas lereng menggunakan software Slope/W yang berfungsi dalam mengevaluasi faktor keamanan lereng berdasarkan metode perhitungan keseimbangan batas. Software ini membantu visualisasi pemodelan lereng secara detail. Analisis pada penelitian ini menggunakan metode Bishop, metode ordinary (fellenius), metode Morgentren-Price yang ditambah dengan variasi muka air tanah dengan kedalaman 2m. Masing-masing metode memiliki pendekatan dan tingkat akuransi yang berbeda dalam menghitung faktor keamanan lereng sehingga memungkinkan peneliti untuk mengetahui gambaran mengenai faktor keamanan lereng.

Tabel 7. Perhitungan faktor keamanan dengan Slope/W

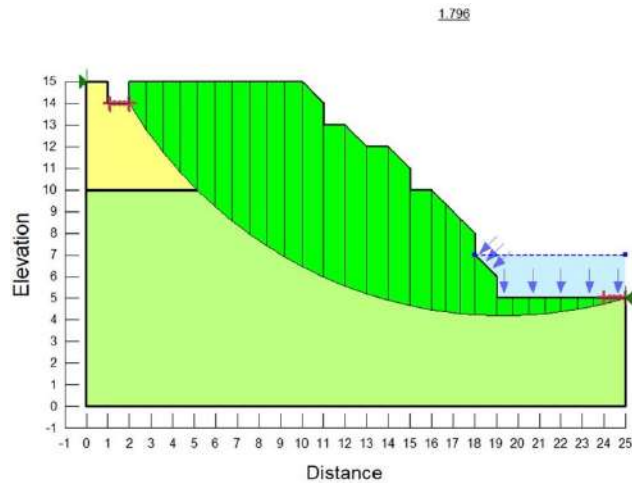
Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Faktor Keamanan (FK)	
		Sebelum	Sesudah
Desa Rawua KM 22 Sulawesi Tenggara	Bishop Simplified	1,796	0,909
	Ordinary (Fellenius)	1,667	0,877
	Morgmstren – Price	1,799	0,960

### Metode Bishop

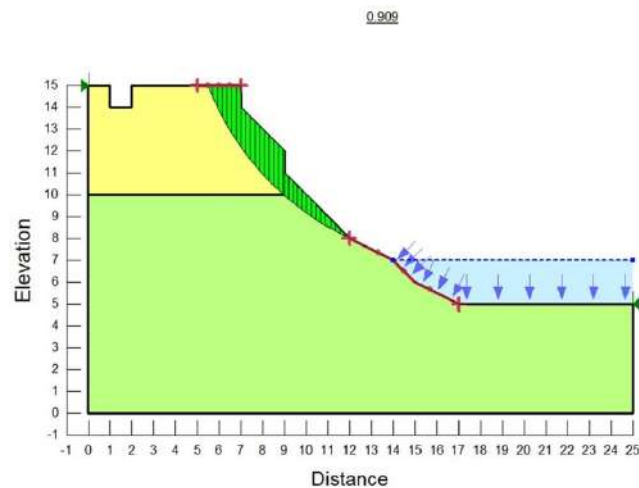
Berdasarkan hasil analisis dengan metode Bishop pada kondisi awal lereng Desa Rawua (sebelum longsor), diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 1,796. Nilai ini lebih besar dari batas aman minimum stabilitas lereng menurut Bowles (1997), yaitu FK

$\geq 1,25$ . Dengan demikian, kondisi lereng dikategorikan stabil. Secara umum, hasil ini menggambarkan bahwa sebelum longsor, lereng Desa Rawua berada pada kondisi relatif stabil, meskipun faktor eksternal seperti curah hujan tinggi atau erosi di kaki lereng tetap berpotensi mengurangi stabilitas.

Setelah terjadi longsor, hasil analisis dengan metode Bishop menunjukkan nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 0,909. Nilai ini lebih rendah dari batas aman minimum ( $FK < 1,0$ ), yang berarti lereng berada pada kondisi tidak stabil.



Gambar 2. Faktor keamanan asumsi kondisi awal lereng Desa Rawua



Gambar 3. Faktor keamanan lereng setelah terjadi kelongsoran Desa Rawua

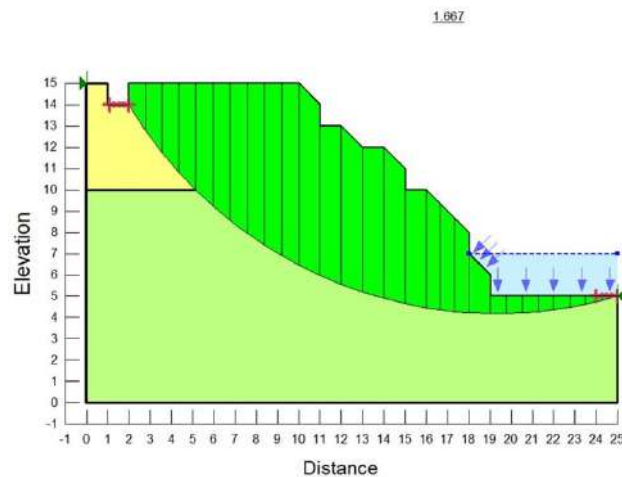
Hasil perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah longsor dengan metode Bishop menunjukkan perubahan signifikan pada nilai Faktor Keamanan:

1. Sebelum longsor:  $FK = 1,796 \rightarrow$  kondisi stabil dan aman.
2. Sesudah longsor:  $FK = 0,909 \rightarrow$  kondisi tidak stabil (gagal).

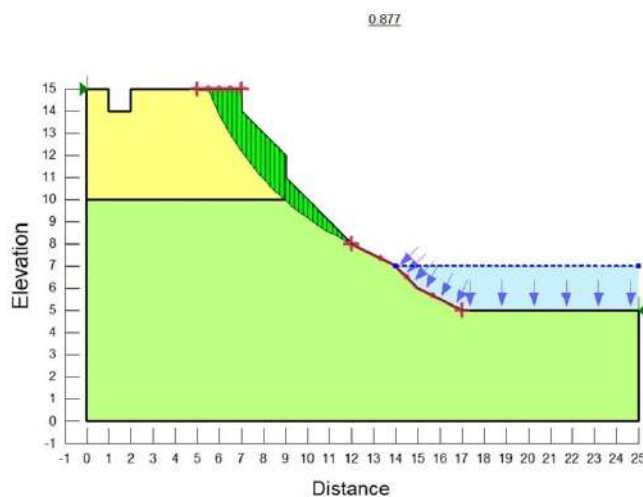
### Metode Ordinary (Fellenius)

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan Metode Ordinary (Fellenius) pada kondisi awal (sebelum longsor), diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 1,667. Nilai ini berada di atas ambang batas aman yang direkomendasikan untuk kondisi lereng dalam keadaan normal, yaitu  $\geq 1,3$  (Das & Sobhan, 2013; Bowles, 1997). Artinya, pada kondisi ini lereng masih tergolong stabil dan mampu menahan gaya geser yang bekerja akibat beban tanah maupun tekanan air pori.

Pada kondisi sesudah longsor, analisis dengan metode yang sama menghasilkan nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 0,877. Nilai ini jauh lebih rendah dari batas minimum 1,0 yang menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi tidak stabil (*failure condition*).



Gambar 4. Faktor keamanan asumsi kondisi awal lereng Desa Rawua



Gambar 5. Faktor keamanan lereng setelah terjadi kelongsoran Desa Rawua

Perbandingan hasil analisis stabilitas lereng dengan Metode Ordinary pada kedua kondisi menunjukkan perubahan signifikan:

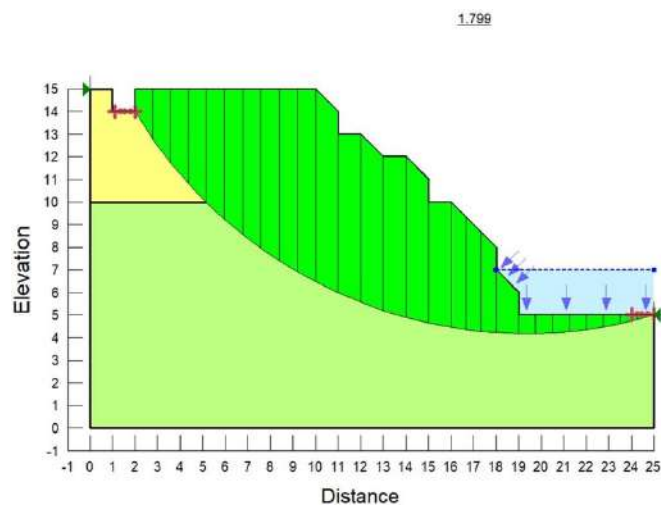
1. Sebelum longsor  $FK = 1,667 \rightarrow$  kondisi aman dan stabil, lereng masih mampu menahan beban yang bekerja.

2. Sesudah longsor  $FK = 0,877 \rightarrow$  kondisi tidak stabil, lereng mengalami keruntuhan.

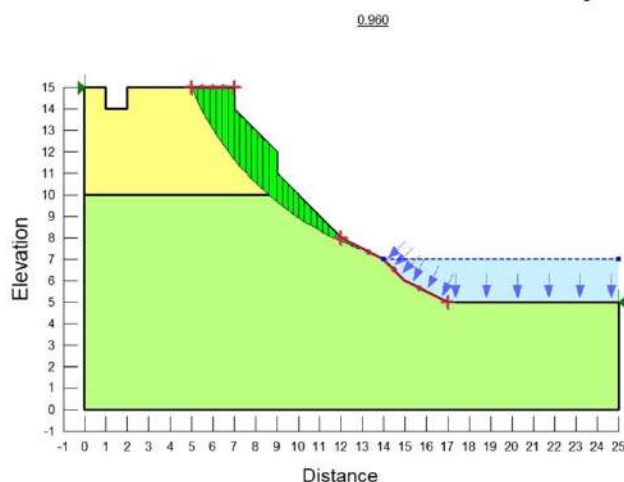
### Metode Morgenstern Price

Berdasarkan hasil analisis dengan metode Morgenstern-Price, lereng Desa Rawua sebelum longsor memiliki nilai faktor keamanan (FK) sebesar 1,799. Nilai ini berada jauh di atas ambang batas aman minimum stabilitas lereng ( $FK \geq 1,3$  untuk kondisi statis), sehingga lereng dapat dikategorikan stabil (Das & Sobhan, 2013; Hardiyatmo, 2012).

Setelah terjadi longsor, hasil perhitungan dengan metode yang sama menunjukkan penurunan nilai faktor keamanan (FK) menjadi 0,960. Nilai ini berada di bawah standar minimum yang disyaratkan ( $FK \geq 1,25$  untuk kondisi statis), sehingga lereng masuk dalam kategori tidak stabil (Das, 2010; Abramson et al., 2002).



Gambar 6. Faktor keamanan asumsi kondisi awal lereng Desa Rawua



Gambar 7. Faktor keamanan lereng setelah terjadi kelongsoran Desa Rawua

Perbandingan hasil analisis stabilitas lereng dengan metode Morgenstern-Price menunjukkan perubahan yang signifikan:

1. Sebelum Longsor (FK = 1,799) → Lereng dalam kondisi stabil, masih mampu menahan gaya geser dengan faktor keamanan cukup tinggi.
2. Sesudah Longsor (FK = 0,960) → Lereng berubah menjadi tidak stabil,

#### D. Penutup

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng pada ruas jalan nasional di Desa Rawua, diperoleh bahwa nilai faktor keamanan pada kondisi eksisting berada di bawah 1,3 sehingga lereng dikategorikan tidak stabil dan berpotensi mengalami longsor. Kondisi

ini diperkuat oleh perbedaan karakteristik tanah antar lapisan, di mana lapisan atas yang jenuh air menjadi zona lemah dan membentuk bidang gelincir potensial.

Analisis dengan berbagai metode menunjukkan adanya variasi hasil, namun metode Morgenstern-Price dipandang paling realistis untuk menggambarkan kondisi aktual lereng. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi teknis melalui perbaikan geometri lereng, pengaturan sistem drainase, serta penerapan perkuatan mekanis agar nilai faktor keamanan dapat meningkat dan memenuhi standar stabilitas lereng yang berlaku.

#### Daftar Pustaka

- Anwar, H. Z., & Kesumadhama, S. (1991). Konstruksi jalan di daerah pegunungan tropis. Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia, PIT ke-20, Desember 1991, 471–481.
- Bishop, A. W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Geotechnique*, 5(1), 7–17.
- Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics and Foundations* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Craig, R. F. (1989). *Mekanika Tanah* (Edisi ke-4; Soepandji, B. S., Penerj.). Erlangga.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2013). *Principles of Geotechnical Engineering* (8th ed.). Cengage Learning.
- Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability* (2nd ed.). Wiley.
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika Tanah I* (Edisi ke-3). Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2007). *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Stabilitas Lereng*. Gadjah Mada University Press.
- Rahadian, H., dkk. (2005). *Pedoman rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada tanah residual dan batuan*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Roesyanto. (2009). Analisis stabilitas lereng menggunakan perkuatan geogrid. *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Hirnawan, F. (1994). *Geoteknik untuk Konstruksi Jalan di Daerah Rawan Longsor*. Bandung: Pusat Litbang Prasarana Transportasi.
- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2002). *Slope Stability and Stabilization Methods* (2nd ed.). John Wiley & Sons.