

Analisis Kestabilan Lereng Tanah Terganggu Metode Janbu Ruas Trans Sulawesi Desa Tampemadoro Kabupaten Poso

Yulisnawati Lawodi^{1*}, Intan Purnama Sari¹, Jein Wutabisu¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sintang Maroso

*e-mail: lawodiyulisnawati@gmail.com

ABSTRAK

Lereng adalah suatu bidang yang memiliki kemiringan tertentu dan berpotensi terjadi kelongsoran apabila berada dalam kondisi tidak stabil. Longsoran sering terjadi pada saat musim hujan karena air hujan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kuat geser tanah. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik tanah dan cara menganalisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode Janbu yang terjadi terhadap faktor keamanan. Hasil pengujian karakteristik tanah, nilai berat jenis (G_s) 2,67, kadar air 11,5%, berat isi 2,65 g/cm³, kuat geser langsung 48,275 kg/cm² dan kohesi 0,251 kg/cm², nilai batas cair (LL) titik 1 adalah 37,48%, titik 2 adalah 29,19%, batas plastis titik 1 adalah 33,33%, titik 2 adalah 25%, nilai indeks plastis (IP) titik 1 adalah 4,143%, titik 2 adalah 4,186%, dan memiliki nilai 0,20% lolos saringan 200 di titik 1 dan 6,79% di titik 2. Berdasarkan sistem klasifikasi ASSHTO tanah ini berada pada kelompok A-1-a yaitu kelompok batu pecah, kerikil, dan pasir. Perhitungan metode Janbu didapat faktor keamanan sebesar 0,378, nilai ini menunjukkan tidak sesuai dengan faktor keamanan yang disyaratkan harus lebih besar dari 1,07 sehingga lereng alam pada jalan Trans Tampemadoro km 239+800, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah. Kemungkinan bisa terjadi longsor, karena faktor keamanan yang diperoleh lebih kecil dari yang disyaratkan.

Kata kunci: lereng, stabilitas, metode Janbu, faktor keamanan

ABSTRACT

A slope is an area that has a certain slope and has the potential for landslides if it is in an unstable condition. Landslides often occur during the rainy season because rainwater can cause a decrease in the strength of soil sliding. The aim of this research is to determine soil characteristics and how to analyze slope stability using the Janbu method which occurs regarding safety factors on the Tampemadoro Road section, Poso Regency, Central Sulawesi. Test results of soil characteristics, specific gravity (G_s) 2.67, water content 11.5%, bulk density 2.65 g/cm³, direct shear strength 48.275 kg/cm² and cohesion 0.251 kg/cm², liquid limit (LL) value point 1 is 37.48%, point 2 is 29.19%, plastic limit point 1 is 33.33%, point 2 25%, plastic index (IP) value point 1 is 4.143%, point 2 is 4.186%, and has a value of 0.20% passing sieve 200 at point 1 and 6.79% at point 2. Based on the ASSHTO classification system, this soil is in group A-1-a, namely the crushed stone, gravel and sand groups. Janbu method calculations obtained a safety factor of 0.378, this value shows that it is not in accordance with the required safety factor which must be greater than 1.07 so that the natural slope on the Trans Tampemadoro road km 239+800, Poso Regency, Central Sulawesi. Possibly a landslide could occur, because the safety factor obtained is smaller than required

Keywords: slope, stability, Janbu method, safety factor

1. PENDAHULUAN

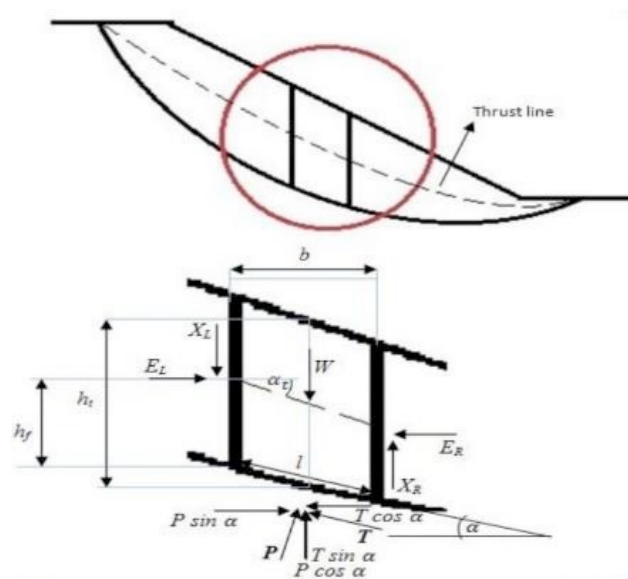
Lereng adalah suatu bidang yang memiliki kemiringan tertentu dan berpotensi terjadi kelongsoran apabila berada dalam kondisi tidak stabil (Wesley dan Prayonto, 2010). Longsoran sering terjadi pada saat musim hujan karena air hujan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kuat geser tanah. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian dan kerusakan infrastruktur dan bisa mengakibatkan korban jiwa. Untuk itu kestabilan suatu lereng perlu dianalisis agar kekuatan geser dari lereng dan faktor keamanannya diketahui. Ada beberapa pengembangan metode yang dapat digunakan seperti analisis umum, metode Fellenius, metode Spencer, metode Janbu dan Bishop (Anderson dan Richards, 1987).

Jalan raya yang sering terjadi longsor yaitu jalan dan berada di sebuah pegunungan atau lereng yang memiliki kontur tanah yang miring. Longsoran yang terjadi pada jalan poros Tampemadoro, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah tersebut terjadi karena erosi tanah. Erosi merupakan pengikisan tanah yang disebabkan oleh aliran air hujan yang mengakibatkan terjadinya penurunan kuat geser tanah sehingga menjadi penyebab longsor. Jika

longsor terjadi secara terus menerus maka mempengaruhi lalu lintas dan jalan mungkin saja bisa tertutup oleh longsor tersebut.

Metode Janbu yang digunakan pada studi kasus pada Jalan Poros Tampemadoro KM 239+800 Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam analisis kestabilan lereng, khususnya untuk lereng dengan bidang gelincir yang berbentuk tidak melingkar (*non-circular*). Dalam penerapannya, metode ini menggunakan faktor koreksi kohesi untuk memperhitungkan pengaruh bentuk bidang gelincir yang tidak mengikuti busur lingkaran.

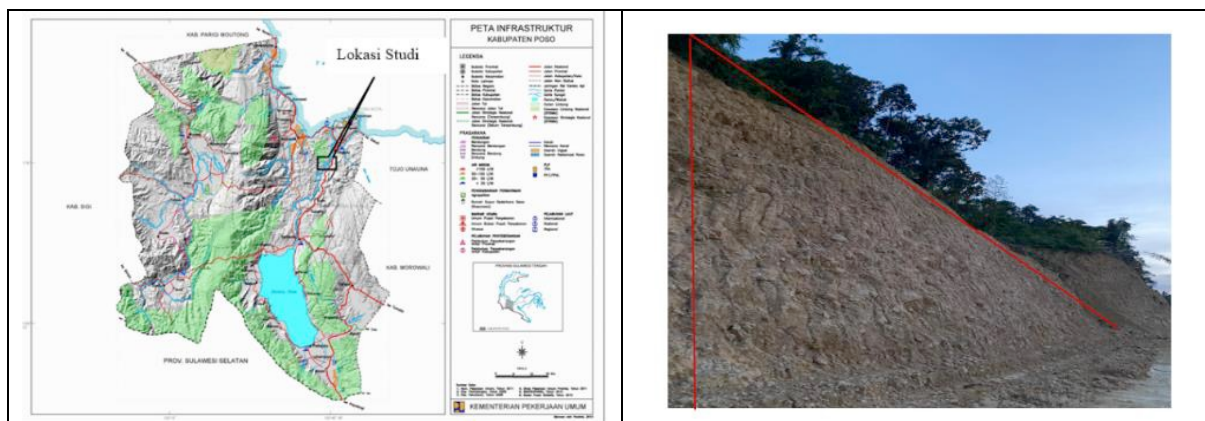
Janbu mengembangkan metode analisis kestabilan lereng pada tahun 1954 yang dapat diterapkan pada bidang longsor berbentuk *circular* maupun *non-circular*. Pengembangan lebih lanjut dilakukan pada tahun 1957 melalui formulasi yang digunakan untuk menganalisis daya dukung tanah dan tekanan tanah. Metode Janbu merupakan salah satu metode irisan (*slice method*) yang mempertimbangkan keseimbangan gaya dan momen dalam analisis kestabilan lereng. Prinsip analisisnya dilakukan dengan membagi massa tanah yang berpotensi longsor menjadi sejumlah irisan, kemudian keseimbangan gaya dianalisis pada arah vertikal dan sejajar dengan bidang dasar masing-masing irisan seperti Gambar 1. Dengan mempertimbangkan keseimbangan gaya secara keseluruhan, faktor keamanan (*factor of safety*) dapat ditentukan berdasarkan formulasi Janbu (Anderson dan Richards, 1987).



Gambar 1. Lereng serta gaya-gaya yang bekerja untuk Metode Janbu

2. METODE PENELITIAN

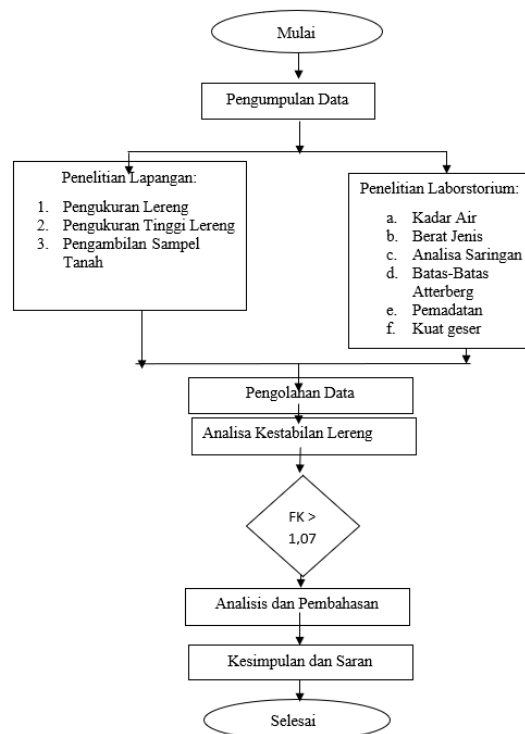
Penelitian lapangan dilakukan langsung di lokasi terjadinya longsor yang terletak di Tampemadoro, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah seperti ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel

Metode penelitian berhubungan erat dengan prosedur, teknik, alat, serta, desain penelitian yang digunakan. Metode observasi (pengamatan langsung) adalah metode pengumpulan data dengan mengamati secara langsung keadaan yang terjadi di lapangan. Metode ini dilakukan dengan cara survei ke tempat terjadinya longsor untuk mengamati kejadian serta mencari data-data yang diperlukan dalam penelitian.

Data primer yang diperoleh adalah hasil pengukuran yang dilakukan di lokasi pengambilan sampel tanah secara langsung yang nantinya diteliti di laboratorium. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh melalui pihak lain, tidak langsung diperoleh peneliti dari subjek penelitiannya. Lebih detail mengenai alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisa Laboratorium

Analisis kestabilan lereng menggunakan metode Janbu membutuhkan data karakteristik material tanah, salah satunya berupa berat jenis tanah. Oleh karena itu, dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanis material di laboratorium untuk memperoleh parameter yang diperlukan dalam analisis. Pengujian sifat fisik meliputi berat jenis butiran tanah (*specific gravity*), kadar air, berat isi, batas-batas Atterberg, serta analisis ukuran butir melalui pengujian saringan. Sementara itu, pengujian sifat mekanis mencakup pengujian pemadatan (*compaction*) dan kuat geser tanah. Hasil pengujian G_s ditunjukkan dalam Tabel 1 dan 2 yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan parameter karakteristik tanah yang diperlukan untuk analisis kestabilan lereng.

Tabel 1. Hasil pengujian berat jenis butiran tanah Titik 1

No	Pemeriksaan	Simbol / Rumus	Satuan	Nilai
1	Berat Piknometer	W_1	gram	183,0
2	Berat Sampel	W_s	gram	327,0
3	Berat Piknometer + Sampel + Air	W_3	gram	894,0
4	Berat Piknometer + Air	W_4	gram	691,0
5	Temperatur		$^{\circ}\text{C}$	30
6	Faktor Koreksi	a	gram	0,99568
7	Berat Jenis Tanah	$G_s = (W_s \times a) / (W_s + W_4 - W_3)$	gram	2,63

Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis butiran tanah Titik 2

No	Pemeriksaan	Simbol / Rumus	Satuan	Nilai
1	Berat Piknometer	W_1	gram	183,0
2	Berat Sampel	W_s	gram	489,0
3	Berat Piknometer + Sampel + Air	W_3	gram	992,0
4	Berat Piknometer + Air	W_4	gram	691,0
5	Temperatur		$^{\circ}\text{C}$	30
6	Faktor Koreksi	a	gram	0,99568
7	Berat Jenis Tanah	$G_s = (W_s \times a) / (W_s + W_4 - W_3)$	gram	2,59

Pengujian berat jenis butiran tanah (*specific gravity*, G_s) dilakukan di laboratorium terhadap dua sampel tanah. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai berat jenis butiran tanah rata-rata sebesar 2,61. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter karakteristik tanah dalam analisis.

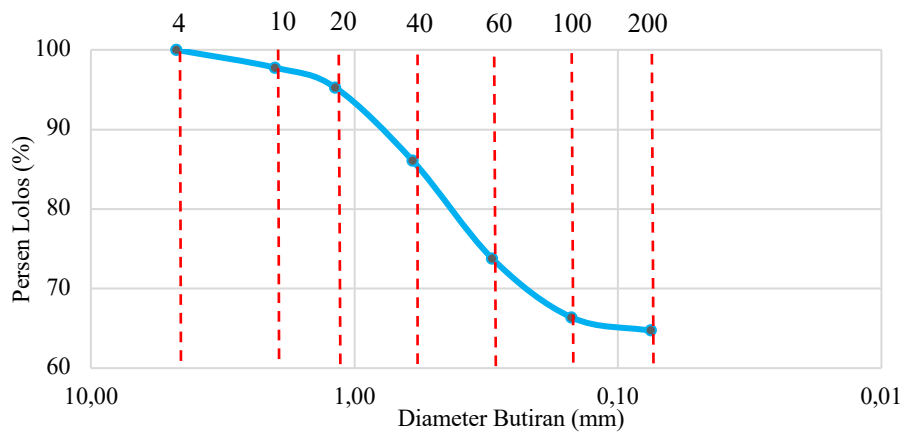
Pengujian kadar air tanah asli juga dilakukan terhadap dua sampel dengan jenis tanah yang sama seperti ditunjukkan dalam Tabel 3. Berdasarkan hasil pengujian kedua sampel tersebut, diperoleh nilai kadar air rata-rata sebesar 11,5%. Nilai rata-rata tersebut menunjukkan kondisi kadar air tanah pada saat sampel diuji di laboratorium.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik tanah

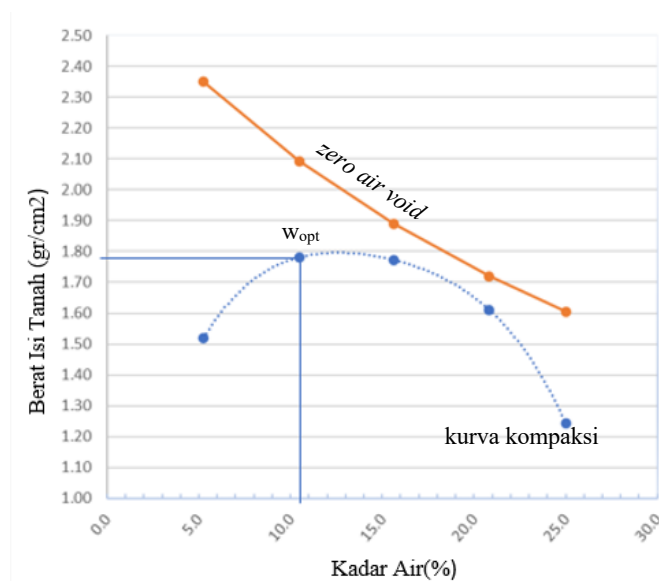
No	Uraian	Satuan	Nomor Sampel	
			1	2
1	Berat Cincin (1)	gram	62,84	62,50
2	Berat Wadah (2)	gram	9,01	8,85
3	Berat Cincin + Wadah + Tanah Basah (3)	gram	111,32	110,97
4	Berat Tanah Basah (4) = (3)-(2)-(1)	gram	39,47	39,62
5	Volume Tanah (5)	cm^3	60,17	55,047
6	Berat Cincin + Wadah + Tanah Kering (6)	gram	95,85	95,09
7	Berat Tanah Kering (7) = (6)-(1)-(2)	gram	24,00	23,74
8	Berat Air (8) = (4)-(7)	gram	15,47	15,88
9	Berat Jenis, G_s	-	2,63	2,59
10	Volume Tanah Kering (9) = (7)/ G_s	cm^3	9,14	9,17
11	Volume Pori (10) = (5)-(9)	cm^3	51,03	45,88
12	Berat Isi Basah, $G_{wet} = (4)/(5)$	gr/cm^3	0,66	0,72
13	Kadar Air, $w = (8)/(7) \times 100\%$	%	64,46	66,89
14	Kadar Air Rata-Rata	%	65,67	
15	Berat Isi Kering, $G_{dry} = G_{wet}/(1+w)$	gr/cm^3	0,40	0,43
16	Porositas, $n = (10)/(5) \times 100\%$	%	84,81	83,35
17	Derajat Kejenuhan, $S_r = (8)/(10) \times 100\%$	%	30,31	34,61

Pengujian berat isi dilakukan sebanyak dua kali dengan tanah yang sama. Dari hasil pengujian tersebut dapat diambil berat isi kering rata-rata pada tanah tersebut sebesar $0,42 \text{ g}/\text{cm}^3$. Pengujian batas-batas Atterberg diperoleh nilai batas cair (*liquid limit* / LL) sebesar 56,42%, batas plastis (*plastic limit* / PL) sebesar 47,90%. Selanjutnya untuk mendapatkan indeks plastisitas (*plasticity index* / IP) diperoleh dari pengurangan LL terhadap PL, sehingga diperoleh nilai IP sebesar 8,56%.

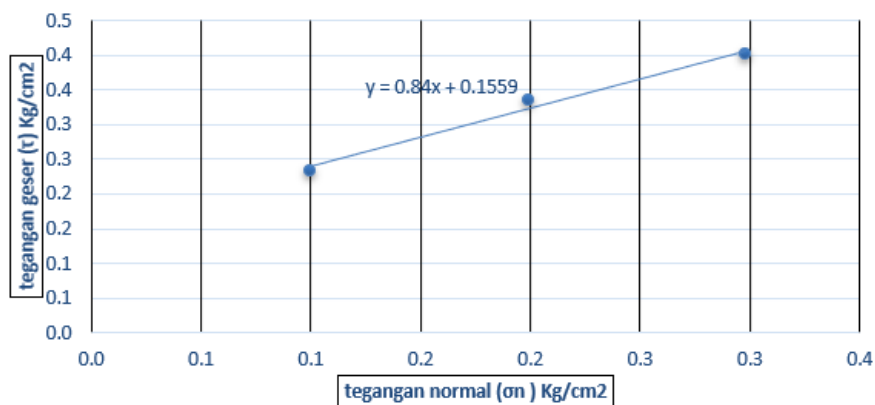
Nilai indeks plastis / IP < 7 dapat disimpulkan bahwa sampel tanah yang digunakan memiliki sifat plastisitas rendah dan termasuk kategori tanah lanau dengan kohesif. Berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah lolos saringan nomor 200 di atas 35% seperti ditunjukkan Gambar 4. Nilai LL diperoleh di atas 41% dan IP didapat maksimum 10 % sehingga masuk kelompok tanah A5 yaitu tanah berlanau. Hasil pengujian kompaksi atau pemadatan tanah diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Uji analisa saring tanah



Gambar 5. Kurva kompaksi tanah

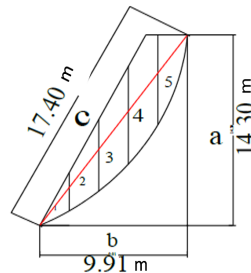


Gambar 6. Hubungan tegangan normal dan tegangan geser tanah

Hasil pengujian tegangan normal dan tegangan geser tanah ditunjukkan pada Gambar 6. Pada pengujian kuat geser diperoleh masing-masing nilai kohesi. Di mana nilai kohesi pada masing-masing titik yaitu titik 1 sebesar 0,188 kg/cm², titik 2 sebesar 0,313kg/cm².

2. Analisa Kemiringan Lereng

Gambar 7 menunjukkan kemiringan lereng yang ditinjau. Besar sudut lereng pada lokasi penelitian dari Gambar 7 dapat dihitung sebagai berikut:



Gambar 7. Kemiringan lereng

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{14,30}{17,40} = 0,82$$

Untuk mendapatkan besarnya sudut, maka nilai tersebut harus di-invers:

$$\sin \alpha = 0,82 \text{ menjadi } \alpha = \sin^{-1}(0,82) = 55,2^\circ$$

Hasil $55,2^\circ$ tetap sama sekalipun pendekatan menggunakan cosinus.

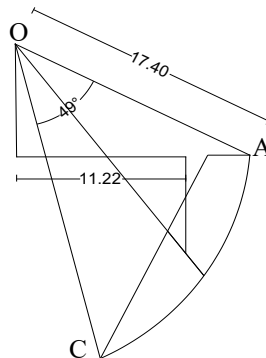
Sudut lereng yang ada pada daerah ini tidak terlalu besar, namun harus juga diperhatikan agar tidak melampaui batas kritis yang telah diizinkan. Dalam perencanaan ini sudut lereng yang digunakan sesuai yang ada di lapangan dari hasil pengukuran pada objek studi, dengan tujuan agar diperhitungkan kestabilan lereng dapat memenuhi standar kenyataan lapangan.

3. Analisa Sudut Longsor

Dalam perencanaan kestabilan lereng, dibuat sudut longsor percobaan dengan melihat kondisi lapangan objek studi, agar angka keamanan yang melawan kelongsoran dapat diketahui dengan teliti. Untuk mendapatkan sudut longsor percobaan yakni dengan mengukur ketinggian lereng serta dari sisi bagian pinggir lereng. Hasil perbandingan antara tinggi dan lebar terhadap bidang miring dapat diperoleh sudut longsor percobaan. Menggunakan Gambar 7 dapat diketahui nilai dari setiap sudut irisan mulai dari irisan pertama sampai dengan irisan kelima.

4. Analisis Keamanan Lereng

Gambar 8 menunjukkan lengkungan gelincir kritis pada lereng.



Gambar 8. Lengkungan gelincir kritis

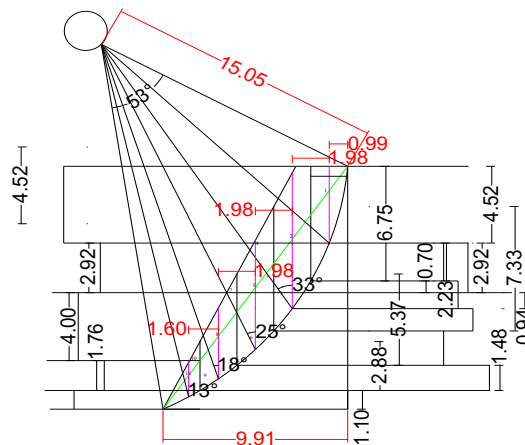
Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa sudut lereng tersebut adalah 49° . Sedangkan panjang busur L_{AC} harus dicari terlebih dahulu.

a. Menghitung panjang busur AC

$$L_{AC} = \frac{\angle AOC}{360^\circ} \times \text{keliling lingkaran}$$

$$L_{AC} = \frac{49^\circ}{360^\circ} \times \pi \times d = \frac{49^\circ}{360^\circ} \times \pi \times 20,53 \text{ m} = 17,54 \text{ m}$$

b. Menghitung berat tanah pada bidang longsor



Gambar 9. Dimensi setiap irisan

Berdasarkan Gambar 9 dapat ditentukan berat tanah dengan cara mengalikan dimensi irisan dengan berat isi tanah seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan berat tanah (W)

Bidang	Lebar	Panjang	Y	W
1	1,98	4,52	25,99	232,6
2	1,98	4,52	25,99	232,6
3	1,98	0,94	25,99	48,3
4	1,98	4,52	25,99	232,6
5	1,98	2,92	25,99	150,2
6	1,98	02.02	25,99	103,9
7	1,98	2,92	25,99	150,2
8	1,98	4	25,99	205,5
9	1,98	1,48	25,99	76,1
10	1,98	4	25,99	205,5
11	1,6	1,76	25,99	90,5
W _{total}				1728

Setelah mendapatkan nilai berat tanah dan panjang L_{AC} maka faktor keamanan pada lereng dapat dihitung sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{jumlah momen yang menggerakkan}}$$

$$F = \frac{\sum M_r}{\sum M_d} = \frac{R. c. L_{AC}}{W. y} = \frac{(17,4). (24,61). (17,54)}{1728 \times 11,22} = 0,387$$

Jika nilai faktor keamanan $0,387 < 1,07$, maka lereng tersebut dinyatakan labil (tidak aman), karena kemungkinan bisa terjadi longsor terutama pada saat curah hujan maksimum dalam durasi yang lama.

4.KESIMPULAN

Pengujian lereng tanah terganggu pada ruas jalan Tampemadoro, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah, diperoleh nilai berat jenis (Gs) 2,67, kadar air 11,5%, berat isi 2,65 g/cm³, kuat geser langsung 48,275 kg/cm² dan kohesi 0,251kg/cm², nilai batas cair (LL) titik 1 adalah 37,48%, titik 2 adalah 29,19%, batas plastis titik 1 adalah 33,33%, titik 2 adalah 25%, nilai indeks plastis (IP) titik 1 adalah 4,143%, titik 2 adalah 4,186%, dan memiliki nilai 0,20% lolos saringan 200 di titik 1, dan 6,79% di titik 2. Berdasarkan sistem klasifikasi ASSHTO tanah ini berada pada kelompok A-1-a yaitu kelompok batu pecah, krikil, dan pasir. Dari perhitungan nilai stabilitas lereng berdasarkan

metode Janbu didapat faktor keamanan sebesar 0,387, nilai ini menunjukkan lebih kecil dari faktor keamanan yang disyaratkan yaitu 1,07 sehingga lereng alam pada jalan trans Tampemadoro Km 239+800, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah ada kemungkinan bisa terjadi longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2002). *Slope stability and stabilization methods* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Anderson, M. G., & Richard, K. S. (2015). *Slope stability: Geotechnical engineering and geomorphology*. John Wiley & Sons.
- Bowles, J. E. (2015). *Sifat-sifat tanah dan geoteknis tanah (Mekanika tanah)* (2nd ed.). Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika tanah: Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis* (M. E. Noor & I. B. Mochtar, Trans.; Vols. 1–2). Erlangga.
- Das, B. M. (2014). *Mekanika tanah* (Vol. 2). Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika tanah I* (3rd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Mekanika tanah II* (3rd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Janbu, N. (1973). *Slope stability computations*. In R. C. Hirschfeld & S. J. Poulos (Eds.), *Embankment-dam engineering: Casagrande volume*. John Wiley & Sons.
- Kliche, C. A. (2003). *Rock slope stability*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Soepandji. (2016). *Mekanika tanah*.
- Tangkeallo, M. M. (2023). *Dasar stabilitas tanah*. Wawasan Ilmu.
- Tangkeallo, M. M. (2023). *Stabilitas perkuatan lereng*. Wawasan Ilmu.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (2017). *Soil mechanics in engineering practice* (2nd ed.). John Wiley & Sons.