

**ANALISIS STABILITAS LERENG DUSUN SUMBERSARI DESA
NGARGORETNO KECAMATAN SALAMAN MENGGUNAKAN
METODE *FELLENIUS* DENGAN *EMPIRIS***

Eko Nugroho¹, Dwi Sat Agus Yuwana², Arrizka Yanuar Adipradana³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116
E-mail: makassar0509@gmail.com, dwisatagus@untidar.ac.id, arrizka.yanuar@untidar.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Magelang merupakan dataran tinggi yang masuk dalam kategori rawan gerakan tanah atau tanah longsor salah satunya di Dusun Sumbersari Desa Ngargoretno Kecamatan Salaman. Bencana ini dapat menimbulkan korban jiwa sehingga diperlukan antisipasi, salah satunya dengan menganalisa stabilitas lereng di Dusun Sumbersari Desa Ngargoretno Kecamatan Salaman.

Data yang diperlukan untuk menganalisis adalah tinggi lereng (H), kemiringan lereng (θ), berat volume tanah (γ), kohesi tanah (c), sudut gesek dalam (ϕ). Analisis Stabilitas lereng ini dilakukan untuk mendapat angka keamanan pada 3 titik lereng yang bersinggungan langsung dengan perumahan. Metode yang digunakan pada analisis ini adalah metode *Fellenius* dengan perhitungan secara *empiris*.

Hasil analisis dengan perhitungan *empiris* dengan metode *fellenius* menunjukkan angka keamanan terkecil pada saat kondisi tanah jenuh ($n < 0.8$) dengan rincian FK kondisi tanah jenuh 0.640, 0.564 dan 0.658, sehingga potensi longsor saat musim hujan sangat tinggi. Pada saat kondisi tanah basah 0.998, 0.887 dan 1.038. Pada saat kondisi tanah kering 1.037, 1.231, 1.055. Berdasarkan hasil penelitian tersebut disimpulkan lereng rawan karena angka keamanan lereng dibawah < 1.3 sehingga diperlukan perbaikan lereng berupa pengurangan tinggi lereng atau pembuatan dinding penahan tanah dan analisis stabilitas tambahan dengan software *Geoslope/W* atau *Rockscience* dan data curah hujan di wilayah.

Kata kunci : Tanah Longsor, *Fellenius*, Angka Keamanan.

ABSTRACT

Magelang Regency is a highland that is included in the category of prone to landslides or landslides, one of which is in Sumbersari Hamlet, Ngargoretno Village, Salaman District. This disaster can cause casualties so that anticipation is needed, one of which is by analyzing the stability of the slopes in Sumbersari Hamlet, Ngargoretno Village, Salaman District.

The data needed to analyze is the height of the slope (H), the slope (θ), the weight of the soil volume (γ), soil cohesion (c) and the internal friction angle (ϕ).

Slope stability analysis was carried out to obtain a safety rating at 3 points of the slope that are in direct contact with the housing. The method used in this analysis is the Fellenius method with empirical calculations.

The results of the analysis by empirical calculations using the fellenius method show the smallest safety factor when the soil conditions are saturated ($n < 0.8$) with details of FK saturated soil conditions of 0.640, 0.564 and 0.658, so that the potential for landslides during the rainy season is very high. At the time

*of wet soil conditions 0.998, 0.887 and 1.038. At the time of dry soil conditions 1,037, 1,231, 1,055. Based on the results of the study, it was concluded that the slope is prone to slope safety because the slope safety rating is below < 1.3 so that slope improvement is needed in the form of reducing slope height or making retaining walls and additional stability analysis with *Geoslope/W* or *Rockscience* software.*

Keyword: Landslide, *Fellenius*, Safety Number

1. PENDAHULUAN

Bencana alam longsor banyak terjadi di Indonesia. Kabupaten Magelang secara geografis merupakan dataran tinggi yang berbentuk 'basin' (cekungan). Pada awal 2021 telah terjadi longsor di beberapa desa di Kecamatan Salaman diantaranya pada tanggal 15 Maret 2021 terjadi bencana longsor di Dusun Sumbersari Desa Ngargoretno yang menimbun 5 rumah warga, maka dapat disimpulkan bahwa Kecamatan Salaman memiliki potensi terjadi longsor tinggi.

Pada penelitian ini penulis menganalisis stabilitas lereng di 3 titik lereng yang ada di Dusun Sumbersari Desa Ngargoretno dengan menggunakan Metode Fellenius dengan perhitungan secara Empiris pada 3 titik lereng dengan 3 kondisi berat volume tanah sehingga diharapkan dapat mewakili stabilitas lereng pada saat kondisi lereng kering, basah atau jenuh air.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

a. Tanah Longsor

Tanah longsor (landslides) adalah perpindahan sejumlah massa berupa batuan, tanah, atau bahan rombakan, material penyusun lereng, yang merupakan campuran tanah dan batuan, secara gravitasional menuju bagian bawah suatu lereng (Cruden, 1991).

b. Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor.

c. Analisa Stabilitas Lereng

Analisis Kestabilan Lereng Analisis kestabilan lereng pada umumnya terdiri dari konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*) (Hardiyatmo, 2010). Ada beberapa metode analisa stabilitas lereng, salah satunya adalah Metode *Fellenius* yang dapat digunakan untuk menentukan angka keamanan suatu lereng. Lereng dapat dikatakan aman jika angka

keamanan lereng lebih dari $> 1,3$ untuk lereng, galian dan timbunan.

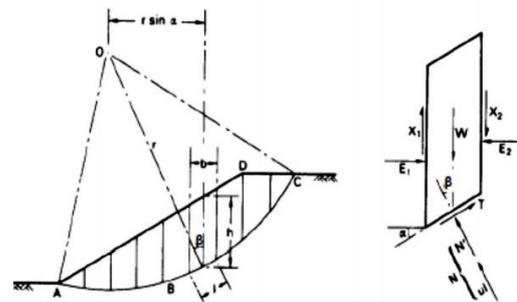
Tabel 1. Angka Keamanan Lereng

No.	Angka Keamanan	Signifikansi
1.	Kurang dari 1,00	Tidak Aman
2.	1,00-1,20	Diragukan
3.	1,30 – 1,40	Memuaskan untuk galian, timbunan dan lereng
4.	1,50-1,75	Aman untuk bendungan

(Sumber: Surendro 2015)

1. Metode *Fellenius*

Metode *Fellenius* merupakan suatu metode analisis stabilitas lereng yang telah dikembangkan dan dimodifikasi dari metode pertama yang dahulu digunakan yaitu metode pias (method of slice) yang dikembangkan oleh insinyur Swedia pada tahun 1920.



Gambar 1. Irisan Pias

a) Angka Keamanan Tanah Kohesif

$$n = \frac{\sum(N)}{\sum(T)} = \frac{\sum(W \cos \beta) \text{tg } \varphi + \sum L \cdot c}{\sum(W \sin \beta)}$$

b) Angka Keamanan Non Kohesif

$$n = \frac{\sum(N)}{\sum(T)} = \frac{\sum(W \cos \beta) \text{tg } \varphi}{\sum(W \sin \beta)}$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

- n = angka keamanan
- c = kohesi tanah (ton/m²)
- φ = sudut gesek dalam (°)
- L = panjang bidang longsor (m)
- Wi = berat irisan tanah ke-i (ton)
- Bi = sudut yang didefinisikan dalam gambar (°)

2. Menentukan Pusat Longsoran

Adapun cara perhitungan stabilitas lereng pada umumnya dipandang panjang pada lereng 1 meter tegak lurus bidang gambar. Untuk menentukan pusat lingkaran longsor untuk berbagai uji coba lingkaran longsor dapat dicari dengan cara *Fellenius*

yang ditunjukkan pada Gambar 2. Ketentuan besarnya nilai Θ , α_1 , α_2 , dan hubungannya dengan besar landai lereng (1:m) ditunjukkan pada Tabel 2. hubungan antara landai lereng Θ , α_1 , α_2 .

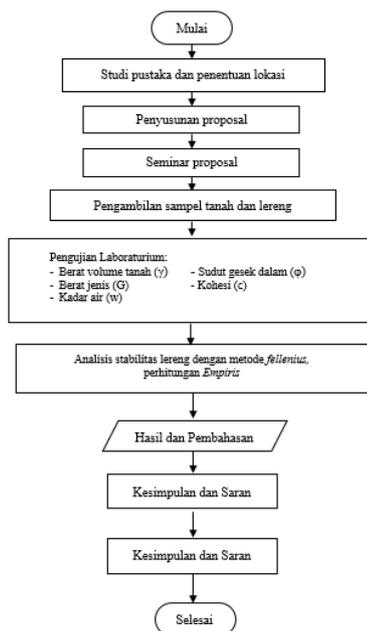
Tabel 2. Hubungan antara landai lereng

Landai Lereng 1 : m	θ (°)	α_1 (°)	α_2 (°)
1 : 0,50	60	29	40
1 : 1,00	45	28	37
1 : 1,50	33,8	26	35
1 : 2,00	26,6	25	35
1 : 3,00	18,4	25	35
1 : 5,00	11,3	25	37

(Sumber: Surendro, 2015)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut bagan alir penelitian :



Gambar 2. Alir perencanaan tugas akhir

Penelitian dilaksanakan di Dusun Sumbersari dan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil, Universitas Tidar.

a. Tahap penelitian

Berikut ini tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Pengukuran Lereng dan Sampel Tanah
Pengukuran lereng menggunakan *Theodolite* di lapangan untuk mendapatkan parameter fisik lereng dan pengambilan sampel tanah dalam tabung dan galian di muka atas dan muka bawah lereng.
2. Pengujian Kepadatan Tanah
Pengujian pemadatan tanah di Laboratorium Mekanika Tanah dengan

memadatkan tanah di *cylinder Mould* dengan ditumbuk sebanyak 25 kali. Tanah hasil uji pemadatan tiap lereng kemudian di ambil sebagian untuk menguji kadar air tanah dan berat volume jenis kondisi tanah.

3. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mendapatkan nilai besarnya kadar air yang terkandung didalam tanah tiap lerengnya.

4. Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan besar nilai berat butir sampel tanah.

5. Direct Shear Test

Pengujian ini untuk mendapatkan gaya geser dan gaya normal pada sampel tanah yang diambil di kedalaman 1 meter lalu diolah data untuk mendapatkan besar nilai kohesi tanah dan sudut gesek dalam tanah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

a. Data Parameter Lereng

Tiap lereng didapatkan perhitungan rata-rata perhitungan di tiap lerengnya, lalu dikelompokkan agar mudah untuk pembacaan data yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Data Pengukuran Theodolite

Lokasi	Letak	Jarak Miring (Dm)	Jarak Datar (Dd)	Tinggi (h)	Beda Tinggi (Δh)
		(m)	(m)	(m)	(m)
Lereng I	Bawah	8	8	0	0.07
Lereng I	Atas	18.3	16.9	7.11	7.64
Lereng II	Bawah	4	4	0	-0.065
Lereng II	Atas	13.36	11.15	7.34	9.09
Lereng III	Bawah	8	8	0	0.86
Lereng III	Atas	14.2	12.6	6.54	6.36

Tabel 4. Data Parameter Lereng

Lokasi	Data Parameter Lereng								
	θ (°)	H (m)	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	γ_{sat} (gr/cm ³)	G	ϕ (°)	c (Ton/m ²)
Lereng I	40	7.57	38.87	1.689	1.389	2.181	1.729	19.595	0.18
Lereng II	52	9.15	36.82	1.693	1.368	2.186	1.969	24.296	0.159
Lereng III	50	5.5	38.53	1.695	1.385	2.161	1.989	24.277	0.125

b. Analisis Stabilitas Lereng

Analisis Stabilitas Lereng dalam perhitungan empiris didapat dengan cara memprediksi titik pusat longsor yang kemungkinan terjadi Setelah didapat lingkaran longsor tersebut, kemudian dibagi menjadi pias-pias agar dapat dihitung gaya di

setiap pias-pias tersebut. Analisis stabilitas dilakukan pada 3 kondisi tanah yang berbeda yaitu tanah basah, tanah kering dan tanah jenuh. Hasil analisis stabilitas lereng ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Angka Keamanan

Lokasi	Angka Keamanan		
	Tanah Kering	Tanah Basah	Tanah Jenuh
Lereng I	1.037	0.998	0.640
Lereng II	1.231	0.887	0.564
Lereng III	1.055	1.038	0.658

Hasil perbandingan FK dengan penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 6 – Tabel 8 dan perbandingan persentase penurunan FK dari tanah kering ke basah dan dari tanah kering ke jenuh dengan penelitian terdahulu yang sejenis ditunjukkan pada Tabel 9 – Tabel 11. Hasil perbandingan menunjukkan angka keamanan terkecil pada saat kondisi tanah jenuh air.

Tabel 6. Perbandingan FK Dengan Penelitian Lulut Fadhilah

Kondisi Tanah	Penelitian Penulis			Penelitian Lulut Fadhilah		
	Lereng 1	Lereng 2	Lereng 3	Lereng 1	Lereng 2	Lereng 3
Kondisi Tanah Kering	1.037	1.231	1.055	0.785	0.844	0.557
Kondisi Tanah Basah	0.998	0.887	1.038	0.726	0.787	0.536
Kondisi Tanah Jenuh	0.64	0.564	0.658	0.447	0.485	0.335

Tabel 7. Perbandingan FK Dengan Penelitian Vidia Gholiati Lereng 1, 2 dan 3

Kondisi Tanah	Penelitian Penulis			Penelitian Vidia Gholiati		
	Lereng 1	Lereng 2	Lereng 3	Lereng 1	Lereng 2	Lereng 3
Kondisi Tanah Kering	1.037	1.231	1.055	1.510	1.663	1.724
Kondisi Tanah Basah	0.998	0.887	1.038	1.312	1.456	1.462
Kondisi Tanah Jenuh	0.64	0.564	0.658	0.828	0.902	0.905

Tabel 8. Perbandingan FK Dengan Penelitian Vidia Gholiati Lereng 4, 5 dan 6

Kondisi Tanah	Penelitian Penulis			Penelitian Vidia Gholiati		
	Lereng 1	Lereng 2	Lereng 3	Lereng 4	Lereng 5	Lereng 6
Kondisi Tanah Kering	1.037	1.231	1.055	1.498	1.873	2.324
Kondisi Tanah Basah	0.998	0.887	1.038	1.376	1.596	2.056
Kondisi Tanah Jenuh	0.64	0.564	0.658	0.861	0.977	1.247

Tabel 9. Perbandingan Penurunan FK Dengan Penelitian Lulut Fadhilah

Perbandingan Antara	Penelitian Penulis			Penelitian Lulut Fadhilah		
	Presentase Penurunan Angka Keamanan					
	Lereng 1 (%)	Lereng 2 (%)	Lereng 3 (%)	Lereng 1 (%)	Lereng 2 (%)	Lereng 3 (%)
Tanah Kering Dan Tanah Basah	3.7	27.9	1.6	7.5	6.7	3.7
Tanah Kering Dan Tanah Jenuh	38.2	54.1	37.6	43.0	42.5	39.8

Tabel 10. Perbandingan Penurunan FK Dengan Penelitian Vidia Gholiati

Perbandingan Antara	Penelitian Penulis			Penelitian Vidia Gholiati		
	Presentase Penurunan Angka Keamanan					
	Lereng 1 (%)	Lereng 2 (%)	Lereng 3 (%)	Lereng 1 (%)	Lereng 2 (%)	Lereng 3 (%)
Tanah Kering Dan Tanah Basah	3.7	27.9	1.6	13.1	12.4	15.1
Tanah Kering Dan Tanah Jenuh	38.2	54.1	37.6	45.1	45.7	47.5

Tabel 11. Perbandingan Penurunan FK Dengan Penelitian Vidia Gholiati

Perbandingan Antara	Penelitian Penulis			Penelitian Vidia Gholiati		
	Presentase Penurunan Angka Keamanan					
	Lereng 1 (%)	Lereng 2 (%)	Lereng 3 (%)	Lereng 4 (%)	Lereng 5 (%)	Lereng 6 (%)
Tanah Kering Dan Tanah Basah	3.7	27.9	1.6	8.1	14.7	11.5
Tanah Kering Dan Tanah Jenuh	38.2	54.1	37.6	42.5	47.8	46.3

4.2. PEMBAHASAN

Berdasarkan nilai angka keamanan pada Tabel 5. dapat dilihat dari perbedaan angka keamanan dengan nilai keamanan tertinggi ada pada saat kondisi tanah kering, lalu turun pada saat kondisi tanah basah dan paling kritis ada pada kondisi tanah jenuh. Kondisi pada saat tanah kering memiliki nilai faktor keamanan tertinggi dikarenakan gaya-gaya yang bekerja pada lereng tidak terpengaruh dengan kadar air.

Kondisi tanah basah mendapatkan nilai angka keamanan lebih rendah dari kondisi tanah kering dikarenakan terdapat kandungan air disaat kondisi tanah basah sehingga gaya yang bekerja lebih banyak sehingga gaya pelongsor dan gaya normal juga bertambah dengan gaya normal lebih kecil dari gaya pelongsor.

Kondisi tanah jenuh memiliki nilai angka paling kecil dan kritis dikarenakan pada kondisi tanah ini mengandung banyak air sehingga menambah berat gaya pelongsor dan gaya normal di saat kondisi jenuh air tetapi nilai kohesi dan sudut geser dalam

tanah berkurang dikarenakan air yang terkandung didalam tanah tersebut.

Berdasarkan tabel perbandingan persentase penurunan FK, pada penelitian ini didapat angka keamanan pada lereng saat kondisi kering sebesar 1.037, 1.231 dan 1.055 kemudian pada saat kondisi tanah basah sebesar 0.998, 0.887 dan 1.038 sedangkan untuk kondisi tanah jenuh sebesar 0.640, 0.564 dan 0.658.

Penurunan angka keamanan saat kondisi tanah kering ke tanah basah sebesar 3.7%, 27.9% dan 1.6% sedangkan untuk kondisi tanah kering ke tanah jenuh sebesar 38.2%, 54.1% dan 37.6%.
padatan tanah dan tinggi muka air

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Didapatkan kesimpulan dan saran diantaranya sebagai berikut:

1. Data parameter tanah yang berpengaruh terhadap keamanan lereng adalah tinggi lereng (H), kemiringan lereng (θ), berat volume tanah (γ), kadar air (w), kohesi tanah (c) dan sudut gesek dalam (ϕ).
2. Angka keamanan yang diperoleh setelah di analisis dengan Fellenius dengan perhitungan empiris pada saat kondisi tanah kering didapatkan angka keamanan > 1 (1.037, 1.231 dan 1.055).
3. Angka keamanan yang diperoleh setelah di analisis dengan Fellenius dengan perhitungan empiris pada saat kondisi tanah basah didapatkan angka keamanan $1 <$ (0.998 dan 0.887) pada lereng 1 dan 2, dan pada lereng 3 didapatkan angka > 1 (1.038).
4. Angka keamanan yang diperoleh setelah di analisis dengan Fellenius dengan perhitungan empiris pada saat kondisi tanah jenuh didapatkan angka keamanan $1 <$ (0.640, 0.564 dan 0.658).
5. Hasil analisis menunjukkan semua lereng berpotensi mengalami longsor pada musim hujan dengan kondisi tanah jenuh atau kenyang air dengan angka keamanan lereng $1 <$ (kurang dari 1) dan untuk tanah dengan kondisi jenuh air menunjukkan potensi longsor yang kritis karena angka keamanan $0.8 <$.

5.2. Saran

Saran yang diberikan sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian menunjukkan perlunya Pemerintah Kabupaten Magelang melakukan antisipasi longsor lereng mengingat di kondisi tanah kering sekalipun angka keamanan lereng tidak dalam keadaan sepenuhnya aman. Perbaikan atau antisipasi dapat dilakukan dengan menggunakan retaining wall, menggunakan bronjong pada muka lereng atau mengurangi ketinggian lereng dengan metode terasering.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan tambahan data curah hujan disekitar wilayah lereng dan menggunakan Software Analisis Stabilitas Lereng seperti Geoslope/W dan Rockscience.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk menentukan perkuatan lereng dan dimensi yang diperlukan di tiap lereng.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Caesar, Fahri., (2018).
"Pengaruh Ketinggian Lereng Terhadap Gaya Longsor Tanah Homogen", Universitas Tidar, Magelang.
- Fadhilah, L., (2019).
"Analisis Stabilitas Lereng di Desa Balerejo Kecamatan Kaliangkrik dengan Menggunakan Metode Fellenius", Universitas Tidar, Magelang.
- Gholiati, Vidia., (2021).
"Analisis Stabilitas Lereng Di Wilayah Kecamatan Windusari Kabupaten Magelang Menggunakan Software Geoslope/W Dan Model Empiris", Universitas Tidar, Magelang.
- Imbar, E, R, B., dkk., (2019)
"Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Slope/W Dan Geostructural", Jurnal Tekno. Kecamatan Salaman dalam Angka, 2019, BPS Kabupaten Magelang.
- Mawardi, dkk., (2018)
"Land Slide Analysis Using Digital Elevation Models", Jurnal Inersia.
- Subagio, dkk., (2019),
"Analisis Stabilitas Lereng di Desa Sukamulih Kecamatan Sukajaya Kabupaten Bogor", Jurnal Kajian Teknik Sipil

Yogyakarta.

Toha, M., T., dkk., (2019).

Pseudo-static slope stability analysis around the landslide at railway tunnel, South Sumatera, Indonesia, Sriwijaya international Conference on Science, Engineering, and Technolog