

KEMIRINGAN LERENG YANG TEPAT UNTUK MENCEGAH KELONGSORAN DI DESA BARENG KECAMATAN SAWAHAN KABUPATEN NGANJUK

Salman Alfaridh Pasya¹, Agata Iwan Candra^{2*}, Niko Andika Erwanda³, Nadi Rheiza Fathurrohman⁴,
Atsfiela Dzulkhan Qalby⁵, Muhammad Rosyid Abdul Rohman Fauzy⁶, Prendy Eliya Mahendra⁷

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri,
Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: salman.apasya@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri,
Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: iwan_candra@unik-kediri.ac.id

³Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri,
Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: nikoandika111@gmail.com

⁴Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri,
Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: rheyfr@gmail.com

⁵Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri,
Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: filadq596@gmail.com

⁶Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri,
Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: rosyidfhm78@gmail.com

⁷Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri,
Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: juplek2601@gmail.com

ABSTRAK

Sawahan District is one of 25 sub-districts in Nganjuk Regency, East Java, Indonesia. Sawahan District has quite good agricultural and tourism potential. Recently, landslides have hit several areas in Nganjuk Regency, one of which is Sawahan District. The area has the potential for landslides because it is dominated by hilly areas with steep slopes and high rainfall intensity. The impact of this disaster included road access that was cut off between the village and the sub-district and the main road leading to the Sedudo Waterfall tour. This study aims to identify soil properties, soil consistency, shear angle, and slope safety factor. The method used is the Atterberg limit test, sieve analysis, soil shear strength, and slope stability calculations using the Bishop method. The test results show that the soil is classified as CL with low plasticity and shear angle, in wet soil it produces a shear angle value of 19.74° and an Fs value of 0.20 while in dry conditions it produces a shear angle value of 24.86° and an Fs value of 0.28. Based on the analysis it is suggested that the slope is 50° to achieve Fs 1.09. This research can be used as a basic reference for planning before construction is carried out and provides slope design recommendations for slope planning that is safe to prevent landslides.

Keywords: Landslide, Soil Type, Soil Consistency, Sliding Angle, Safety Factor

ABSTRAK

Kecamatan Sawahan merupakan salah satu dari 25 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur, Indonesia. Kecamatan Sawahan memiliki potensi pertanian dan pariwisata yang cukup baik. Belakangan ini bencana tanah longsor telah melanda beberapa wilayah di Kabupaten Nganjuk, salah satunya adalah Kecamatan Sawahan. Daerah tersebut memang berpotensi longsor dikarenakan didominasi oleh daerah perbukitan dengan lereng yang curam dan intensitas curah hujan yang tinggi. Dampak bencana ini meliputi akses jalan yang terputus antar Desa dengan Kecamatan dan jalan utama

menuju wisata Air Terjun Sedudo. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sifat tanah, konsistensi tanah, sudut geser, dan faktor keamanan lereng. Metode yang digunakan adalah pengujian batas *Atterberg*, analisa ayakan, kuat geser tanah, dan perhitungan stabilitas lereng dengan metode *Bishop*. Hasil pengujian menunjukkan tanah tergolong CL dengan plastisitas dan sudut geser yang rendah, pada tanah basah menghasilkan nilai sudut geser $19,74^\circ$ dan nilai F_s 0,20 sedangkan pada kondisi kering menghasilkan nilai sudut geser sebesar $24,86^\circ$ dan nilai F_s 0,28. Berdasarkan analisis disarankan kemiringan lereng sebesar 50° untuk mencapai F_s 1,09. Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dasar perencanaan sebelum dilakukan pembangunan konstruksi dan memberikan rekomendasi desain kemiringan lereng untuk perencanaan lereng yang aman mencegah terjadinya longsor.

Kata kunci: Longsor, Jenis Tanah, Konsistensi Tanah, Sudut Geser, Faktor Keamanan.

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Sawahan merupakan salah satu dari 25 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur, Indonesia. Kecamatan Sawahan memiliki potensi pertanian dan pariwisata yang cukup baik, dengan mayoritas penduduknya menggantungkan hidup dari sektor pertanian (Jumiati 2019). Komoditas utama pertanian yang dibudidayakan yaitu padi, jagung, sayuran, dan tembakau. Terdapat juga beberapa objek wisata terkenal di kecamatan ini, seperti Air Terjun Sedudo, Air Terjun Singokromo, Watu Lawang, dan Taman Langit Sawahan. Adanya wisata-wisata ini memberikan pengaruh positif bagi kecamatan tersebut, baik secara ekonomi maupun sosial (Syarifudin, N. 2020).

Tanah longsor merupakan suatu peristiwa dimana lapisan tanah atau batuan tergelincir secara tiba-tiba dari kemiringan lereng yang curam (Huang et al. 2020). Hal ini biasanya terjadi akibat berbagai faktor, seperti kelembaban yang tinggi, kejenuhan air, getaran, gempa bumi, perubahan tekanan air, perubahan tingkat air tanah, erosi, atau aktivitas manusia seperti pemotongan lereng atau pembangunan yang tidak tepat (Chiu, Chen, and Yeh 2019; Fariza, Basofi, and Hamida 2022). Belakangan ini bencana tanah longsor telah melanda beberapa wilayah di Kabupaten Nganjuk, salah satunya adalah Kecamatan Sawahan. Daerah tersebut memang berpotensi longsor dikarenakan didominasi oleh daerah perbukitan dengan lereng yang curam dan intensitas curah hujan yang tinggi. Kemiringan lereng yang begitu curam di daerah tersebut menyebabkan sering terjadi longsor dan berdampak langsung terhadap masyarakat (Mebrahtu et al. 2021; Skrzypczak et al. 2021). Pada tanggal 6 Januari 2016, bencana longsor menyebabkan tertutupnya akses jalan yang menghubungkan pusat Desa Bareng dengan Kecamatan Sawahan, sehingga warga setempat terganggu aktivitasnya sampai harus memutar melalui jalan alternatif sejauh 7 kilometer (Soewandito 2016). Longsor juga kembali terjadi pada tanggal 6 Desember 2020, lereng setinggi 20 meter longsor dan menutup akses jalan utama menuju wisata Air Terjun Sedudo sepanjang 8 meter (Harianto S. 2020).

Bila diperhatikan secara visual tanah di daerah tersebut tergolong lempung dengan tingkat keplastisan yang rendah, kemiringan lereng yang begitu curam, serta kemungkinan memiliki nilai faktor keamanan lereng yang rendah. Tanah lempung berjenis CL memiliki nilai F_s (*Safety Factor*) sebesar 2,150 pada kondisi drained dan menurun menjadi 0,733 pada kondisi undrained, ini menunjukkan tanah tersebut memiliki kemampuan yang buruk untuk mengalirkan air melalui tanah sehingga terjadi longsor (Doubouya, Guan, and Bowa 2020). Tanah lempung dengan indeks plastisitas sebesar 9 tergolong plastisitas rendah memiliki nilai F_s sebesar 1,30 yang menunjukkan lereng tersebut stabil dan tidak rawan longsor (Igwe and Chukwu 2019). Selain jenis dan konsistensi tanah, sudut geser juga merupakan salah satu faktor penyebab longsor (Terli, Kalhan, and Koca 2021). Lereng setinggi 25 m dengan sudut geser $17,5^\circ$ dan kohesi 8,5 kPa memiliki nilai F_s sebesar 0,7503 ini menunjukkan lereng tersebut rawan longsor (Chen et al. 2021). Nilai F_s yang rendah juga dimiliki oleh lereng dengan ketinggian 8 m, kemiringan lereng 75° , sudut geser 14° , dan kohesi 15 kPa memiliki nilai F_s sebesar 0,853 (Salmasi, Pradhan, and Nourani 2019). Nilai faktor keamanan lereng juga dipengaruhi oleh kadar air (Yue et al. 2022). Lereng dengan kadar air 18%, sudut geser $11,13^\circ$, dan kohesi 0,28 kPa memiliki nilai F_s sebesar 0,388. Sedangkan lereng dengan kadar air 20%, sudut geser $9,09^\circ$, dan kohesi 0,16 kPa memiliki nilai F_s sebesar 0,289 (Wahyudi and Agustina 2022). Salah satu cara untuk meningkatkan kestabilan lereng adalah dengan memotong lereng yang curam. Lereng dengan sudut kemiringan awal 40° dan nilai F_s 0,94 dipotong 45° dari ujung lereng dan 20° dari dasar lereng, upaya ini menaikkan F_s sebesar 1,33 dengan klasifikasi stabil (Santoso, Muryani, and Permatasari 2019). Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian meliputi batas *atterberg*, analisa ayakan, kuat geser, menghitung stabilitas lereng, serta memberikan rekomendasi kemiringan lereng.

Hasil dari penelitian batas *atterberg* adalah mengetahui nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastis yang digunakan sebagai salah satu parameter menentukan jenis dan konsistensi tanah. Analisa ayakan didapatkan nilai C_u (*Uniformity Coefficient*) dan C_c (*Coefficient Curvature*) yang digunakan untuk melengkapi parameter batas *atterberg* dalam menentukan jenis tanah. Pengujian berikutnya adalah kuat geser menggunakan alat *Direct Shear Test* didapatkan nilai kohesi dan sudut geser. Nilai tersebut digunakan untuk menghitung stabilitas lereng.

Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi sifat tanah, konsistensi tanah, sudut geser, dan faktor keamanan lerengnya. Manfaat penelitian adalah dapat menjadi acuan dasar untuk mengembangkan langkah-langkah tepat sebelum dibangun konstruksi serta memberikan rekomendasi desain terkait kemiringan lereng untuk mencegah terjadinya longsor.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan meliputi batas *Atterberg*, analisis ayakan, kuat geser tanah dan stabilitas lereng metode *Bishop* menggunakan eksperimental dengan pengambilan sampel di Desa Bareng, Kecamatan Sawahan, Kabupaten Nganjuk. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri.

Batas Cair

Dalam pengujian batas cair, lima sampel tanah dengan berat 100 gram masing-masing digunakan. Kadar air divariasikan dalam sampel-sampel tersebut. Sampel tanah dimasukkan ke dalam *Casagrande* hingga terjadi penyatuannya dengan bagian dasar. Setelah itu, tanah ditimbang dan kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam (ASTM D 4318-00 2000).

Batas Plastis

Dalam pengujian ini, sampel tanah diambil dengan tingkat konsistensi yang sudah ditentukan sebelumnya. Sampel tanah digulung hingga retak dengan diameter 3mm, dan setiap pecahan dimasukkan ke dalam cawan. Selanjutnya, cawan-cawan tersebut ditimbang dan ditempatkan di dalam oven selama 24 jam (ASTM D 4318-00 2000).

Analisa Ayakan

Persiapkan sejumlah ayakan dengan ukuran berbeda, termasuk ukuran no 4, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, dan ayakan berlubang lebih besar (pan). Selanjutnya, gunakan mesin ayak (*sieve shaker*) untuk menyaring sampel tanah, lalu timbang jumlah tanah yang tertahan pada masing-masing ayakan (ASTM 2006).

Kuat Geser Tanah

Persiapkan tiga sampel tanah basah dan tiga sampel tanah kering secara terpisah. Timbang dan ukur diameter dari masing-masing sampel tanah. Siapkan alat uji langsung (*Direct Shear Test*), pasang piston beban, proving ring, dan indikator dial horizontal. Atur jarum jam agar berada pada posisi nol. Setelah itu, putar secara manual alat uji langsung (*Direct Shear Test*) hingga mencapai nol. Pengujian *Direct Shear Test* dilakukan dengan memutar alat searah per 20 putaran secara konsisten. Selanjutnya, timbang dan ukur diameter dari masing-masing sampel tersebut (ASTM D3080/D3080M –11 2004).

Stabilitas Lereng

Mengumpulkan data geoteknik yang diperlukan untuk analisis stabilitas lereng, seperti sudut geser (ϕ), kohesi (c), dan berat jenis tanah (γ). Berdasarkan data yang dikumpulkan, faktor-faktor kestabilan seperti *Factor of safety* (F_s) harus dihitung. Perhitungan ini melibatkan penggunaan persamaan-persamaan yang ditentukan dalam metode *Bishop* (Braja M and Khaled 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

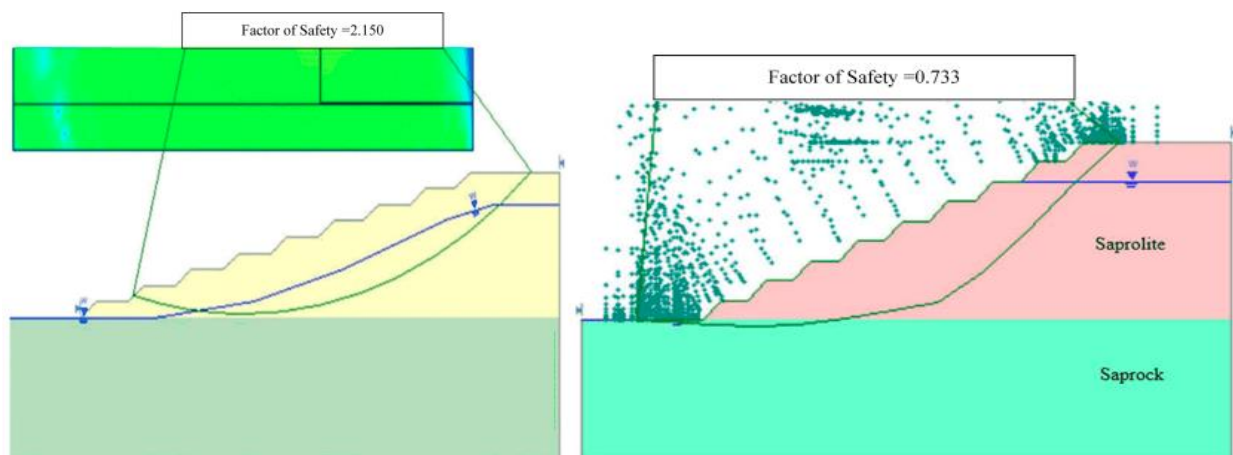
Jenis Tanah Terhadap Drainase

Berdasarkan tabel 1, menurut klasifikasi USCS tanah pada lereng berjenis CL. Tanah tersebut memiliki drainase yang buruk karena partikel lempung yang halus dan rapat. Sehingga berdampak negatif terhadap stabilitas lereng dan mengurangi nilai faktor keamanan (Ademila and Olayinka 2020).

Tabel 1. Klasifikasi USCS

Criteria For Assigning Group Symbol			Group Symbol		
Coarse-grained Soils More than 50% retained on No. 200 sieve	Gravels More than 50% of coarse fraction retained on No. 4 sieve	Clean Gravels Less than 5% fines	$C_u \geq 4$ and $1 \leq C_c \leq 3$ $C_u < 4$ and/or $C_c \leq 1$ or $C_c > 3$	GW SP	
		Gravels with Fines More than 12% fines	$PI < 4$ or plots below "A" line $PI > 7$ and plots on/or above "A" line	GM GC	
	Sands 50% or more of coarse fraction passes No. 4 sieve	Clean Sands Less than 5% fines	$C_u \geq 6$ and $1 \leq C_c \leq 3$ $C_u < 6$ and/or $C_c \leq 1$ or $C_c > 3$	SW SP	
		Sands with fines More than 12% fines	$PI < 4$ or plots below "A" line $PI > 7$ and plots on/or above "A" line	SM SC	
		Silts and Clays Liquid limit less than 50	Inorganic	$PI > 7$ and plots on/or above "A" line $PI < 4$ or plots below "A" line	CL ML
			Organic	$\frac{\text{Liquid Limit} - \text{Oven dried}}{\text{Liquid Limit} - \text{Not dried}} < 0,75$	OL
	Fine-grained Soils 50% or more passes No. 200 sieve	Silts and Clays Liquid Limit 50 or more	Inorganic	PI plots on/or above "A" line PI plots below "A" line	CH MH
			Organic	$\frac{\text{Liquid Limit} - \text{Oven dried}}{\text{Liquid Limit} - \text{Not dried}} < 0,75$	OH
Highly Organic Soils		Primarily organic matter, dark in color, and organic odor		Pt	

Dari gambar 1 diketahui bahwa jenis tanah CL dalam lereng tersebut mengalami penurunan nilai faktor keamanan lereng dari 2,150 pada kondisi drained menjadi 0,733 pada kondisi undrained. Hal ini disebabkan oleh peningkatan tekanan air pori di dalam tanah yang tidak dapat dengan cepat tereduksi (Doubouya, Guan, and Bowa 2020).



Sumber: Influence of Rainfall Patterns on the Slope Stability of the Lumwana (the Malundwe) Open Pit (Doubouya, Guan, and Bowa 2020).

Gambar 1. Nilai Faktor Keamanan pada Kondisi Drained dan Undrained

Konsistensi Tanah Terhadap Kekuatan Geser

Dari tabel 2 didapatkan nilai indeks plastis sebesar 7,593 tergolong plastisitas rendah. tanah dengan plastisitas rendah sebenarnya cenderung memberikan nilai faktor keamanan yang lebih tinggi karena lebih stabil dan mampu menahan gaya geser dengan lebih baik (Juang et al. 2019; Ushev and Jardine 2022).

Tabel 2. Konsistensi Tanah

Batas Cair	Batas Plastis	Indeks Plastis
38,493	30,90	7,593

Dari tabel 3 diketahui tanah pada lokasi Enyigba (EN3) memiliki nilai indeks plastis sebesar 9 tergolong plastisitas rendah, pada tabel 4 tanah tersebut diketahui memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,30 nilai ini menunjukkan lereng tersebut cukup stabil (Igwe and Chukwu 2019).

Tabel 3. Sifat Indeks Tanah

Location	Sample No.	Description	NMC	LL	PL	PI	γ (KN/m ³)
Ameri	Am1	Old Tailing	13	52	33	19	16.45
Ameri	Am2	New Tailing	7	24	NP	NP	15.80
Enyigba	EN3	Old Tailing	8	43	34	9	14.93
Enyigba	EN10	Old Tailing	3	59	35	24	16.59
Enyigba	EN14	New Tailing	4	36	24	12	15.41
Enyigba	EN15	Old Tailing	4	59	33	26	15.38
Enyigba	EN16	Old Tailing	3	42	28	14	15.82

Sumber: Slope stability analysis of mine waste dumps at a mine site in Southeastern Nigeria (Igwe and Chukwu 2019).

Tabel 4. Hasil Analisa Stabilitas Lereng

Location	Slope Description	Fs	Remark
Ameri	Old Dump	1.30	Fairly Stable
Ameri	New Dump	1.00	Criticaly Stable
Enyigba	Old Dump	1.30	Fairly Stable
Enyigba	Old Dump	1.15	Poorly Stable
Enyigba	Old Dump	1.24	Fairly Stable

Sumber: Slope stability analysis of mine waste dumps at a mine site in Southeastern Nigeria (Igwe and Chukwu 2019).

Sudut Geser Terhadap Stabilitas Lereng

Dari tabel 5 didapatkan nilai sudut geser sebesar 24,86° pada kondisi kering, dan 19,74 ° pada kondisi basah. Nilai ini tergolong rendah yang menunjukkan bahwa tanah memiliki kekuatan geser yang rendah (Erfen, Musta, and Ahmad 2019; Kamal et al. 2022; Yuliani and Hendrawan 2019).

Tabel 5. Sudut Geser

Kadar Air (%)	Sudut Geser (°)	Kohesi (Kpa)
42,59	19,74	0,72
18,93	24,86	2,05

Dari tabel 6 diketahui bahwa pada *Slope 1* sudut geser sebesar 34° memiliki nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,9654. Pada *Slope 2* sudut geser sebesar 17,5° memiliki nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,7503. Pada *Slope 3* sudut geser sebesar 19,6° memiliki nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,9834. Hal ini menunjukkan sudut geser yang rendah pada tanah dapat menyebabkan penurunan nilai faktor keamanan lereng (Chen et al. 2021).

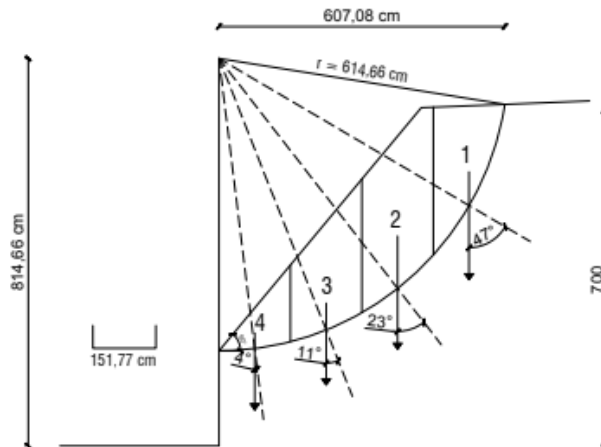
Tabel 6. Hubungan Sudut Geser dengan Kelongsoran

<i>Slope examples</i>	<i>Slope Properties</i>	θ_e	$F_{sc}/F_{s\phi}$	<i>Proposed</i>		
				<i>Existing</i>	W_c/W_ϕ	<i>Proposed</i>
<i>Slope 1</i>	H = 20 m	36.4°	1.5901/2.3750	1.9433	0.5218/0.4782	1.9654
	$\theta = 60^\circ$			1.9826		
	$\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$			1.8686		
	c = 90 kPa					
	$\phi = 34^\circ$					
<i>Slope 2</i>	H = 25 m	40.1°	0.6397/0.8592	0.7414	0.4961/0.5039	0.7503
	$\theta = 30^\circ$			0.7495		
	$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$			0.7256		
	c = 8.5 kPa					
	$\phi = 17.5^\circ$					
<i>Slope 3</i>	H = 15 m	21.7°	0.9680/0.9989	0.9805	0.5011/0.4989	0.9834
	$\theta = 27^\circ$			0.9835		
	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$			0.9831		
	c = 3.0 kPa					
	$\phi = 19.6^\circ$					

Sumber: *Slope Stability Analysis Considering Different Contributions of Shear Strength Parameters* (Chen et al. 2021).

Stabilitas Lereng Terhadap Kadar Air

Dari tabel 7, tabel 8 dan gambar 2 diketahui bahwa lereng pada kondisi kering memiliki nilai faktor keamanan (F_s) sebesar 0,28, sedangkan pada kondisi basah memiliki nilai faktor keamanan (F_s) sebesar 0,20. Nilai ini menunjukkan jika lereng tersebut kurang stabil.



Gambar 3. Metode Bishop

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan jenis tanah CL, tanah tersebut adalah tanah berlempung dengan kemampuan drainase yang buruk. Pengujian batas *atterberg* didapatkan nilai indeks plastis sebesar 7,593 termasuk plastisitas rendah. Pengujian kuat geser didapatkan nilai sudut geser sebesar $24,86^\circ$ pada kondisi kering dan $19,74^\circ$ pada kondisi basah. Nilai ini digunakan sebagai salah satu parameter untuk menghitung stabilitas lereng. Stabilitas lereng didapatkan nilai faktor keamanan 0,28 pada kondisi kering, sedangkan pada kondisi basah nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,20. Desain kemiringan didapatkan nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,09 dengan kemiringan lereng sebesar 50° . Dari berbagai pengujian dapat disimpulkan tanah di Desa Bareng, Kecamatan Sawahan, Kabupaten Nganjuk mempunyai tanah lempung dengan plastisitas dan sudut geser yang rendah sehingga tanah tersebut rawan longsor dibuktikan dengan nilai faktor keamanan lereng $F_s < 1$ dan direkomendasikan kemiringan lereng sebesar 50° sehingga nilai faktor keamanan lereng meningkat sebesar 1,09. Kontribusi dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai acuan dasar perencanaan sebelum dilakukan pembangunan konstruksi dan memberikan cara yang tepat untuk menentukan model perencanaan lereng yang aman untuk mencegah terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Ademila, Omowumi, and Abel Idowu Olayinka. 2020. "Geotechnical Investigation of Pavement Failure; Causes and Inherent Solutions for Sustainable Highway Construction in Sub-Saharan Africa." *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik* 35, no. 4: 103–14. <https://doi.org/10.17794/rgn.2020.4.9>.
- ASTM. 2006. "ASTM C 136-06: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates" 04.
- ASTM D 4318-00. 2000. "D4318 - 00: Standards, for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils This c of Soils, ASTM D 4318-00." *ASTM International* 04: 1–14.
- ASTM D3080/D3080M –11. 2004. "3080--4: 2004, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions." *West Conshohocken: ASTM International* i. <https://doi.org/10.1520/D3080>.
- Braja M, Das, and SObhan Khaled. 2014. *Principles of Geotechnical Engineering, Eight Edition. Cengage Learning*. Vol. 5. <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>.
- Chen, Yifan, Hang Lin, Rihong Cao, and Chunyang Zhang. 2021. "Slope Stability Analysis Considering Different Contributions of Shear Strength Parameters." *International Journal of Geomechanics* 21, no. 3: 1–9. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)gm.1943-5622.0001937](https://doi.org/10.1061/(asce)gm.1943-5622.0001937).
- Chiu, Yen Yu, Hung En Chen, and Keh Chia Yeh. 2019. "Investigation of the Influence of Rainfall Runoff on Shallow Landslides in Unsaturated Soil Using a Mathematical Model." *Water (Switzerland)* 11, no. 6. <https://doi.org/10.3390/w11061178>.
- Doumbouya, Lancine, Chang Sheng Guan, and Victor Mwango Bowa. 2020. "Influence of Rainfall Patterns on the Slope Stability of the Lumwana (the Malundwe) Open Pit." *Geotechnical and Geological Engineering* 38, no. 2: 1337–46. <https://doi.org/10.1007/s10706-019-01094-7>.

- Erfen, H. F.W.S., B. Musta, and M. S. Ahmad. 2019. "Stability Assessment of Pinousuk Gravel Slopes from Mesilou, Kundasang, Sabah." *Journal of Physics: Conference Series* 1358, no. 1. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1358/1/012070>.
- Fariza, Arna, Arif Basofi, and Silfiana Nur Hamida. 2022. "Spatial Mapping of Landslide Susceptibility Level in Pacitan District Using Analytical Hierarchy Process and Natural Break." *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi* 13, no. 1: 55–66. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v13i1.8619>.
- Harianto S. 2020. "Tebing 20 Meter Longsor Tutup Akses Utama Air Terjun Sedudo Nganjuk Dibersihkan." *Detik.Com*, 2020. <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-5283579/tebing-20-meter-longsor-tutup-akses-utama-air-terjun-sedudo-nganjuk-dibersihkan>.
- Huang, Da, Shi Lin Luo, Zhu Zhong, Dong Ming Gu, Yi Xiang Song, and Roberto Tomás. 2020. "Analysis and Modeling of the Combined Effects of Hydrological Factors on a Reservoir Bank Slope in the Three Gorges Reservoir Area, China." *Engineering Geology* 279: 105858. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105858>.
- Igwe, Ogonnaya, and Chidinma Chukwu. 2019. "Slope Stability Analysis of Mine Waste Dumps at a Mine Site in Southeastern Nigeria." *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 78, no. 4: 2503–17. <https://doi.org/10.1007/s10064-018-1304-8>.
- Juang, C. Hsein, Tom Dijkstra, Janusz Wasowski, and Xingmin Meng. 2019. "Loess Geohazards Research in China: Advances and Challenges for Mega Engineering Projects." *Engineering Geology* 251, no. January: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.01.019>.
- Jumiati. 2019. "Musrenbang 2019, Tiga Prioritas Pembangunan Menuju Nganjuk Maju Dan Bermartabat." *Megapos.Co.Id*, 2019. <http://megapos.co.id/index.php/2019/03/20/http-megapos-co-id-wp-content-uploads-2019-03-nganjuk-musrenbang-jpg/>.
- Kamal, A. S.M.Maksud, Farhad Hossain, Md Zillur Rahman, Bayes Ahmed, and Peter Sammonds. 2022. "Geological and Soil Engineering Properties of Shallow Landslides Occurring in the Kutupalong Rohingya Camp in Cox's Bazar, Bangladesh." *Landslides* 19, no. 2: 465–78. <https://doi.org/10.1007/s10346-021-01810-6>.
- Mebrahtu, Tesfay Kiros, Andre Banning, Ermias Hagos Girmay, and Stefan Wohnlich. 2021. "The Effect of Hydrogeological and Hydrochemical Dynamics on Landslide Triggering in the Central Highlands of Ethiopia." *Hydrogeology Journal* 29, no. 3: 1239–60. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02288-7>.
- N., Syaifudin. 2020. "Selingkar Wilis Nganjuk Kawasan Strategis Geliatkan Wisata Dan Perekonomian." *Harianbangsa.Net*, 2020. <https://harianbangsa.net/selingkar-wilis-nganjuk-kawasan-strategis-geliatkan-wisata-dan-perekonomian>.
- Salmasi, Farzin, Biswajeet Pradhan, and Bahram Nourani. 2019. "Prediction of the Sliding Type and Critical Factor of Safety in Homogeneous Finite Slopes." *Applied Water Science* 9, no. 7. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1038-1>.
- Santoso, Dian Hudawan, Eni Muryani, and Adilla Zahra Permatasari. 2019. "Pengendalian Longsor Di Daerah Desa Sumberharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta." *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan* 5, no. 2: 61–70. <https://doi.org/10.29303/jstl.v5i2.109>.
- Skrzypczak, Izabela, Wanda Kokoszka, Dawid Zientek, Yongjing Tang, and Janusz Kogut. 2021. "Landslide Hazard Assessment Map as an Element Supporting Spatial Planning: The Flysch Carpathians Region Study." *Remote Sensing* 13, no. 2: 1–20. <https://doi.org/10.3390/rs13020317>.
- Soewandito. 2016. "Tebing Desa Bareng Nganjuk Longsor." *Bangsaonline.Com.*, 2016. <https://bangsaonline.com/berita/17712/tebing-desa-bareng-nganjuk-longsor?page=all>.
- Terli, Batuhan, Enes Kalhan, and M. Yalçın Koca. 2021. "Investigation of Toppling Failures in an Open Pit Coal Mine Located in the Foot Wall of Eynesiz Fault-Soma (670-Pillar)." *Jeoloji Muhendisligi Dergisi* 45, no. 1: 83–114. <https://doi.org/10.24232/JMD.935856>.
- Ushev, Emil, and Richard Jardine. 2022. "The Behaviour of Bolders Bank Glacial till under Undrained Cyclic Loading." *Geotechnique* 72, no. 1: 1–19. <https://doi.org/10.1680/jgeot.18.P.236>.
- Wahyudi, Rofi, and Dian Hastari Agustina. 2022. "Pengaruh Kadar Air Terhadap Kestabilan Lereng." *Sigma Teknika* 5, no. 1: 151–57. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i1.4153>.
- Yue, Jianwei, Xuanjia Huang, Limin Zhao, and Zifa Wang. 2022. "A Stability Analysis of the Ancient Site of Liye Based on the Strength Reduction Method." *Applied Sciences (Switzerland)* 12, no. 6. <https://doi.org/10.3390/app12062986>.
- Yuliani, Emma, and Andre Primantyo Hendrawan. 2019. "Effectiveness of Decreasing Permeability and Increasing Shear Strength of Sandy Soil Using Exopolysaccharide Biopolymer." *International Journal of GEOMATE* 17, no. 64: 224–29. <https://doi.org/10.21660/2019.64.63608>.