

Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellenius Dan Metode Rankine Studi Kasus: Jln Poros Salu-Dende' Lembang Salu Sarre Kecamatan Sopai

Yulius Pakiding¹, W Darma Putra², Marsel Sande³

^{1,2,3}Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jalan Poros Rantepao Pangli, Kakondongan Toraja Utara
yuliuspakidingsipil@gmail.com

Abstract

The earth's surface has a fairly varied and irregular shape, consisting of high, low and water plains. As for the slopes, which are part of the highlands, because they are on the plateau, the slopes are an area where landslides often occur, this also does not escape the type of soil that is on the slopes, as happened on Jln. Salu-Dende axis Lembang Salu Sarre, Sopai District, where the landslide that occurred had an impact on the area because part of the road was also carried away by the landslide. To find out the cause of the landslide, an analysis was carried out at the landslide location, the analysis here was carried out by conducting soil research at the landslide location to determine the quality of the soil, the analysis was also carried out using 2 methods, namely the Fellenius method and the Rankine method to study further the condition of the landslide location so that it can determine the appropriate treatment. After conducting laboratory research, it was found that the soil at the landslide location was clay soil where clay soil had quite good adhesion between particles, and from the results of the analysis using the Fellenius method it was known that the FK value = $0,77 > 1,5$ where the results were declared not safe. and from the results of the Rankine method analysis it is known that the value of $K_a = 0,86$ and $K_p = 0,86$ where these results are classified as cohesive soils, namely soils with high adhesion between particles. So that the countermeasures used are gabions, where gabions have elastic properties and are easy to apply. After carrying out a horizontal force analysis, the results obtained are $\sum H = -0,7 < 0$ and the results of the FS calculation = 1 where the results are declared safe.

Keywords: Slope Stability, Fellenius Method and Rankine Method, gabions.

Abstrak

Permukaan bumi memiliki bentuk yang cukup bervariasi dan tak beraturan, yang terdiri dari dataran tinggi, rendah dan perairan. Adapun lereng yaitu bagian dari pada dataran tinggi, karena berada pada dataran tinggi lereng merupakan daerah yang sering terjadi longsor, hal tersebut juga tak luput dari jenis tanah yang ada pada daerah lereng, seperti yang terjadi pada Jln. Poros Salu-Dende' Lembang Salu Sarre, Kecamatan Sopai, dimana longsor yang terjadi berdampak pada daerah tersebut oleh karena sebagian badan jalan ikut terbawa longsor. Analisis dilakukan dengan menggunakan 2 metode yaitu metode Fellenius dan metode Rankine untuk memperelajari lebih lanjut keadaan lokasi longsor sehingga dapat ditentukan penanggulangan yang tepat. Setelah melakukan penelitian Laboratorium, diketahui tanah pada lokasi longsor merupakan tanah lempung dimana tanah lempung merupakan tanah yang memiliki daya rekat antar partikel yang cukup baik, dan dari hasil analisis menggunakan metode Fellenius diketahui nilai FK (Faktor Keamanan) = $0,77 < 1,5$ dimana hasil tersebut dinyatakan tidak aman, dan dari hasil analisis metode Rankine diketahui nilai K_a (Koefisien Tanah Aktif) = $0,86$ dan K_p (Koefisien Tanah Pasif) = $0,86$ dimana hasil tersebut tergolong tanah kohesif yaitu tanah dengan daya rekat antar partikel tinggi. Sehingga penanggulangan yang digunakan yaitu bronjong, dimana bronjong memiliki sifat elastis dan mudah dalam pengaplikasiannya. Setelah melakukan analisis gaya horizontal maka hasil yang didapatkan yaitu $\sum H$ (Gaya Geser Horizontal) = $-0,7 < 0$ dan hasil perhitungan SF (Safety Factor) = 1 dimana hasil tersebut dinyatakan aman.

Kata Kunci : Stabilitas Lereng, Metode Fellenius dan Metode Rankine, bronjong.

Copyright (c) 2023 Yulius Pakiding, W Darma Putra, Marsel Sande

Corresponding author: Yulius Pakiding

Email Address: yuliuspakidingsipil@gmail.com (Jalan Poros Rantepao Pangli, Kakondongan Toraja Utara)

Received 1 August 2023, Accepted 5 August 2023, Published 14 August 2023

PENDAHULUAN

Pengertian longsor dengan gerakan tanah mempunyai kesamaan. Berdasarkan defenisi dan klasifikasi longsor (Vames, 1978), maka disimpulkan bahwa gerakan tanah adalah gerakan

perpindahan tanah atau gerakan lereng dari atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Longsor merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas jatuhan, jungkitan, luncuran, aliran, gerakan horizontal atau bentang lateral rayapan dan longsor majemuk.

Dalam melakukan observasi ataupun penelitian tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode, namun penulis lebih tertarik untuk menggunakan 2 (*dua*) metode, yaitu metode Fellenius dan metode Rankine. Ada beberapa metode untuk menganalisis kestabilan lereng, yang paling umum digunakan ialah metode irisan yang dicetuskan oleh Fellenius (1939). Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*). Rankine (1857) telah menyelidiki keadaan di dalam tanah yang berbeda pada keadaan keseimbangan plastis. Yang dimaksud keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik di dalam massa tanah menuju suatu proses ke suatu keadaan runtuh.

Jalan poros Salu-Dende Lembang Salu Sarre Kecamatan Sopai telah terjadi longsor yang mengakibatkan bahu jalan dan sebagian badan jalan ikut terbawa longsor adapun sawah dan kebun warga yang terkena imbas dari longsor tersebut. Pada lokasi terjadinya longsor, jalan yang longsor tersebut berada pada lereng yang terjal pada bagian sebelah kanan, sedangkan sebelah kiri jalan adalah tebing. Longsor terjadi pada saat musim hujan berkepanjangan tepatnya pada bulan september 2021, adapun 11 meter panjang jalan, 2 meter lebar jalan yang amblas dan 28 meter ketinggian longsor serta 39 meter kedalaman, dimana setelah penulis melakukan analisa lapangan, kemungkinan terbesar terjadinya longsor ialah saluran irigasi tidak dapat menampung luapan air hujan yang mengalir dari arah Dende kemudian mengumpul didaerah terjadi longsor sehingga bencana tanah longsor pun tidak dapat dihindari.

Pada Jalan Poros Salu - Dende', Kecamatan Sopai, Lembang Salu Sarre merupakan salah satu jalan yang berada di daerah lereng yang sering mengalami kelongsoran yang dapat mengganggu lalu lintas pada jalan tersebut. Kestabilan lereng pada daerah tersebut perlu diketahui, sehingga kita dapat mengetahui penyebab utama dari kelongsoran tanah. Maka diperlukan proses peninjauan tanah pada daerah tersebut yang kemudian akan dilanjutkan dengan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja yang berada di Kampus 2 Kakondongan.

Berdasarkan dalam latar belakang diatas penulis tertarik untuk meneliti stabilitas lereng berdasarkan terjadinya longsor pada salah satu ruas jalan khususnya pada dusun Luba'ba, Kecamatan Sopai, Kabupaten Toraja Utara.

METODE

Pada studi ini, objek yang diteliti yaitu Kestabilan Lereng yang berada pada ruas jalan Salu-Dende' Dusun Luba'ba, Lembang Salu Sarre, Kecamatan Sopai dengan BC (ketinggian longsor)=28m, AC (kedalaman longsor)=48m, AB (sisi siku-siku)=39m dimana titik koordinat lokasi

penelitian (-2,9821920, 199,8407618). Yakni berjarak 12,2 km dari Kandian Dulang atau pusat kota Rantepao, Toraja Utara



Gambar 1. lokasi penelitian

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui survei langsung ke lokasi terkait untuk kepentingan penelitian. Pengambilan data ada 2 cara yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh dari survei langsung atau pengamatan langsung di lokasi penelitian.
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh peneliti dari buku, jurnal, situs yang dianggap dapat mendukung proses penelitian.



Tahapan penelitian

Dengan melihat bagan alir penelitian diatas, maka dapat diketahui tahapan penelitian yang akan dilakukan. Yaitu:

1. Mulai : Menyiapkan berbagai alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Survei lokasi : Survei lokasi bertujuan untuk dapat mengalasa keadaan sekitar pada lokasi penelitian.
3. Pengumpulan Data : Mengumpulkan data penelitian baik lisan maupun tertulis yang nantinya akan dijadikan dasar dalam penelitian dilapangan dan penelitian dilaboratorium. Selain itu pengumpulan data merupakan kegiatan mencari data di lapangan yang akan digunakan menjawab permasalahan penelitian.
4. Penelitian Lapangan : Dilakukan pengukuran tinggi lereng, luas longsor dan pengambilan sampel tanah untuk diteliti di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja.
5. Penelitian Laboratorium : Dilakukan dengan penelitian tentang kadar air, berat jenis, analisa saringan, kompaksi, batas-batas atterberg, dan CBR (*California Bearing Ratio*)
6. Kelengkapan Data : Setelah penelitian dilapangan dan penelitian Laboratorium selesai maka data yang akan digunakan dalam menganalisis kekuatan lereng akan dilengkapi untuk dapat menganalisis stabilitas lereng dengan metode Fellenius dan metode Rankine.
7. Pengolahan Data : Setelah kelengkapan data semua sudah ada maka dilakukan analisis dan pembahasan.
8. Analisis dan Pembahasan : Setelah kelengkapan data sudah ada atau selesai maka dilanjutkan dengan pembahasan dalam menganalisis stabilitas lereng.
9. Kesimpulan dan Saran : Setelah analisa dan pembahasan selesai maka dapat ditarik suatu kesimpulan akhir dan saran tentang stabilitas lereng dengan menggunakan metode Fullenius dan metode Rankine.
10. Selesai : Setelah kesimpulan akhir mengenai analisa stabilitas lereng dengan menggunakan metode Fellenius dan metode Rankine, maka penelitian dianggap selesai.

HASIL DAN DISKUSI

Analisis Laboratorium

Analisis kestabilan lereng dengan metode Fellenius dan Rankine memerlukan data sifat fisik material tanah. Pengujian sifat fisik material tanah di laboraturium bertujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis, kadar air, berat isi, batas-batas atterberg, analisa saringan, kompaksi, dan CBR.

Hasil Pengujian Berat Jenis

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis

No.	Nomor Percobaan	satuan	No Piknometer	
			1	2
1	Berat Piknometer, (W_1)	gram	31.8	32.1
2	Berat Piknometer + air, (W_2)	gram	80,3	81,8
3	Berat Piknometer + air + tanah, (W_3)	gram	95,7	97,6
4	Berat tanah kering, (W_s)	gram	27	27
5	Berat air, (W_w)	gram	9,6	9,2
6	Temperatur, °C	°C	25	25
7	faktor koreksi, $\alpha = \gamma_T / \gamma_{20}$	α	1.35	1.29
8	berat jenis, G_s	Gs	2.32	3.26
9	berat jenis rata-rata, (G_s)	Gs	2,79	

(sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air Dan Berat Isi

Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi				
No	Uraian Pegujian	Satuan	Sampel	
			1	2
1	berat ring (1)	Gram	230	230
2	berat wadah (2)	Gram	88.1	94.4
3	berat ring + berat wadah + tanah basah (3)	Gram	974.8	986.4
4	berat tanah basah(4)=(3)-(2)-(1)	Gram	656.7	662
5	volume tanah (5)	cm ³	385.02	380.54
6	berat ring + wadah + tanah kering (6)	Gram	787.93	775.8
7	berat tanah kering (7)=(6)-(1)-(2)	Gram	469.83	451.4
8	berat air (8)=(4)-(7)	Gram	186.87	210.6
9	berat jenis (GS)		2.79	2.79
10	volume tanah kering (9)=(7)/Gs	cm ³	168.40	161.79
11	volume pori (10)=(5)-(9)	cm ³	216.62	218.75
12	kepadatan basah, : $\gamma_{wet} = (4)/(5)$	gram/cm ³	1.71	1.74
13	kadar air, $w = (8)/(7) * 100\%$	%	39.77	46.66
14	kepadatan kering, $gdry = \gamma_{wet} / (1+w)$	Gr/cm ³	0,04	0,04
15	porositas, $n = (10)/(5) * 100\%$	%	56.26	57.48
16	derajat kejenuhan $S_r = (8)/(10) * 100\%$	%	86.26	96.27

(Sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

Tabel 3. Hasil Pengujian Batas Cair

No	Jenis Pengujian	Satuan	Sampel			
			1	2	3	4
1	Jumlah pukulan	-	9	18	28	41
2	No. Continer	-	12.2	12.6	13.3	12.9

No	Jenis Pengujian	Satuan	Sampel			
			1	2	3	4
3	Berat tanah basah + Continer, W1	Gram	42.8	35.1	36.2	33.3
4	Berat Tanah Kering + Continer, W2	Gram	33.8	29.2	31	27.6
5	Berat Continer, W3	Gram	12.2	12.2	13.7	12.2
6	Berat air ($W_w = W_1 - W_2$)	Gram	9	5.9	5.2	5.7
7	Berat Tanah kering ($W_d = W_2 - W_3$)	Gram	21.6	17	17.3	15.4
8	Kadar air, $W_w / W_d \times 100\%$	%	41.7	34.7	30.1	37.0

(Sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Tabel 4. Pengujian Kadar Air Batas Plastis Tanah

No.	Uraian Pengujian	Satuan	Sampel	
			A1	B1
1	Berat tanah basah + continer, W1	Gram	27.8	29
2	Berat tanah kering + Continer, W2	Gram	24.6	26.8
3	Berat Continer, W3	Gram	11.7	14.6
4	Berat air ($W_w = W_1 - W_2$)	Gram	3.2	2.2
5	Berat tanah kering ($W_d = W_2 - W_3$)	Gram	12.9	12.2
6	Kadar air, $W_w / W_d \times 100\%$	%	24.81	18.0
7	Kadar air rata-rata	%	21.41	

(Sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Tabel 5. Pengujian Analisa Saringan.

Berat Tanah Kering 500 gr						
Nomor Saringan	Berat Saringan (gr)	Diameter (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat Komulatif (gr)	Persen (%)	
					Tertahan %	Lolos %
4	458,93	4.75	0	0	0.00	100.00
10	386,41	2	187.19	187.19	37.44	62.56
16	420,43	0.84	22.47	209.66	4.50	58.07
40	337,18	0.425	123.22	332.88	24.64	33.42
60	354,32	0.25	42.38	375.26	8.48	24.95
100	278,24	0.15	59.36	434.62	11.87	13.08
200	377,22	0.075	28.77	463.39	5.75	7.32
Pan	314,66	-	36.61	500	7.32	0.00

(sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Hasil Pengujian Pemadatan Tanah (Compaction Test)

Tabel 6. Pengujian pemadatan tanah

No.	Uraian Pengujian	Satuan	Berat Tanah (gram)				
			2000	2000	2000	2000	2000
1	kadar air mula-mula	%	0	0	0	0	0
2	penambahan air	ml	210	270	330	390	450
3	kadar air akhir	%	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5

(sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Hasil Pemadatan untuk Mendapatkan Nilai Berat Isi Basah

No.	Uraian Pengujian	Satuan	No. Mould				
			1	2	3	4	5
1	Berat Mould	Gram	1678.5	1678.5	1678.5	1678.5	1678.5
2	Berat Tanah Basah + Mould	Gram	3138	3186.3	3276.8	3298.6	3316.5
3	berat tanah basah	Gram	1459.49	1507.76	1598.26	1620.10	1638
4	Volume Mould	cm ³	887.02	887.02	887.02	887.02	887.02
5	Berat volume basah	gr/cm ³	1.65	1.70	1.80	1.83	1.85

(sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Pengujian kompaksi untuk mendapatkan Berat isi kering (Water Content)

No.	Uraian Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian				
1	Berat tanah basah	Gram	1459.46	1507.76	1598.26	1620.06	1627.96
2	kadar air rata-rata	%	15.27	17.61	22.32	24.34	27.74
3	berat kering $W_{dry} = W_{wet} / 1+(w/100)$	Gram	1266.12	1282.05	1306.65	1302.89	1274.47
4	volume mould	cm ³	887.02	887.02	887.02	887.02	887.02
5	berat isi kering $\gamma_{dry} = W_{dry} / V_{mould}$	gr/cm ³	1.43	1.45	1.47	1.47	1.44
6	$\gamma_w = G_s / (1+w) \cdot G_s$	gr/cm ³	1.96	1.87	1.72	1.66	1.75

(sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Hasil Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Tabel 7. Hasil Pengujian CBR

Penetrasi, kalibrasi

proviniring,

$k = \dots$ kN

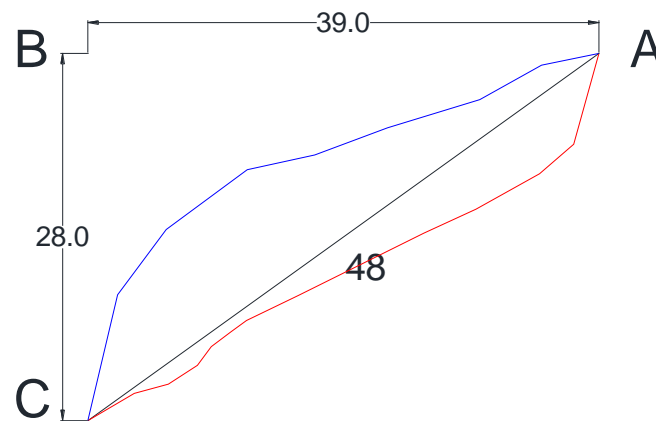
(=32.151390 32.151

Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan arloji ukur beban	Beban penetrasi = pembacaan arloji ukur beban x kN	
	mm	inch		kN	lbs
0	0	0	0	32.151390	0.0
¼	0.32	0.0125	1	32.151390	32.2
½	0.64	0.025	1.87	32.151390	60.1
1	1.27	0.05	2.34	32.151390	75.2
1 ½	1.91	0.075	3.04	32.151390	97.7
2	2.54	0.1	3.83	32.151390	123.1
3	3.81	0.15	4.27	32.151390	137.3
4	5.08	0.2	5.16	32.151390	165.9
6	7.62	0.3	5.93	32.151390	190.7
8	10.16	0.4	6.48	32.151390	208.3
10	12.7	0.5	7.24	32.151390	232.8

(Sumber : Analisis data di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja)

Data Lapangan Pada Bidang Longsor

Dari hasil penelitian di lapangan bentuk ukuran longsor pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Bidang Longsor

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai analisis kestabilan lereng dengan Metode fellenius dan Metode Rankine, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian pada Laboratorium Teknik Sipil Uki Toraja yaitu: Berat jenis $G_s = 3,96 \text{ gr/m}^3$, Kadar air = 43,26% dan berat isi tanah $= 1,72 \text{ gr/cm}^3$, batas cair = 38,95% dan kadar air rata-rata pada pengujian batas plastis yaitu 21,42% dan hasil dari indeks plastis (IP) yaitu 17,53%, CBR (*California Bearing Ratio*) penetrasi 0,1" = 7,05 dan 0,2" = 10,98. Dari hasil tersebut diketahui bahwa tanah lempung yang memiliki daya rekat antar partikel yang cukup baik.
2. Untuk menganalisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode Fellenius yaitu dengan cara menganalisis kondisi longsor dengan pembagian tiap irisan, dengan faktor keamanan 0,77 menunjukkan bahwa kestabilan lereng tersebut tergolong tidak aman, untuk stabilitas perkuatan lereng menggunakan metode Rankine yaitu dengan menghitung kohesi tanah, dimana kohesi tanah aktif (K_a) 0,86 dan kohesi tanah pasif (K_p) 0,86 menunjukkan bahwa tanah pada lereng tersebut dalam kondisi stabil.
3. Penanggulangan yang digunakan yaitu bronjong dengan berdasarkan hasil perhitungan Faktor aman $FK = 1$, dan $\Sigma H = -0,7 < 0$ dinyatakan aman

REFERENSI

- Bowles E J, 1989, Sifat-sifat Fisik Tanah, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Creig R F, 1991, Mekanika Tanah Edisi Keempat Diterjemahkan Oleh Budi Susilo, Erlangga : Jakarta.

- Chandra Mangeta, Gustianto, 2020, Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Fellenius dan Metode Rankine Dengan Penanggulangannya, Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- Das, Braja M, 1995, Mekanika Tanah Jilid 1, Penerbit Erlangga.
- Das, Braja M, 1995, Mekanika Tanah Jilid 2, Penerbit Erlangga
jurnal/Pengenalan_Gerakan_Tanah.pdf.
- Endaryanta, Muhammad Rosihun, 2011, Analisis Stabilitas Talud Bronjong UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hendra Rombe, 2010, Pengaruh Infiltrasi terhadap Potensi Kelongsoran Lereng, Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- Hery Chrestady Hardiyatmo, 2004, Tanah Ekspansif Permasalahan Dan Penanganan, Gadj Mada University Press, Yogyakarta.
- Hery Chrestady Hardiyatmo, 2012, Tanah Longsor Erosi Kejadian Dan Penanganan, Gadj Mada University Press.
<https://id.scribd.com/doc/189562726/Jenis-Tanah-Longsor>.
- Maslan, Kurniawan Irwan, 2019, Desain Bronjong Untuk Perkuatan Tebing Pada Hilir Jembatan Monconglo di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa, Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Rinto Matta, 2021, Analisis Daya Dukung Tanah Menggunakan Metode Fellenius Dan Program Plaxis, Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- R.F.Craig, Budi Susilo S, 1987, Mekanika Tanah, Penerbit Erlangga, PT.Gelora Aksara Pratama, Jakarta.
- SNI 03-0090-1987, Mutu dan Cara Uji Bronjong.
- SNI 03-0090-1999, Bronjong Kawat.
- Teuku Mukhlis, Teukun Faisal Fathani, Ign. Sudarno, 2008, Perencanaan Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor, UGM, Yogyakarta.
- Willian, Petrus Palinting, 2020, Perencanaan Perkuatan Lereng Dengan Metode Rankine dan Coulomb untuk Penanggulangan Longsor Di Tadongkon, Universitas Kristen Indonesia Toraja