

ANALISIS BIDANG LONGSOR DI DUSUN TANA'PAPAKAYU LEMBANG SAPAN KUA – KUA KECAMATAN BUNTAO' KABUPATEN TORAJAUTARA (Studi Kasus : Jln. Poros Rantepao – Buntao' km 14)

Azril Tangke Sombolinggi¹, Rilva Toding Bua², Abdias Tandy Arrang, Ermitha Ambun, Parea Rusan Rangan, Yulieanty Mapaliey, Regita O. Runtukahu, Yohanis Lotim, Gersony Miri, Escher Kalapadang, Marinus Linggi K. Lino, Zain Patongloan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Tana Toraja
¹ azrilsombolinggi@ukitoraja.ac.id, ² rilvatodingbua@ukitoraja.ac.id, abdiastandy@gmail.com,
ambun.rombe@gmail.com, pareausanrangan68@gmail.com, yantimapaliey@gmail.com, regita@ukitoraja@gmail.com,
aniest.bara@gmail.com, gersony@ukitoraja.ac.id, ponq.eser@gmail.com, marinuslinggi@gmail.com,
zainpatongloan@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Kata Kunci: kestabilan lereng sheet pile daya dukung tanah	Tana' Papakayu adalah Dusun yang berada di Lembang Sapan Kua – Kua, Kecamatan Buntao, Kabupaten TorajaUtara, Sulawesi Selatan, Indonesia. Dusun Tana' Papakayu juga merupakan jalan poros Buntao dari arah kota Rantepao. Di lokasi Longsor terdapat sungai dan sawah di bagian bawah longsor sehingga tanah dapat menyerap banyak air yang membuat longsor pada lereng sangat besar, dan membuat sebagian akses jalan terbawa longsor. Longsor yang terjadi di dusun Tana' Papakayu ini sudah beberapa kali dilakukan perbaikan namun longsor tetap terjadi. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode Spencher, metode penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel di lapangan dan melakukan penelitian Laboratorium pengujian tanah meliputi pengujian berat jenis, kadar air dan berat isi, analisa saringan, batas-batas atterberg, pemadatan tanah, dan pengujian kuat geser. Dalam penanggulangan dinding penahan tanah menggunakan dinding penahan sheet pile, dan panjang sheet pile yang dibutuhkan 11 meter.
Keywords: slope stability sheet pile soil bearing capacity	ABSTRACT Tana' Papakayu is a hamlet located in Lembang Sapan Kua - Kua, Buntao District, North Toraja Regency, South Sulawesi, Indonesia. so that the soil can absorb a lot of water which can cause landslides on very large slopes, and cause parts of road access to be carried away by landslides. The landslide that occurred in Tana' Papakayu hamlet has been repaired several times but landslides still occur. In this research, the method used is the Spencher Method, this research method is carried out by taking samples in the field and conducting laboratory research on soil testing including testing specific gravity, water content and bulk density, sieve analysis, atterberg boundaries, soil compaction, and strength testing. shift. In dealing with retaining walls, sheet pile retaining walls are used, and the sheet pile length required is 11 meters. This is an open access article under the CC-BY-SA license. 

I. Pendahuluan

Bencana alam merupakan suatu peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana tidak terjadi begitu saja, namun ada faktor kesalahan dan kelalaian manusia dalam mengantisipasi alam dan kemungkinan bencana alam yang dapat menyimpannya.

Tanah longsor merupakan salah satu bentuk dari gerakan massa tanah atau batuan, atau pencampuran keduanya, yang menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Bencana tanah longsor sering muncul di musim hujan, setelah musim kering yang menyebabkan permukaan tanah retak dan berpori. Saat tanah retak, maka air hujan semakin mudah meresap ke bagian dalam tanah, membuat kandungan air dalam tanah menjadi jenuh. Air yang terakumulasi di dasar lereng memicu gerakan lateral, sehingga mudah bergerak menuruni lereng.

Tana' Papakayu adalah Dusun yang berada di Lembang Sapan Kua – Kua, Kecamatan Buntao, Kabupaten Toraja Utara, Sulawesi Selatan, Indonesia. Dusun Tana' Papakayu juga merupakan jalan poros Buntao dari arah kota Rantepao. Di lokasi Longsor terdapat sungai dan sawah di bagian bawah longsor sehingga tanah dapat menyerap banyak air yang membuat longsor pada lereng sangat besar, dan membuat sebagian akses jalan terbawa longsor. Longsor yang terjadi di dusun Tana' Papakayu ini sudah beberapa kali dilakukan perbaikan namun longsor tetap terjadi. Faktor keamanan di tempat longsor tersebut sangat kurang yaitu tidak adanya penerangan jalan atau lampu jalan serta tidak ada rambu-rambu mengenai longsor di tempat itu. Untuk mengetahui penyebab utama dari kelongsoran tanah yang terjadi di Dusun Tana' Papakayu, Lembang Sapan Kua – Kua, Kecamatan Buntao, Kabupaten Toraja Utara kita perlu mengetahui daya dukung tanah pada daerah longsor tersebut. Untuk itu diperlukan proses – proses peninjauan tanah agar dapat ditanggulangi dan diarahkan dalam proses pekerjaan penanganan longsor yang terjadi saat ini. Dari lingkup pekerjaan ini adalah dengan mengadakan survei penelitian tanah dengan menggunakan Metode Spencer . Metode ini digunakan karena metode ini mampu menghitung angka keamanan dengan memenuhi kesetimbangan momen maupun kesetimbangan gaya, serta menghitung gaya antar bidang irisan, baik gaya geser maupun gaya normal.

Berdasarkan adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis faktor keamanan bidang longsor yang terjadi di Dusun Tana' Papakayu.
2. Mengetahui cara penanggulangan bidang longsor yang terjadi di Dusun Tana' Papakayu.

II. Metode

Metode berisi tahapan atau prosedur penelitian dan algoritma yang digunakan dalam penelitian, formula permasalahan yang diteliti dengan lebih rinci, serta perancangan sistem jika dibutuhkan.

Lokasi penelitian lapangan yang dilakukan ini terletak di Jln.Poros Buntao Dusun Tana' Papakayu, Lembang Sapan Kua – Kua, Kecamatan Buntao' Kabupaten Toraja Utara. Wilayah ini terletak 8,1 km dari Patung Tedong Bonga Jalan Poros Rantepao. Obyek yang diteliti yaitu memiliki kemiringan 14 meter, lebar 16 meter dan ketinggian 9 meter. Di bagian atas longsor ini terdapat jalan raya dengan lebar 3 meter, bahu jalan 0,5 m yang merupakan saluran air dan tebing yang memiliki tinggi 5,2 meter dan diatas tebing itu terdapat satu rumah warga, kemudian di bagian bawah longsor terdapat sungai dan sawah sehingga dapat diperkirakan tanah longsor ini mengandung kadar air yang tinggi yang berasal dari sawah dan sungai serta tekanan dari tebing. Longsor yang terjadi di dusun Tana' Papakayu ini sudah beberapa kali dilakukan perbaikan namun longsor tetap terjadi. Salah satu penanggulangan yang dilakukan yakni membuat talud setinggi 3 meter namun tetap terjadi kelongsoran.

Dalam menganalisa kelongsoran ini dilakukan dengan penelitian langsung ke lokasi terkait untuk pengambilan data primer dan data sekunder. Data Primer yaitu data yang dapat diperoleh dari survei langsung atau pengamatan langsung di lokasi penelitian seperti Tinggi, kemiringan, dan lebar longsor. Dan data yang diperoleh dari data – data pengujian laboratorium. Setelah itu dilakukan pengujian karakteristik tanah seperti kadar air, berat jenis, analisa saringan, pemadatan, batas-batas atterberg, dan pengujian direct shear. Lalu dilakukan pengolahan data dengan cara menganalisis hasil pengolahan data berdasarkan hasil penelitian dan teori yang ada. Dan disimpulkan berdasarkan hasil pembahasan.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Laboratorium

Analisis kelongsoran memerlukan data sifat fisik material tanah. Pengujian sifat material di laboratorium bertujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis, kadar air, berat isi, batas-batas atterberg, analisa saringan, dan kompaksi.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Berat Jenis

Nomor Percobaan	I	II	III
Berat Piskometer, W_1 (gram)	40,18	41,79	41,05
Berat Piskometer + air, W_2 (gram)	142,71	145,96	145,61
Berat Piskometer + air + tanah, W_3 (gram)	169,3	179,47	176,3
Berat Tanah Kering, W_s (gram)	50	50	50
Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	26	26	26
Faktor Koreksi, $\alpha=$	0,99682	0,99682	0,99682
Berat Jenis Gs	2,14	3,03	2,59
Berat Jenis Rata-rata, Gs	2,59		
Jenis Tanah	lempung organik		

Hasil pengujian berat jenis (Gs) yang sudah dilakukan di laboratorium dilakukan dengan pengujian sebanyak tiga sampel. Dari penelitian tersebut didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,59. Angka ini menunjukkan bahwa sampel tanah termasuk dalam golongan tanah lempung organik.

Sample	-	I	II	III				Rata-Rata
Ring/Container Number	-	I	II	III	IV	V	VI	
Weight Ring (1)	Gr	31,1	32,2	30,4	29,8	30,4	30	30,65
Weigh of Container (2)	Gr	93,1	85,7	93,1	85,7	93,1	85,7	89,4
Weight of Ring + Container + Wet Soil (3)	Gr	151,6	146,6	175,2	181,1	186,5	182,1	170,52
Weigh of Wet Soil (4) = (3)-(2)-(1)	Gr	27,4	28,7	51,7	65,6	63	66,4	50,47
Volume of Soil (5)	cm ³	62,68	54,44	52,94	56,84	58,29	55,25	56,74
Sample	-	I	II	III				Rata - rata
Ring/Container Number	-	I	II	III	IV	V	VI	
Weigh of Ring + Container + Dry Soil (6)	Gr	127,1	122,8	169,6	170,4	183,2	176,1	158,2
Weigh of Dry Soil (7) = (6)-(1)-(2)	Gr	2,9	4,9	46,1	54,9	59,7	60,4	38,15
Weigh of Water (8) = (4)-(7)	Gr	24,5	23,8	5,6	10,7	3,3	6	12,32
Spesific Gravity, Gs	-	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Volume of Dry soil (9) = (7)/Gs	cm ³	2,14	3,62	34,08	40,58	44,13	44,64	28,2
Volume of Pore (10) = (5)-(9)	cm ³	60,54	50,82	18,86	16,26	14,16	10,6	28,54
Wet Density, $g_{wet} = (4)/(5)$	gr/cm ³	0,44	0,53	0,98	1,15	1,08	1,2	0,9
Water Content, $w = (8)/(7)*100\%$	%	8,45	4,86	12,15	19,49	5,53	9,93	10,07
Dry Density, $g_{dry} = g_{wet}/(1+w)$	gr/cm ³	0,4	0,5	0,87	0,97	1,02	1,09	0,81
Porosity, $n = (10)/(5) * 100\%$	%	96,58	93,35	35,63	28,61	24,3	19,19	49,61
Deegree of Saturatio, $S_r = (8)/(10)*100\%$	%	40,47	46,83	29,69	65,79	23,3	56,59	43,78

a.(Sumber, hasil penelitian laboratorium teknik sipil UKI Toraja)

Batas susut (SL) diartikan untuk menentukan kadar air tanah pada keadaan padat dan keadaan semi padat. Berdasarkan hasil pengujian batas susut maka diperoleh SL pada titik 1 adalah 5,87%, pada titik 2 adalah 14,14% dan pada titik 3 adalah 3,40%.

Dengan demikian didapat untuk menentukan jenis mineral pada setiap sampel ialah $LL < PL < SL$ maka pada titik 1 = $40,57\% > 29,02\% > 5,87$ maka jenis mineral tanah ialah hollowsite, untuk titik 2 = $35,06\% > 27,33\% > 14,14\%$, maka jenis mineral ialah hollowsite, dan untuk titik 3 = $42,67\% > 38,82\% > 3,40\%$, maka jenis mineral ialah hollowsite. Untuk indeks Plastisitas (IP) $IP = LL - PL$, pada titik 1 = $40,57\% - 29,02\% = 11,55\%$, pada titik 2 = $35,06\% - 27,33\% = 7,33\%$, dan pada titik 3 = $42,67\% - 38,82\% = 3,85\%$.

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan maka dapat diperoleh syarat tanah bergradasi baik jika mempunyai koefisien $1 < C_c < 3$ dengan $C_u > 4$ untuk kerikil dan $C_u > 6$ untuk pasir. Tanah disebut bergradasi sangat baik bila $C_u > 15$. Maka dari hasil perhitungan diperoleh nilai pada titik 1 ($C_u = 9,87 < 15$) dan ($C_c = 1 > 0,70 < 3$), pada titik 2 ($C_u = 8,22 < 15$) dan ($C_c = 1 > 0,38 < 3$), pada titik 3 ($C_u = 7,97 < 15$) dan ($C_c = 1 < 1,55 < 3$), maka berdasarkan uraian di atas pada titik 1, 2, dan 3 tanah termasuk ke dalam tanah yang bergradasi buruk. Semakin besar diameter saringan maka semakin besar persen lolos tanah tersebut. Dari hasil tersebut dapat diketahui ukuran partikel tanah menurut klasifikasi AASTHO.

Dilakukan Sistem Pengklasifikasi Tanah menurut AASTHO yaitu sebagai berikut :

Titik 1

Pada percobaan ini diperoleh 10,98% lolos saringan No. 200 sehingga tanah termasuk, tanah berlempung (persen lolos saringan No.200 < 35%) berdasarkan sistem AASTHO.

- % Lolos Saringan No. 10 (2 mm)	= 78,50%
- % Lolos Saringan No. 40 (0,425 mm)	= 37,64%
- % Lolos Saringan No. 100 (0,150 mm)	= 24,23%
- % Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)	= 10,98%
- Batas Cair (LL) = 40,50%	
- Batas Plastis (PL)	= 29,02%
- Indeks Plastisitas (PI)	= 11,55%

Analisa :

- $F = 10,98\%$, tanah berbutir (lolos saringan No, 200 <35%)
- $LL = 40,50\%$ dapat dikelompokkan A-2-6
- $PI = 11,55\%$ untuk kelompok A-2-6, PI min 11% maka dapat dikategorikan pada kelompok A-2-6
- Untuk membedahkan keduanya, di hitung $PI = 11,55\%$, lebih kecil dari 30, maka perlu dicari nilai indeks kelompok Group Indeks (GI), bila dihitung group indeks dengan rumus maka didapatkan :

$$IG = (F - 35)(0,2 + 0,005(LL - 40)) + 0,01(F - 15)(PI - 10)$$

$$IG = (10,98 - 35)(0,2 + 0,005(40,50 - 40)) + 0,01(10,98 - 15)(11,55 - 10)$$

$$IG = - 4,926$$

Maka material tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok A-2, A-2-6.

Titik 2

Pada percobaan ini diperoleh 16,58% lolos saringan No. 200 sehingga tanah termasuk, tanah berlempung (persen lolos saringan No.200 < 35%) berdasarkan sistem AASTHO.

- % Lolos Saringan No. 10 (2 mm)	= 85,05%
- % Lolos Saringan No. 40 (0,425 mm)	= 37,29%
- % Lolos Saringan No. 100 (0,150 mm)	= 21,05%
- % Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)	= 16,58%
- Batas Cair (LL) = 35,06%	
- Batas Plastis (PL)	= 27,33%
- Indeks Plastisitas (PI)	= 7,33%

Analisa :

- $F = 16,58\%$, tanah berbutir (lolos saringan No, 200 <35%)
- $LL = 35,06\%$ dapat dikelompokkan A-2-4
- $PI = 7,33\%$ untuk kelompok A-2-4, PI maks 10% maka dapat dikategorikan pada kelompok A-2-4
- Untuk membedahkan keduanya, di hitung $PI = 7,33\%$, lebih kecil dari 30, maka perlu dicari nilai indeks kelompok Group Indeks (GI), bila dihitung group indeks dengan rumus maka didapatkan :

$$IG = (F - 35)(0,2 + 0,005(LL - 40)) + 0,01(F - 5)(PI - 10)$$

$$IG = (16,58 - 35)(0,2 + 0,005(35,06 - 40)) + 0,01(16,58 - 15)(7,33 - 10)$$

$$IG = - 3,271$$

Maka material tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok A-2, A-2-4

Titik 3

Pada percobaan ini diperoleh 8,48% lolos saringan No. 200 sehingga tanah termasuk, tanah berlempung (persen lolos saringan No.200 < 35%) berdasarkan sistem AASTHO.

- % Lolos Saringan No. 10 (2 mm) = 91,00%
- % Lolos Saringan No. 40 (0,425 mm) = 48,39%
- % Lolos Saringan No. 100 (0,150 mm) = 19,50%
- % Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm) = 8,48%
- Batas Cair (LL) = 42,67%
- Batas Plastis (PL) = 38,82%
- Indeks Plastisitas (PI) = 3,85%

Analisa :

- F = 8,48%, tanah berbutir (lolos saringan No, 200 <35%)
- LL= 42,67 dapat dikelompokkan A-2-5
- PI = 3,85% untuk kelompok A-2-5, PI maks 10% maka dapat dikategorikan pada kelompok A-2-5
- Untuk membedakan keduanya, di hitung PI = 3,85%, lebih kecil dari 30, maka perlu dicari nilai indeks kelompok Group Indeks (GI), bila dihitung group indeks dengan rumus maka didapatkan :

$$IG = (F - 35)(0,2 + 0,005(LL - 40)) + 0,01(F - 5)(PI - 10)$$

$$IG = (8,48 - 35)(0,2 + 0,005(42,67 - 40)) + 0,01(8,48 - 15)(3,85 - 10)$$

$$IG = - 5,257$$

Maka material tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok A-2, A-2-5.

Pemadatan ini dilakukan untuk mencari kadar air tanah setelah dipadatkan, pengujian ini untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat isi tanah. Pengujian menggunakan mold dengan memasukkan tanah kedalam mold pemadatan, kemudian ditumbuk dengan alat penumbuk.

Pengujian kuat geser merupakan masalah yang berhubungan dengan stabilitas massa tanah. Pengujian kuat geser tanah di laboratorium dilakukan terhadap sampel tanah yang representatif dan harus dikerjakan dengan cara sedemikian hingga mensimulasikan kondisi yang ada di lapangan. Berdasarkan hasil pengujian kuat geser langsung pada sampel 1,2, dan 3, maka di dapatkan nilai rata – rata :

$$\text{Nilai kohesi (C)} = \frac{14,378 + 11,954 + 3,839}{3}$$

$$= 10,057 \text{ kpa}$$

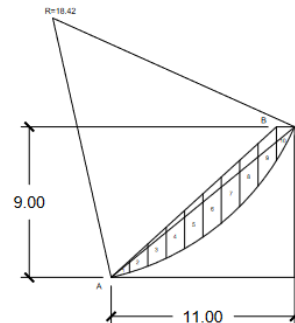
$$= 0,102 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{Sudut geser } (\phi) = \frac{6,944^\circ + 4,643^\circ + 42,374^\circ}{3}$$

$$= 17,99^\circ$$

3.2 Pengolahan Data Lokasi

Dalam menganalisis stabilitas lereng dengan menggunakan Metode Spencer yang terjadi di jalan, Kecamatan Buntao', Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan memerlukan beberapa tahapan dengan menentukan gambar kondisi longsor dan membagi dalam tiap-tiap irisan guna dipakai dalam perhitungan analisis stabilitas lereng tersebut. Berikut adalah gambar bidang longsor dan jumlah irisan yang digunakan dalam metode ini :



Gambar 1. Bidang longsor metode spencer

Untuk mencari faktor keamanan dengan menggunakan Metode Spencer perlu mempertimbangkan dua faktor yaitu faktor keamanan momen dan faktor keamanan gaya.

Jadi untuk mendapatkan faktor keamanan momen dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{FK Momen} &= \frac{\sum RM}{\sum DM} \times \frac{R}{R} \\ \text{FK Momen} &= \frac{95,54}{11,54} \times \frac{18,42}{18,42} \\ &= 8,28 \end{aligned}$$

Jadi untuk menentukan faktor keamanan gaya dapat dirumuskan dengan :

$$\begin{aligned} \text{F Gaya} &= \frac{\sum RF}{\sum DF} \\ &= \frac{151,12}{15,46} \\ &= 9,77 \end{aligned}$$

Perhitungan Gaya normal yang bekerja pada tiap irisan diperoleh dengan menjumlahkan gaya-gaya yang tegak lurus.

$$P = \frac{\left[W_n - (X_r - X_l) - \frac{1}{f} (C \sin \alpha - u \tan \phi \sin \alpha) \right]}{\cos \alpha \left(1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi}{f} \right)}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} P1 &= \frac{\left[0,70 - (0) - \frac{1}{0,9} (10,06 \times 0,24 - 0,5 \times 0,29 \times 0,24) \right]}{0,97 \left(1 + 0,25 \frac{0,29}{0,9} \right)} \\ &= -1,854 \end{aligned}$$

$$P2 = \frac{\left[0,88 - (0) - \frac{1}{0,9} (10,06 \times 0,31 - 0,5 \times 0,29 \times 0,31) \right]}{0,95 \left(1 + 0,32 \frac{0,29}{0,9} \right)}$$

$$= -2,419$$

$$P3 = \frac{[1,84 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,37 - 0,5 \times 0,29 \times 0,37)]}{0,92 (1 + 0,40 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -2,153$$

$$P4 = \frac{[2,26 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,44 - 0,5 \times 0,29 \times 0,44)]}{0,89 (1 + 0,49 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -2,428$$

$$P5 = \frac{[2,56 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,50 - 0,5 \times 0,29 \times 0,50)]}{0,86 (1 + 0,58 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -2,888$$

$$P6 = \frac{[2,73 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,57 - 0,5 \times 0,29 \times 0,57)]}{0,82 (1 + 0,69 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -3,541$$

$$P7 = \frac{[2,74 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,63 - 0,5 \times 0,29 \times 0,63)]}{0,77 (1 + 0,81 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -4,326$$

$$P8 = \frac{[2,53 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,69 - 0,5 \times 0,29 \times 0,69)]}{0,72 (1 + 0,96 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -5,379$$

$$P9 = \frac{[2,02 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,75 - 0,5 \times 0,29 \times 0,75)]}{0,65 (1 + 1,16 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -6,990$$

$$P10 = \frac{[2,02 - (0) - \frac{1}{0,9}(10,06 \times 0,81 - 0,5 \times 0,29 \times 0,81)]}{0,57 (1 + 1,41 \frac{0,29}{0,9})}$$

$$= -8,327$$

$$P-U1 = -40,305$$

1) 4.3.10 Faktor kesetimbangan Gaya

$$\begin{aligned} FF &= \frac{\sum [C + (P - U1) \tan \phi]}{\sum w \cdot \sin \alpha} \\ &= \frac{\sum [10,06 + (-40,305) 0,29]}{\sum 20,28 \times 0,531} \\ &= \frac{-1,628}{10,77} \end{aligned}$$

$$= -0,151$$

2) 4.3.11 Faktor Keseimbangan Momen

$$FM = \frac{\sum [c + (p - ul) \tan \phi] \sec \alpha}{\sum (W - (Xr - xl) \tan \alpha)}$$

$$FM = \frac{\sum [10,06 + (-40,305)0,29]1,257}{\sum (20,28 - (0) \times 0,707)}$$

$$= \frac{-2,046}{20,28}$$

$$= -0,100$$

$$FK = FM + FF$$

$$= -0,151 + -0,100$$

$$= -0,251 < 1 \text{ (tidak aman)}$$

Jadi untuk faktor keamanan dengan menggabungkan dua keseimbangan yaitu keseimbangan gaya dan keseimbangan momen didapatkan faktor keamanan spencer sebesar $-0,251 < 1$ itu berarti stabilitas lereng tidak aman.

3.3 Perencanaan dengan Sheet Pile

Tanah Asli :

$$\gamma = 8,83 \text{ kN/m}^3$$

$$C = 10,057 \text{ kPa}$$

Analisa data :

1. menghitung tekanan dinding

- Titik tekanan dinding

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} = \frac{2 \times 10,057}{8,83} = 2,278 \text{ m}$$

$$OB = h - Z_c = 3,5 - 2,278 = 1,222 \text{ m}$$

Di B,

- Tekanan tanah aktif $= \gamma \cdot h - 2 \cdot c$
 $= 8,83 \times 3,5 - 2 \times 10,057$
 $= 10,791 \text{ kN/m}^3$
- Tekanan tanah pasif $= 2 \cdot c$
 Tekanan bersih pada sisi pasif
 $= 2 \cdot C - (\gamma \cdot h - 2 \cdot c)$
 $= 4 \cdot c - \gamma \cdot h$
 $= (4 \times 10,057) - (8,83 \times 3,5)$
 $= 40,228 - 30,905$
 $= 9,323 \text{ kN/m}^3$

2. menghitung kekuatan

- Gaya aktif antara O dan B adalah :

$$P_1 = \frac{1}{2} \times 10,791 \times OB$$

$$= \frac{1}{2} \times 10,791 \times 1,222$$

$$= 6,59$$

Acting $d \times \frac{1}{3} \times 1,22 = 0,407 \cdot d$ m dari C

- Gaya pasif total antara B dan C adalah :

$$P_2 = 9,323 \times d$$

$$\text{Acting } \frac{1}{2} d \text{ dari C}$$

3. Momen C

$$6,59(d + 0,407) = 10,791 \times \frac{1}{2} d$$

$$6,59d + 2,682 = 5,396d^2$$

$$5,396d^2 - 6,59d - 2,682 = 0$$

$$d = \frac{6,59 \pm \sqrt{6,59^2 + 4 \times 5,396 \times 2,682}}{2 \times 5,396}$$

$$= \frac{6,59 \pm 10,065}{10,792} = 1,543 \text{ m}$$

Panjang turap total = $d + H = 1,543 + 9 = 10,543 \text{ m} \sim 11 \text{ m}$

Jadi panjang Sheet Pile yang dibutuhkan ialah 11 m.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja, serta hasil yang telah ditunjukkan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan :

1. Karakteristik tanah penyebab longsor di Dusun Tana'papakayu, Lembang Sapan Kua-Kua, Kecamatan Buntao', Kabupaten Toraja Utara memiliki kadar air sebesar 43,78%, nilai berat jenis sebesar 2,59, termasuk dalam tanah lempung organik, nilai batas cair sebesar untuk titik 1 sebesar 40,57%, titik 2 sebesar 35,06% dan titik 3 sebesar 42,67% , nilai batas plastis sebesar titik 1 adalah 29,02%, pada titik 2 adalah 27,33%, dan pada titik 3 adalah 38,82%, nilai batas susut sebesar titik 1 adalah 5,87%, pada titik 2 adalah 14,14% dan pada titik 3 adalah 3,40%, nilai analisa saringan sebesar pada titik 1 diperoleh 10,98% lolos saringan No. 200, pada titik 2 diperoleh 16,58% lolos saringan No. 200, pada titik 3 diperoleh 8,48% lolos saringan No. 200 dan nilai kuat geser memiliki sudut geser $17,99^\circ$
2. Perhitungan analisa stabilitas lereng menggunakan metode Spencer di dapat nilai faktor keamanan sebesar -0,251, maka berdasarkan faktor keamanan lebih kecil dari 1 ($-0,251 < 1$) menunjukkan bahwa lereng tidak stabil
3. Cara menanggulangi terjadinya longsor di Dusun Tana'papakayu, Lembang Sapan Kua-Kua, Kecamatan Buntao', Kabupaten Toraja Utara, dengan menggunakan sheet pile di peroleh nilai panjang sheet pile yang di butuhkan ialah 11 m.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penerbitan paper ini.

Daftar Pustaka

Jenis Referensi	Contoh Penulisan
Articel	[1] (2023) RESKI AMALIA References.
Book	[2] Bowles, E. J. (1989). Sifat-sifat fisik tanah . Penerbit Erlangga.
Book	[3] Budi Susilo S, C. R. (1987). Mekanika Tanah. Penerbit Erlangga.
Book	[4] Creig, R. F. (1991). Mekanika Tanah Edisi Keempat. Diterjemahkan oleh Budi Susilo Erlangga.
Book	[5] Das, B. M. (1993). MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik). Erlangga.
Book	[6] Darmawan, M. Z. (2020). Tekanan Tanah Lateral. Politeknik Penerbangan Indonesia Curug.
Book	[7] Das, B. M. (1995). Mekanika Tanah Jilid 1. Penerbit Erlangga.
Book	[8] Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah I. Gajah Mada University.
Book	[9] Muhammad Syahri Ramadhan, A. G. (2021). PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE CANTILEVER. Uniska Teknik Sipil.
Articel	[10] Mutiarasari, K. A. (2022). Faktor Penyebab Tanah Longsor dan Jenis - Jenis Tanah Longsor . detikNews.

Jenis Referensi	Contoh Penulisan
Skripsi	[11] Pabeo, T. S. (2019). Analisa Bidang Longsor di Tinimbayo dan Penanggulangannya. Universitas Kristen Indonesia Toraja .
Skripsi	[12] Pangemanan, V. G. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius. Universitas Sam Ratulangi Manado.
	[13] Rangan PR, dkk., 2021. Implementasi dan Implikasi Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia (Target dan Strategi)
	[14] Parea Rusan Rangan, M.Tumpu, 2021. Effect Calcium Hydroxide (traditionally called slaked lime) to Stabilization of Laterite Soil, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, https://iopscience .
	[15] Parea Rusan Rangan, Abdias T., 2020. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Limbah Keramik (Studi Kasus: Tanah di Tanete, Lembang Limbong, Kecamatan Rembon, Kabupaten Tana Toraja), Journal Dynamic Saint, Edisi 5 nomor 2.
	[16] Rangan PR, Tumpu M., 2021. Effect Calcium Hydroxide (traditionally called slaked lime) to Stabilization of Laterite Soil, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, https://iopscience