

Analisis Stabilitas Lereng dan Konstruksi Dinding Penahan Tanah untuk Penanganan Longsoran Kayulangi Batas Provinsi Sulawesi Tengah

Ainurrasyid Musa¹, Muhammad Ardyansah Ikhsan², Winarno Arifin³,
St. Fauziah Badaruddin⁴, Mukti Maruddin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan

Email: ¹ainurrasyidmusa02@gmail.com; ²ardyanha31@gmail.com;

³winarno.arifin@umi.ac.id; ⁴sitifauziahbadrun@gmail.com; ⁵mukti.mukti@umi.ac.id

ABSTRAK

Tanah longsor kerap terjadi di berbagai titik di Indonesia utamanya saat musim hujan dan menimbulkan berbagai konsekuensi negatif. Salah satu wilayah yang rentan akan kejadian tanah longsor yaitu Desa Kayulangi Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan, yang merupakan ruas jalan Nasional menuju Provinsi Sulawesi Tengah yang dilalui banyak kendaraan. Lereng pada lokasi yang ditinjau merupakan jalan Trans Sulawesi, yang mana Tahun 2010 merupakan saat pertama kalinya terjadi longsor di area tersebut. Dalam penelitian ini dicoba menganalisis kestabilan lereng di titik tersebut dengan metode *Fellenius* dan merencanakan konstruksi dinding penahan tanah dengan konstruksi bronjong. Data sondir dan data pengeboran tangan dikumpulkan dalam tiga hari di lokasi. Dari data yang dikumpulkan selanjutnya dilakukan pengolahan data hasil pengujian sondir dan perancangan dinding penahan tanah sehingga dapat diperoleh data faktor keamanan dan nilai kestabilan lereng pada lokasi rawan longsor menggunakan metode *Fellenius* dan penanganan menggunakan konstruksi bronjong atau pasangan batu dengan menggunakan kawat. Dari hasil analisis lereng, diperoleh nilai faktor keamanan untuk irisan 1 sampai 4 adalah 0,715, irisan 5 – 8 adalah 4,003, irisan 9 – 12 adalah 28,284. Adapun untuk penanggulangan kelongsoran direkomendasikan menggunakan bronjong, karena bronjong dinilai lebih efisien.

Kata Kunci: Stabilitas lereng, faktor keamanan, *fellenius*, dinding penahan tanah

ABSTRACT

Landslides often occur at various regions in Indonesia, especially during the rainy season and cause various negative consequences. One area that is vulnerable to landslides is Kayulangi Village, East Luwu Regency, South Sulawesi, which is a section of the national road to Central Sulawesi Province that is traversed by many vehicles. The slope in the location under review is the Trans Sulawesi road, which in 2010 was the first time that a landslide occurred in those land. In this study, the stability of the slope at that point was analyzed with the Fellenius method and the construction of retaining walls with gabion construction planned. Sondir data and hand drilling data were collected within three days on site. From the data collected, the results of sondir test data processing and the design of retaining walls can be processed so that safety factor data and slope stability values can be obtained at landslide-prone locations using the Fellenius method and handling using gabion construction or stone masonry using wire. From the slope calculation, the safety factor for slices 1 to 4 is 0.715, slices 5 to 8 is 4.003, slices 9 to 12 are 28.284. As for the prevention of landslides, it is recommended to use gabions, because gabions are considered more efficient.

Keywords: Slope stability, safety factor, *fellenius*, retaining wall

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kontur dan topografi di Indonesia didominasi dengan permukaan yang tidak rata menyebabkan kestabilan lereng khususnya di daerah perbukitan perlu diperhatikan demi menjaga keselamatan warga karenanya analisis terkait kestabilan lereng menjadi salah satu perhatian utama dalam perencanaan konstruksi sipil (Pangemanan et al., 2014). Namun demikian, keterbatasan lahan, biaya, dan durasi pekerjaan merupakan tantangan yang sering dihadapi para perencana dalam upaya stabilisasi dan penguatan lereng (Hanif et al., 2017).

Lereng (*slope*) terbentuk saat bidang permukaan tanah memiliki kontur yang tidak rata dimana terdapat perubahan elevasi yang cukup signifikan antar titik ada zona yang berdekatan (Arifuddin et al., 2020). Pada lereng baik yang terbentuk secara alami maupun buatan berisiko mengalami longsor utamanya pada musim penghujan (Agustina, 2012). Selain pengaruh cuaca, stabilitas lereng juga dapat goyah akibat kegiatan keseharian warga di daerah lereng yang menyebabkan ketidakseimbangan gaya yang ditimbulkan pada lereng dengan kemampuan lereng menahan gaya tersebut (Takwin et al., 2017). Longsor membawa banyak konsekuensi negatif mulai dari kerusakan fisik, terganggunya aktivitas dan mobilitas warga, lumpuhnya kegiatan ekonomi, hingga menelan korban jiwa (Rahayu & Hakim, 2019).

Lereng pada suatu lokasi di jalan Trans Sulawesi mengalami longsor pertama kali di Tahun 2010 yang kemudian sering terjadi kembali saat musim hujan. Ketidakstabilan lereng sangat berisiko bagi warga dan lingkungan sekitar, karenanya analisis stabilitas lereng dengan perhitungan faktor keamanan khususnya pada wilayah yang rawan longsor menjadi tindakan antisipatif untuk menangani risiko longsor (Rolos et al., 2017).

1.2 Rumusan masalah

1) Bagaimanakah nilai faktor keamanan

kestabilan lereng dengan menggunakan metode *Fellenius*?

2) Bagaimanakah stabilitas dinding penahan tanah dengan menggunakan konstruksi bronjong?

1.3 Tujuan Penelitian

1) Menganalisis nilai faktor keamanan kestabilan lereng dengan menggunakan metode *Fellenius*.

2) Menganalisis stabilitas dinding penahan tanah dengan menggunakan konstruksi bronjong.

2. Metode penelitian

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengujian sondir dan *hand bored* dilakukan selama tiga hari di jalan Trans Sulawesi, Kecamatan Mangkutana Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Survei lapangan dilakukan melalui pengujian sondir dan *Hand bored* di titik yang telah ditentukan. Penelitian ini menghasilkan data faktor keamanan dan nilai kestabilan lereng pada lokasi rawan longsor menggunakan metode *Fellenius* dan penanganan menggunakan konstruksi bronjong atau pasangan batu dengan menggunakan kawat.

Alat bantu *theodolite* digunakan untuk memperoleh luas tanah, bentuk permukaan, dan elevasi lereng.

2.3 Metode Pengolahan Data

Dari uji sondir diperoleh kohesi tanah, sudut geser, dan gamma tanah

Perencanaan dinding penahan tanah (DPT) dilakukan dengan tahapan berikut:

- Menghitung tekanan tanah aktif dan pasif.
- Penentuan dimensi dan kalkulasi beban.
- Perhitungan *safety factor* terhadap guling (*Fgl*) dan geser (*Fgs*).
- Perhitungan *safety factor* terhadap kuat dukung tanah (*F*).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Penyelidikan Lapangan

Pengujian Sondir (DCPT)

- Kedalaman 0,0 – 3,20 m berupa lapisan tanah dengan kekuatan lunak hingga keras.
- Kedalaman 3,20 m kebawah berupa lapisan tanah keras dengan nilai perlawanan konus (q_c) = 180 kg/cm² dengan jumlah perlawanan (f_{rksi}) = 240 kg/cm².

Data Pengeboran Inti

- Kedalaman 0,0 m – 1,00 m, berupa lapisan tanah lempung dengan warna coklat kekuningan.
- Kedalaman 1,00 m – 3,00 m, berupa lapisan lempung berkerikil dan berbatu lepas dengan warna abu-abu kecoklatan dengan nilai (SPT = 13N).

- Kedalaman 3,00 m – 5,00 m, berupa lapisan pasir berlempung dan berkerikil dengan warna coklat keabuan dengan nilai (SPT = 32N).
- Kedalaman 5,00 m – 7,50 m, berupa lapisan lempung berpasir dan berkerikil dengan warna coklat kekuningan dengan nilai (SPT = 14N).
- Kedalaman 7,50 m – 11,50 m berupa lapisan pasir berlempung dan berkerikil dengan warna coklat keabuan dengan nilai (SPT = 34N).
- Kedalaman 11,50 m – 13,00 m, berupa lapisan pasir berlempung dan berbatu lepas dengan warna coklat keabuan dengan nilai SPT > 50 N.

3.2 Pengolahan Data Sondir

Untuk mengkorelasikan nilai q_c untuk mengetahui nilai sudut geser setiap lapisan tanah

Tabel 1 Hubungan antara nilai N, tekanan konus q_c , sudut geser dalam

Kepadatan	Relatife Density (D_r)	Nilai N	Tekanan konus q_c (kg/cm ²)	Sudut geser dalam (ϕ°)
<i>Very loose</i>	< 0,2	< 4	< 20	< 30
<i>Loose</i>	0,2 – 0,4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
<i>Medium dense</i>	0,4 – 0,6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
<i>Dense</i>	0,6 – 0,8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
<i>Very dense</i>	0,8 – 1,0	> 50	> 200	> 45

Untuk nilai sudut geser adalah

- Lapisan tanah pertama (0,00 m – 0,80 m) dilihat dari nilai q_c = 8 Kg/cm², maka nilai sudut geser adalah 30,00°.
- Lapisan tanah kedua (1,00 m – 2,00 m) dilihat dari nilai q_c = 42 Kg/cm², maka nilai sudut geser adalah 35,12°
- Lapisan tanah ketiga (2,20 – 3,20 m) dilihat dari nilai q_c = >200 Kg/cm², maka nilai sudut geser adalah 45,00°.

pada setiap lapisan melalui korelasinya dengan nilai q_c , digunakan hubungan antara konsistensi dengan tekanan konus pada tanah lempung yang bersumber dari Hermann Bagemann, 1965.

3.3 Korelasi antara Konsistensi Tanah dengan Tekanan Konus

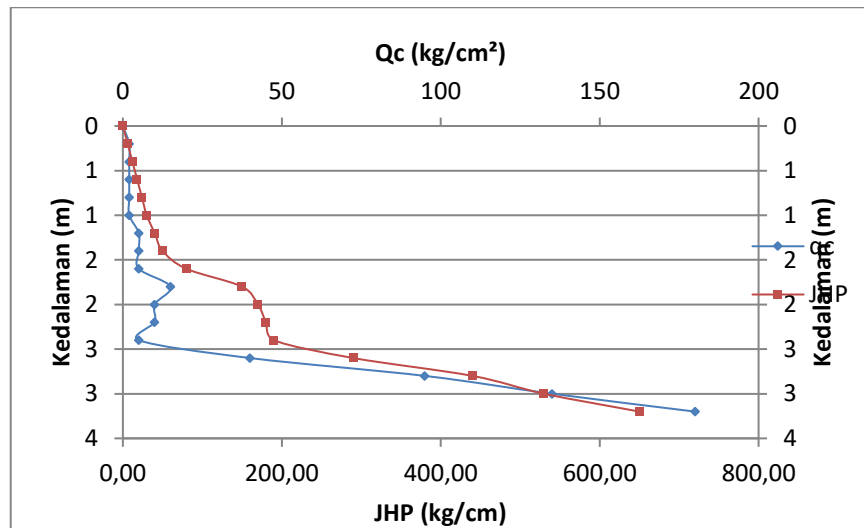
Agar dapat diperoleh nilai kohesi tanah (c)

Tabel 2 Tabel hubungan antara konsistensi dengan tekanan konus pada tanah lempung

Konsistensi tanah	Tekanan konus q_c (kg/cm^2)	Undrained cohesion (T/m^2)
<i>Very Soft</i>	< 2,50	< 1,25
<i>Soft</i>	2,50 – 5,0	1,25 – 2,50
<i>Medium Stiff</i>	5,0 – 10,0	2,50 – 5,0
<i>Stiff</i>	10,0 – 20,0	5,0 – 10,0
<i>Very Stiff</i>	20,0 – 40,0	10,0 – 20,0
<i>Hard</i>	> 40,0	> 20,0

Nilai sudut geser yang tidak tertera pada tabel diperoleh dengan interpolasi sebagai berikut:

- Lapisan pertama 0,00 - 0,80 m dilihat dari nilai q_c : 8 Kg/cm^2 , nilai kohesi tanah adalah 4,00 t/m^2
- Lapisan kedua 1,00 – 2,00 m dilihat dari nilai q_c : 42 Kg/cm^2 , nilai kohesi tanah adalah 20,00 t/m^2
- Lapisan ketiga 2,20 – 3,20 m dilihat dari nilai q_c : >200 Kg/cm^2 , nilai kohesi tanah adalah 20,00 t/m^2 .



Gambar 1 Grafik hubungan antara data q_c dan data JHP

3.4 Gamma Tanah

Nilai gamma tanah diperoleh sebagai

turunan dari nilai sudut geser (ϕ)

Tabel 3 Berat jenis tanah untuk tanah non kohesif dan kohesif

Units	Cohesive				
N	<4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	>25
Unit Weight γ kN/m^3	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	>20
Q_u , kPa	<25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Nilai gamma tanah yang tidak tercantum dalam tabel 3 diinterpolasi:

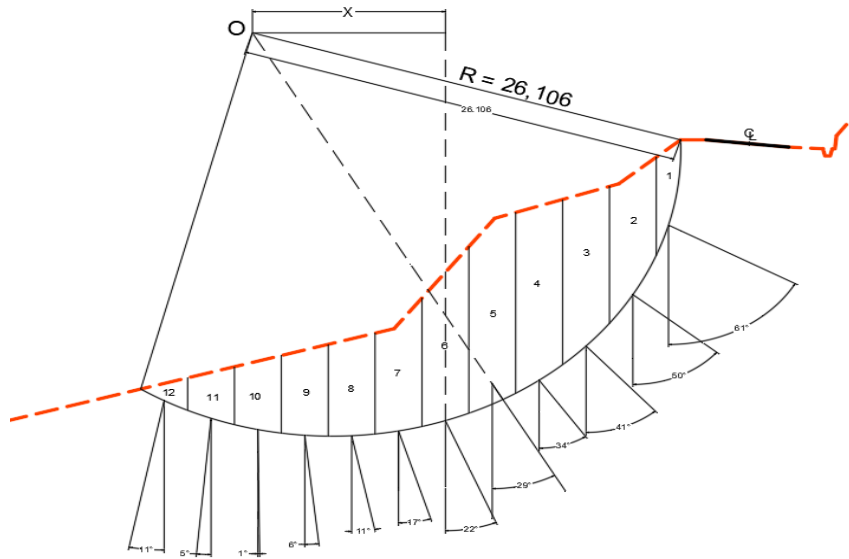
- Lapisan tanah pertama 0,00 m – 0,80 m dilihat dari konsistensi maka nilai gamma tanah adalah 16 kN/m^3
- Lapisan tanah kedua 1,00 m – 2,00 m dilihat dari konsistensi tanah maka gamma tanah adalah 20 kN/m^3
- Lapisan tanah ketiga 2,20 m – 3,20 m dilihat dari konsistensi tanah maka gamma tanah adalah 20 kN/m^3

3.5 Metode Fellenius

Metode *Fellenius* diperkenalkan pertama oleh *Fellenius* pada tahun (1927, 1936)

yang menyatakan bahwa sudut kemiringan paralel yang dihasilkan dari sebuah gaya dapat dibagi menjadi

beberapa irisan dimana hasil penampang lereng pada lokasi penelitian dibagi dalam jumlah irisan berikut:



Gambar 2 Desain lereng dan model irisan

3.5.1 Perhitungan faktor keamanan

Dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SF = \frac{(Kohesi(1) * \sum L) + (\sum W * \cos \alpha * \tan \phi)}{\sum W * \sin \alpha}$$

1. Pada irisan 1 – 4 nilai Faktor keamanan yang terjadi <1,2 maka pada irisan tersebut gerakan tanah sering terjadi dengan nilai

$$FS = 0,715$$

2. Pada irisan 5 – 8 nilai Faktor keamanan yang terjadi >2 maka pada irisan tersebut gerakan tanah sering terjadi dengan nilai

$$FS = 4,003$$

3. Pada irisan 9 – 12 nilai Faktor keamanan yang terjadi >2 maka pada irisan tersebut gerakan tanah sering terjadi dengan nilai

$$FS = 28,184.$$

Tabel 4 Perhitungan dengan menggunakan metode *Fellenius*

No Pias	Panjang Irisan (L)	Lebar Irisan (A)	Luas Irisan (A)	Sudut Tiap Irisan (α)	Wt * Sin α	Wt * Cos α	Safety Factor
a	b	c	d	e	f	g	h
1	1,42	1,87	2,66	61,00	37,23	20,63	0,47
2	2,73	3,47	9,49	50,00	116,28	97,57	0,58
3	2,73	2,89	7,89	41,00	82,82	95,28	0,80
4	2,73	2,89	7,89	34,00	70,60	104,66	1,01
5	2,73	3,81	10,41	29,00	100,97	182,16	1,81
6	2,73	4,56	12,47	22,00	93,40	231,18	3,06
7	2,73	3,87	10,57	17,00	61,81	202,16	4,16
8	2,73	2,85	7,78	11,00	29,70	152,81	6,99
9	2,73	2,85	7,78	6,00	16,27	154,82	12,87
10	2,73	2,85	7,78	1,00	2,72	155,65	77,42
11	2,73	2,85	7,79	5,00	13,58	155,24	15,46
12	2,73	2,84	7,77	11,00	29,66	152,60	6,99
Σ	31,50				655,05	1704,78	131,60
Σ(kritis)	Nilai rata- rata						1,698

Berdasarkan tabel 4 dengan melakukan perhitungan data dengan menggunakan metode *Fellenius*, dibagi dengan 3 lapisan sesuai dengan jumlah irisan yang ditentukan, untuk lapisan yang dalam kondisi kritis adalah irisan 1 sampai irisan 7 maka perlu dilakukan penanganan, dengan menggunakan konstruksi dinding penahan tanah.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Menurut analisis stabilitas lereng dan konstruksi berikut ini beberapa kesimpulan yang dapat ditarik:

- 1) Faktor keamanan hasil Analisis stabilitas lereng;
1 – 4 adalah = 0,715
5 – 8 adalah = 4,003
9 – 12 adalah = 28,284
- 2) Nilai faktor keamanan hasil analisis dinding penahan tanah;
Analisis guling = $5,41 > 1,5$
Analisis geser = $4,67 > 1,5$
Analisis penurunan = $12,86 > 2$

4.2 Saran

- 1) Agar hasil kalkulasi lebih presisi, stabilitas lereng dapat dianalisis berdasarkan perbandingan dengan menggunakan dua atau tiga metode manual.
- 2) Untuk penanggulangan kelongsoran direkomendasikan menggunakan bronjong, karena bronjong dinilai lebih efisien terhadap mutu dan waktu pelaksanaan, selain dinilai lebih efisien dalam tahap perencanaan dan pelaksanaan bronjong juga dinilai lebih efisien dalam perawatan struktur atau pemeliharaan.

Daftar Pustaka

Agustina, D. H. (2012). Soil Bioengineering sebagai Alternatif Metoda Stabilisasi Longsor. *Jurnal Dimensi*, 1(1), 1–7.

<https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/jurnaldms/article/download/151/147>

Arifuddin, A. A., Lukman, H., & Budiono. (2020). Perbandingan Metode Fellenius dan Metode Bishop Menggunakan Software Rocscience Slide Dalam Analisis Stabilitas Lereng (Studi Kasus : Sumurkadu Desa Bendungan , Kecamatan Jonggol) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan Program Stud. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Sipil*, 1(1), 1–10.

Hanif, F., Setiawan, B., & Dananjaya, R. H. (2017). Analisis Perkuatan Soil Nailing Sebagai Metode Perbaikan Stabilitas Lereng. *Matriks Teknik Sipil*, 5(2), 484. <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/36860>

Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. ., & Sompie, O. B. . (2014). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37–46. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/3920>

Rahayu, B., & Hakim, R. B. F. (2019). *Pengelompokan Dampak Bencana Longsor di Indonesia Menggunakan Kohonen Self Organizing Maps (SOM)*. 1–17.

Rolos, G. J., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2017). Analisa Kestabilan Lereng Metode Lowe-Karafathi (Studi Kasus: Glory Hill Citraland). *Tekno*, 15(67), 23–33.

Takwin, G. A., Turangan, A. E., & Rondonuwu, S. G. (2017). Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price (Studi Kasus: Diamond Hill Citraland). *Tekno*, 15(67), 66–76.