

Potensi Longsor Berdasarkan Karakteristik Geologi Teknik Pada Jalan Poros Malino Desa Lonjoboko, Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa

Hedianto¹, A. Al'faizah Ma`rief², Enni Tri Mahyuni², Mapuay Theo Afasedanja³

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
hedianto@universitasbosowa.ac.id

² Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
alfaizahMaarief@universitasbosowa.ac.id

² Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
ennytrimahyuni@universitasbosowa.ac.id

³ Program Studi Teknik Pertambangan, Politeknik Amamapare Timika
mapuayafase87@gmail.com

ABSTRAK

Jalan Poros Malino Kabupaten Gowa merupakan daerah yang rawan longsor dimusim penghujan, dimana kondisi geologi berupa satuan Gunungapi Baturape-Cindako yakni batuan vulkanik berumur pliosen. Lokasi penelitian terletak di Jalan Poros Malino Km 56 dan Km 64 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa, rata-rata kemiringan lereng daerah penelitian $>45^\circ$. Tujuan dari penelitian ini melakukan pengamatan karakteristik geologi teknik pada lereng untuk melihat potensi longsor dan memberikan rekomendasi teknis terhadap kondisi lereng pengamatan. Metodologi penelitian menggunakan data primer yakni data hasil pengamatan geologi teknik dan geometri dari lereng, serta data sekunder berupa data-data penelitian terdahulu, dan juga hasil pengujian laboratorium sifat fisik dan mekanik batuan. Hasil penelitian diperoleh data pengamatan geologi teknik bahwa pada lereng (A) yang terletak di Jalan Poros Malino Km 56 berupa batuan basal memiliki tingkat pelapukan yang tinggi ditandai dengan rata-rata jarak kekar yakni 9 cm dan kondisi daerah puncak lereng telah menjadi *residual soil*, sedangkan pada lereng (B) yang terletak Di Jalan Poros Malino Km 64 berupa batuan tufa memiliki tingkat pelapukan masih kategori lapuk ringan dan kondisi kekar belum terlihat. Berdasarkan hasil interpretasi dengan metode Morgenstern-Price diperoleh nilai faktor keamanan lereng (A) yakni FK 1.101 yang dianggap tidak stabil berdasarkan standar minimum faktor keamanan lereng yakni >1.25 . Pada lereng (B) diperoleh nilai faktor keamanan yakni FK 1.371, dimana lereng tersebut dianggap stabil. Adapun rekomendasi teknis untuk menjaga agar tidak terjadinya gerakan tanah maka pada lereng (A) dapat menggunakan *retaining wall* atau dinding penahan tanah dan untuk lereng (B) dapat menggunakan *wiremess* disekeliling lereng pengamatan.

Kata Kunci: **Geologi Teknik; Faktor Keamanan; Morgenstern-Price**

ABSTRACT

Malino axis road is an area that is prone to landslides in the rainy season. The research location is located on Km 56 and Km 64 Lonjoboko Village, Parangloe District, Gowa Regency. The purpose of this study is to observe the engineering geological characteristics of the slopes to see the potential for landslides and to provide technical recommendations for the condition of the observed slopes. The research methodology uses primary data, namely data from observations of engineering geology and geometry of the slopes, as well as secondary data in the form of data from previous studies, as well as results from laboratory tests of rock physical and mechanical properties. The results of the study obtained technical geological observation data that on the slope (A) which is located on Km 56 in the form of basalt rock has a high level of weathering characterized by an average joint distance of 9 cm and the condition of the top of the slope has become residual soil and safety factor value is 1.101, while on the slope (B) is located on Km 64 in the form of tuff rocks that have a weathering level that is still in the lightly weathered category and the joint condition is not visible and safety factor value is 1.371. As for the technical recommendations to prevent ground shaking, the slope (A) can use a retaining wall or retaining wall and for the slope (B) use wire mesh around the observation slope.

Keyword : **Geology Teknik, Swell Factor, Morgenstern-Price**

PENDAHULUAN METODE PENELITIAN

Kabupaten gowa khususnya jalan poros malino-sinjai merupakan Salah satu wilayah yang rawan terjadi longsor. material atau batuan pembentuk lereng tersebut merupakan hasil erupsi dari gunung lompobattang dan gunung baturape cindako., Adapun litologi area tersebut di dominasi oleh batuan vulkanik seperti breksi vukanik, tufa, basal porfiri berumur pliestosen (Imran et al., 2012). Kondisi lereng Jalan Poros Malino-Sinjai memiliki keadaan geometri lereng yang berbeda-beda rata-rata ketinggian lereng >15 m, rata-rata kemiringan lereng >40°, kondisi pelapukan batuan terlihat telah mengalami derajat pelapukan mulai dari lapuk ringan, lapuk sedang, lapuk ringan, lapuk sempurna, dan tanah residu. Berdasarkan parameter derajat tingkat pelapukan batuan dalam (Nurjamil et al., 2005). Perlunya analisis kestabilan lereng pada daerah Jalan Poros Malino untuk menentukan nilai faktor keamanan lereng sehingga dapat ditindaklanjuti mengenai penanganan terhadap kondisi lereng yang tidak stabil.

Tujuan penelitian ini yakni pertama melakukan pengamatan dan analisis geologi teknik, kedua melakukan analisis kestabilan lereng berdasarkan metode kuantitatif menggunakan metode kesetimbangan batas yakni Morgenstern-Price, ketiga memberikan rekomendasi teknis dan desain terhadap lereng pengamatan di Jalan Poros Malino Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa, dengan pengambilan data secara langsung di lapangan seperti data geometri lereng dan sampel batuan yang kemudian dianalisis di laboratorium.

Penelitian ini didasari oleh beberapa tahapan pengambilan data, yakni survey lapangan atau kondisi geologi teknik area penelitian, Teknik pengambilan data, proses pengolahan data dan analisis data secara rinci untuk dibuatkan suatu penyajian hasil yang representatif.

Survey dan jenis data

Penjelasan mengenai kondisi geologi lokal daerah penelitian didapatkan berdasarkan data Peta Geologi Regional Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai dimana daerah tersebut memiliki ciri batuan beku yakni basal porfiri dan tufa.

Lokasi penelitian terletak di Jalan Poros Malino Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe, dimana data data yang diperoleh didapatkan melalui observasi di lapangan. Adapun data-data yang didapatkan berupa:

Data primer: data hasil pengamatan langsung dilapangan;

- a. Kondisi beberapa lereng berpotensi mengalami keruntuhan berdasarkan arah kedudukan batuan, kondisi batuan, deskripsi tingkat pelapukan batuan dan kondisi rembesan air tanah pada lereng.
- b. Data koordinat lokasi pengamatan, diambil dari proses pemplotan koordinat menggunakan GPS (global positioning system)
- c. Data geometri lereng meliputi tinggi lereng, panjang lereng dan kemiringan lereng

Data sekunder: data penunjang dalam penelitian seperti;

- a. data penelitian-penelitian sebelumnya, berupa jurnal-jurnal terkait. Buku-buku yang membahas mengenai analisis kestabilan lereng.
- b. Daya analisis laboratorium sifat fisik dan mekanik batuan di laboratorium.
- c. Studi literatur meliputi pengumpulan data-data penelitian sebelumnya seperti kondisi geologi, litologi dan topografi daerah penelitian yang menjadi masukan dalam pengambilan data di lapangan serta historis mengenai kejadian gerakan tanah.

Teknik akusisi data dan proses pengolahan data

1. Teknik akusisi data

- a. Pengambilan data di lapangan

Proses observasi dan pengambilan data dilapangan meliputi kondisi batuan (jenis batuan, tingkat pelapukan batuan, & kondisi rembesan air tanah) di lapangan, data geometri lereng (tinggi lereng, panjang lereng, & kemiringan lereng) pengambilan data koordinat, dan pengambilan sampel di tiap-tiap lokasi pengamatan yang kemudian di analisis di laboratorium.

- b. Pengujian laboratorium
Proses pengujian sampel di laboratoium dilakukan berdasarkan standar opasional prosedur (SOP) prepassi sampel.
- c. Pengujian sifat fisik batuan
Pengujian sifat fisik batuan dilakukan dengan menimbang sampel dalam keadaan natural, basah, keadaan tergantung, dan dalam keadaan kering, yang kemudian diolah untuk mendapatkan data-data sifat sifik batuan.
- d. Pengujian sifat mekanik batuan
Pengujian sifat mekanik batuan yakni dilakukan uji kuat geser batuan untuk mendapatkan nilai tahanan geser, meliputi nilai kohesi & sudut geser dalam pada conto batuan.

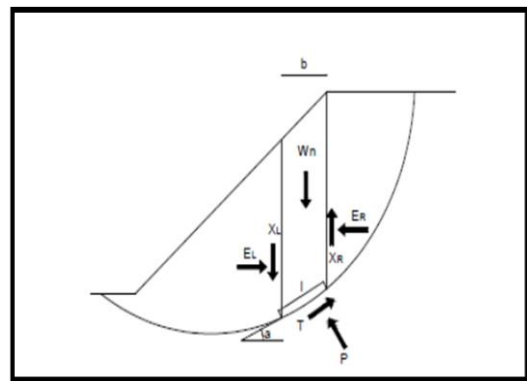
2. Teknik pengolahan data

Proses pengolahan data dilakukan setelah sampel batuan telah dipreparasi & diuji sifat fisik dan mekaniknya. Data – data yang didapatkan lalu disusun secara sistematis kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak (software) analisis kestabilan lereng menggunakan metode Morgenstern-Price, dimana nilai standar keamanan lereng yang digunakan yakni $FK > 1.25$.

- a. Prinsip dasar model irisan
Secara umum, suatu lereng bila terjadi keruntuhan (failure) diasumsikan polanya berotasi dan bidang dari material tersebut berbentuk lingkaran atau permukaan gelincir berbentuk lingkaran (Anderson & K.S, 1987)
- b. Prinsip dasar metode Morgenstren-Price
Metode Morgenstren-Price merupakan metode atau model irisan berdasarkan

prinsip kesetimbangan batas (limit equilibrium) yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price pada tahun 1965, dimana proses dari analisisnya berdasarkan kesetimbangan setiap momen dan gaya-gaya normal yang bekerja pada bidang-bidang irisan dari bidang longsoran pada lereng (Amrullah et al., 2019)

Metode ini dilakukan asumsi penyederhanaan terhadap gaya geser (E) dan gaya normal (X) di bidang irisan. Persamaan tersebut yakni:



Gambar 1: Gaya-gaya yang bekerja pada bidang irisan menggunakan metode Morgenstern-Price (Gideon dkk. 2017).

HASIL PENELITIAN

Kondisi Geologi Teknik Daerah Penelitian

Penelitian ini mengkaji atau menganalisa dua objek lereng dengan kondisi geologi teknik dan geometri lereng yang berbeda. Pada lereng (A) yang berlokasi di Jalan Poros Malino Km 56 di Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa secara megaskopis terdapat batuan basal yang telah mengalami proses pelapukan yang tinggi terlihat banyaknya bidang diskontiniu dan rapatnya spasi antar kekar rata-rata 9 cm, material pengisi kearnya berupa pasir halus serta ditandai dengan berubahnya tekstur batuan pada posisi pucuk menjadi tanah, kondisi air tanah pada lereng pertama umumnya yakni lembab walaupun sebagian ada yang kering.

Kondisi geologi teknik lereng (B) yang berlokasi di Jalan Poros Malino Km 64 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa secara megaskopis terdapat batuan tufa yang memiliki warna cerah dan rata-rata ukuran butir 0,002 – 0,06 milimeter yang didasari oleh pengamatan geologi teknik, Adapun derajat pelapukan batuan masih kategori lapuk ringan karena masih terlihat tekstur asli dan belum terlihat perubahan warna yang signifikan pada batuan. Bidang-bidang diskontiniu seperti kekar terlihat namun jumlahnya sangat sedikit, kondisi permukaan batuan yakni kering.



Gambar 2: Lokasi lereng penelitian (A) Jl. Poros Malino Km 56 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa.

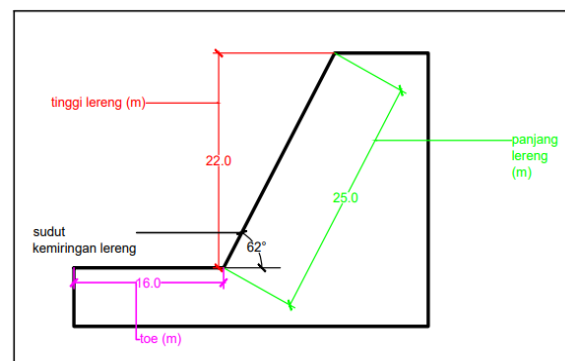


Gambar 3: Lokasi lereng penelitian (B) Jl. Poros Malino Km 64 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa

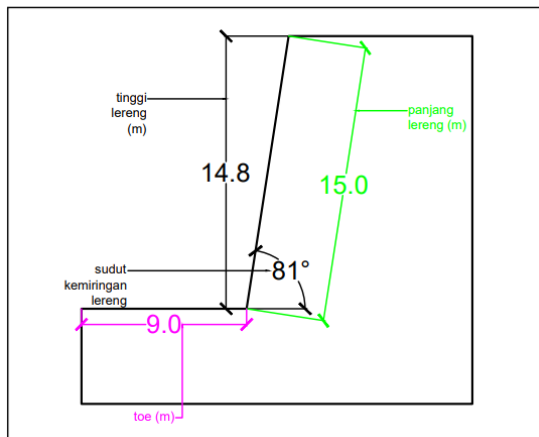
Tabel 1. Hasil pengamatan geologi teknik kondisi batuan A				Tabel 2 Hasil Pengamatan geologi teknik kondisi batuan B			
No	Gambar	Parameter	Keterangan (rata-rata)	No	Gambar	Parameter	Keterangan (rata-rata)
1		Warna	Abu-abu hingga coklat	1		Warna	Abu-abu
2		Spesi antar kekar	9 cm	2		Spesi antar kekar	.
3		Kemenerusan kekar	1 m	3		Kemenerusan kekar	.
4		Material pengisi kekar	Pasir halus	4		Material pengisi kekar	.
5		Tingkat kekasaran	Agak kasar	5		Tingkat kekasaran	Kasar
6		Tingkat pelapukan	Lapuk tinggi	6		Tingkat pelapukan	Lapuk ringan
7		Kondisi air tanah	Lembab dan kering	7		Kondisi air tanah	Kering

Geometri Lereng Penelitian

Pengukuran geometri lereng pada daerah penelitian diukur langsung menggunakan alat yakni meteran (50 meter) & kompas geologi untuk mengukur kemiringan lereng. Geometri lereng (A) memiliki diantaranya kemiringan lereng 62°, dengan panjang lereng 25 meter, tinggi lereng 22 meter dan *toe* nya sebesar 16 meter. Geometri lereng (B) memiliki diantaranya kemiringan lereng 81°, dengan panjang lereng 15 meter, tinggi lereng 14,8 meter dan *toe* nya 9 meter.



Gambar 4: Geometri lereng penelitian (A) Jalan. Poros Malino Km 56 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa



Gambar 5 : Geometri lereng penelitian (B) Jalan. Poros Malino Km 56 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa

Hasil Pengujian Laboratorium Sifat Fisik & Mekanik

1. Uji sifat fisik batuan
Hasil pengujian laboratorium uji sifat fisik sebagai berikut :

Tabel 3: Hasil pengujian sifat fisik batuan di lereng (A)

No sampel	Bobot isi asli (gr/cm ³)	Bobot isi kering (gr/cm ³)	Bobot isi jenuh (gr/cm ³)
1	1.29	1.25	1.35
2	1.46	1.45	1.55
3	1.38	1.30	1.50

Pada tabel 3 hasil pengujian laboratorium batuan basal dilakukan tiga kali pengujian sifat fisik hingga mendapatkan tiga parameter yakni bobot isi asli (gr/cm³), bobot isi kering (gr/cm³), dan bobot isi jenuh (gr/cm³). Dari hasil pengujian sifat fisik batuan basal didapatkan sampel kedua merupakan sampel yang memiliki hasil yang paling tinggi.

Tabel 4: Hasil pengujian sifat fisik batuan tufa di lereng (B)

No	Bobot isi asli (gr/cm ³)	Bobot isi kering (gr/cm ³)	Bobot isi jenuh (gr/cm ³)
1	1.21	1.17	1.37
2	1.19	1.15	1.36
3	1.29	1.21	1.39

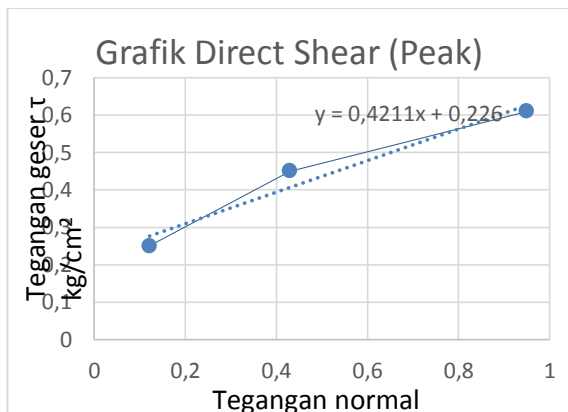
Pada tabel 4 hasil pengujian laboratorium batuan tufa dilakukan tiga kali pengujian sifat fisik hingga mendapatkan tiga parameter yakni bobot isi asli (gr/cm³), bobot isi kering (gr/cm³), dan bobot isi jenuh (gr/cm³). Dari hasil pengujian sifat fisik batuan basal didapatkan sampel ketiga merupakan sampel yang memiliki hasil yang paling tinggi.

1. Uji sifat mekanik batuan (pengujian kuat geser batuan) Hasil pengujian laboratorium kuat geser batuan sebagai berikut:

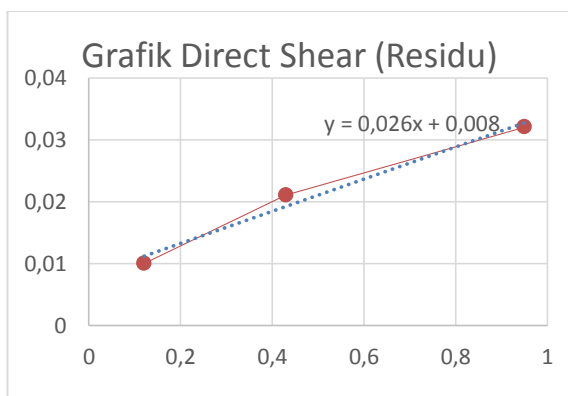
Tabel 5, Nilai hasil pengujian sampel batuan di lereng (A)

No sampel	Beban normal kN	Tegangan normal (σ) kg/cm ²	Beban geser kN		Tegangan geser τ kg/cm ²	
			Peak	Residu	Peak	Residu
1	0.2	0.121	0.122	0.03	0.25	0.01
2	0.4	0.43	0.167	0.065		0.021
3	0.6	0.95	0.25	0.077	0.61	0.032

Pada pengujian kuat geser pada sampel di lereng (A) didapatkan beberapa nilai yakni beban normal, tegangan normal, beban geser, dan tegangan geser untuk menjadi parameter masukan dalam menganalisis kestabilan lereng, Hubungan tegangan normal dan tegangan geser dalam percobaan kuat geser dapat dilihat pada gambar grafik 7 dan 8 yang menunjukkan nilai peak dan residu tiap sampel contoh batuan



Gambar 6 : Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser (Peak) batuan di lereng (A)



Gambar 7 : Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser (Residu) batuan di lereng (A)

Nilai percobaan uji kuat geser puncak (peak) pada conto batuan menghasilkan variasi tegangan geser diantaranya, 0,25, 0,45, dan 0,61 sedangkan nilai pada kuat geser sisa (residu) memiliki nilai diantaranya 0,01, 0,021, dan 0,032. Hasil percobaan uji kuat geser batuan ini mengasilkan nilai parameter masukan berupa nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

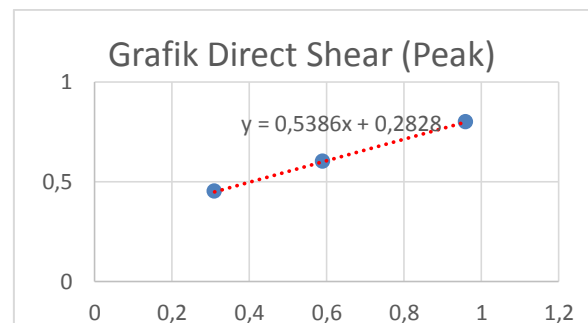
Kohesi (kPa)		sudut geser dalam (°)	
peak	residu	peak	Residu

Tabel 7: Nilai hasil pengujian sampel batuan di lereng (B)

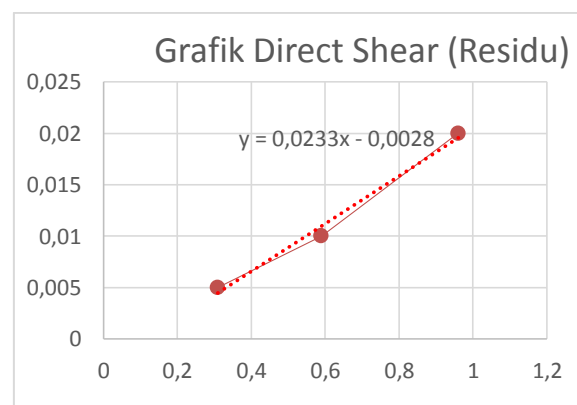
No sampel	Beban normal kN	Tegangan normal (σ) kg/cm ²	Beban geser kN		Tegangan geser τ kg/cm ²	
			Peak	Residu	Peak	Residu
1	0.2	0.31	0.139	0.05	0.45	0.005
2	0.4	0.59	0.176	0.08	0.6	0.01
3	0.6	0.96	0.23	0.12	0.8	0.02

Pada pengujian kuat geser pada sampel di lereng (B) didapatkan beberapa nilai yakni beban normal, tegangan normal, beban geser, dan tegangan geser untuk menjadi parameter masukan dalam menganalisis kestabilan lereng.

Hubungan tegangan normal dan tegangan geser dalam percobaan kuat geser dapat dilihat pada gambar grafik 8 dan 9 yang menunjukkan nilai peak dan residu tiap sampel conto batuan.



Gambar 8: Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser (Peak) batuan di lereng (B)



Gambar 9: Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser (Residu) batuan di lereng (B)

Nilai percobaan uji kuat geser puncak (peak) pada conto batuan menghasilkan variasi tegangan geser diantaranya, 0.45, 0,6, dan 0.8 sedangkan nilai pada kuat geser sisa (residu) memiliki nilai diantaranya 0.005, 0.01, dan 0.02. Hasil percobaan uji kuat geser batuan ini mengasilkan nilai parameter masukan berupa nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

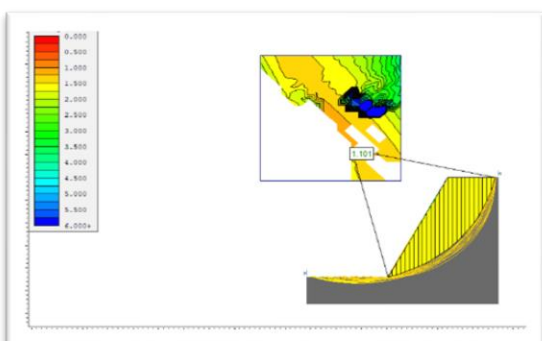
Tabel 8: Nilai kohesi dan sudut geser dalam lereng (B)

Kohesi (kPa)		Sudut geser dalam (°)	
peak	residu	peak	residu
28	1.3	31	1.8

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak (Software) dengan metode Morgenstren-Price

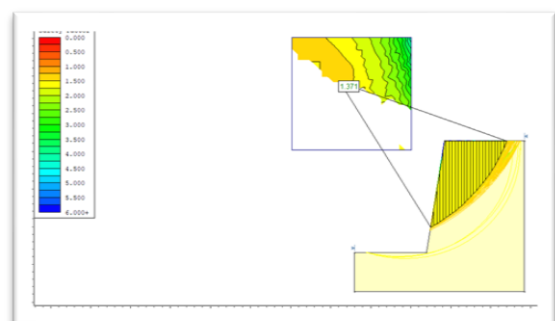
Pada lereng (A) dan (B) dilakukan analisis kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak (Software) dengan memasukkan parameter-parameter yang diantaranya geometri masing-masing lereng yaitu tinggi lereng, panjang lereng, toe, dan sudut kemiringan lereng. Parameter masukan lainnya yakni berat jenis batuan, kohesi batuan, dan sudut geser dalam batuan.

Interpretasi terhadap nilai faktor keamanan lereng (FK) dilakukan bila parameter telah dimasukkan kedalam program, Adapun nilai-nilai yang dimasukkan pada analisis lereng (A) yakni cohesion 22 kN/m², unit weight 15 kN/m³, dan nilai Phi 24°. Nilai-nilai yang dimasukkan untuk analisis di lereng (B) yakni cohesion 28 kN/m², unit weight 14 kN/m³ dan Phi 31°. Hasil interpretasi analisis kestabilan lereng dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 10: Interpretasi nilai faktor keamanan lereng (A) di Jalan. Poros Malino Km 56 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa

Apabila FK untuk suatu lereng > 1.25 menunjukkan lereng tersebut aman akan gerakan tanah namun apabila FK <1.07 maka lereng tersebut tidak aman yang memungkinkan terjadinya gerakan tanah (Arif. 2017). Interpretasi pada lereng (A) didapatkan nilai faktor keamanan lereng sebesar FK 1.101 hasil ini tidak melebihi nilai faktor keamanan minimum sesuai dengan standar yang digunakan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 2014 yakni FK 1.25 sehingga disimpulkan lereng tersebut tidak aman. Hal ini didasari oleh kondisi geologi teknik lereng tersebut disamping sifat fisik & mekanik batuan, geometri dan juga tingkat pelapukan batuan yang sangat intens terlihat pada area dipuncak lereng yang telah berubah menjadi residual soil atau tanah, menurut Wesley 2012 bahwa residual soil terjadi karena adanya penghacuran pada batuan melalui pengikisan pembasahan dan pengeringan yang terjadi terus menerus. keadaan ini akan semakin diperparah bila memasuki musim penghujan akibat naiknya tekanan air pori pada lereng yang menyebabkan tegangan geser akan semakin besar.



Gambar 11: Interpretasi nilai faktor keamanan lereng (B) di Jalan. Poros Malino Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa

Hasil interpretasi nilai faktor keamanan pada lereng (B) diperoleh nilai FK 1.371, nilai ini melebihi nilai standar minimum faktor keamanan lereng yang dibuat oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 2014

yakni 1.25 sehingga lereng tersebut aman atau stabil. Hal ini dikarenakan kondisi geologi teknik batuan tufa yang masih belum terjadi dekomposisi kimia dan disintegrasi fisika yang terlihat secara megaskopis.

Rekomendasi teknis/desain

Berdasarkan hasil interpretasi menggunakan perangkat lunak (*Software*) nilai faktor keamanan lereng terhadap dua lereng yakni lereng (A) yang berlokasi di Jalan Poros Malino Km 56 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa, lereng ini dinilai tidak aman hal ini dapat diantisipasi menggunakan *retaining wall* atau dinding penahan tanah yang berguna untuk memperkuat khususnya di bagian kaki lereng agar nilai faktor keamanan lereng meningkat. Pada lereng (B) berlokasi di Jalan Poros Malino Km 64 Desa Lonjoboko Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa dinilai stabil karena faktor keamanan lerengnya >1.23 atau 1.371 untuk tetap menjaga kestabilan lereng tetap aman sebaiknya lereng tersebut diberi jarring kawat atau *wiremess*.

PENUTUP

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi geologi teknik batuan basal telah mengalami dekomposisi kimia dan disintegrasi fisika terlihat secara megaskopis adanya perubahan tekstur berupa warna pada batuan dari abu-abu hingga coklat, terdapat kekar yang banyak dan spasi kekar yang relatif rapat yang berpotensi terjadi longsor. Sedangkan kondisi geologi teknik batuan tufa secara megaskopis belum terlihat adanya perubahan tekstur warna dari batuan, bidang diskotiniu pada batuan tufa belum terlihat seperti kekar dan keadaan kondisi air tanah kering
2. Analisis kemantapan lereng menggunakan perangkat lunak (*Software*) yang dilakukan menghasilkan data berupa nilai faktor keamanan dimana pada lereng (A) didapatkan FK 1.101 dan pada lereng

(B) FK 1.371. Hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil interpretasi tersebut lereng (A) tidak stabil karena tidak melebihi nilai faktor keamanan lereng minimum berdasarkan standar dari Departemen Pekerjaan Umum tahun 2014. Hasil interpretasi pada lereng (B) disimpulkan lereng tersebut aman karena melebihi standar faktor keamanan lereng minimum yakni FK 1.25.

3. Rekomendasi teknis atau desain dapat diterapkan dikedua lereng. Pada kondisi lereng (A) desain perbaikan lereng dapat menggunakan sistem *retaining wall* atau dinding penahan tanah pada kaki lereng untuk memperkuat kestabilan lereng tersebut dan meminimalisir terjadinya longsoran, Adapun pada lereng (B) untuk tetap menjaga kestabilannya dapat diberi *wiremass* atau jarring kawat disekitar lereng tersebut.

REFERENSI

- Amrullah, M. F., Zakaria, Z., Sophian, R. I., & Tunggal, J. (2019). Optimisasi Kestabilan Lereng Tunggal Lapisan Overburden Rencana Tambang Mahayung Dengan Pendekatan Probabilistik. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 3(6), 480–488.
- Anazakia, R., & Kopa, R. (2021). Analisis Kestabilan Lereng BT 02 Jalan Masuk Tambang Bawah Tanah PT . Nusa Alam Lestari di Desa Salak , Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto ,. *Jurnal Bina Tambang*, 6(3), 101–111.
- Anderson, M. ., & K.S, R. (1987). *Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*. John Wiley and Sons.
- Aprianti, E., Pujiastuti, H., Isfanari, I., & Rahmawati, E. (2021). Faktor Keamanan Lereng Jalan Raya Pusuk Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara Menggunakan Metode Fellenius Dan Bishop. *Spektrum Sipil*, 8(1), 55. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i1.201>

- Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang*. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Imran, A. M., Azikin, B., Geologi, T., & Hasanuddin, U. (2012). Peranan Aspek Geologi Sebagai Penyebab Terjadinya Longsoran Pada Ruas Jalan Poros Malino – Sinjai (the Role of Geological Aspects As the Cause of Landslides At Road Malino - Sinjai). *Bulletin Geologi Tata Lingkungan*, 22(3), 185–196.
- Nurjamil, A., Sadisun, I. A., & Geologi, D. (2005). *Terhadap Potensi Mengembang Batulempung Formasi Subang*.
- Supriantna, S., & Sudradjat, A. (1992). Peta Geologi Regional. In *Peta Geologi Permulaan Lembar Muara Teweh, Kalimantan*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.
- Syafar, Z. (2017). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop Pada Penambangan Nikel. *Jurnal Geomine*, 4(3), 90–93.
<https://doi.org/10.33536/jg.v4i3.70>
- Syam, M. A., Trides, T., & Heryanto, H. (2018). Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Nilai Slope Mass Rating Di Desa Sukamaju, Tenggarong Seberang, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Geocelebes*, 2(2), 53.
<https://doi.org/10.20956/geocelebes.v2i2.5158>
- Trihatmanto, H., Trides, T., & Nugroho, W. (2017). Optimalisasi Pit Pelikan PT. Kaltim Prima Coal Site Sangatta Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur (Study of Probability by Slope Stability on Highwall for Recommendation of Pit Pelikan Optimization Site Sangatta, East Kutai Regency. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 5(2), 40–50.