



Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price Jalan Poros Malino - Sinjai Kabupaten Gowa

Hedianto, A. Al'faizah Ma'rief, Enni Tri Mahyuni*

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Indonesia

**Email: hedianto@universitasbosowa.ac.id*

SARI

Jalan Poros Malino-Sinjai Kabupaten Gowa merupakan daerah yang rawan terjadi Gerakan tanah dimusim penghujan, dimana kondisi geologi berupa satuan Gunungapi Baturape-Cindako yakni batuan vulkanik berumur pliosen. Lokasi penelitian terletak di Jalan Poros Malino-Sinjai Km $\pm$ 54 Kecamatan Parangloe dan Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong Kabupaten Gowa, rata-rata kemiringan lereng daerah penelitian $>45^\circ$. Tujuan dari penelitian ini yakni melakukan pengamatan geologi teknik pada lereng berupa kondisi litologi, dan bidang-bidang diskontinuitas pada lereng. Melakukan analisis kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak (*Software*) dengan metode Morgenstern-Price, dan memberikan rekomendasi teknis atau desain 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, buku-buku 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-Sinjai Km $\pm$ 54 Kecamatan Parangloe 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-Sinjai Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong 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 Departemen Pekerjaan Umum tahun 2014 yakni >1.25 . Pada lereng (B) diperoleh nilai faktor keamanan yakni FK 1.371, dimana lereng tersebut dianggap stabil atau aman. Adapun rekomendasi teknis atau desain 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 *wiremesh* atau jaring kawat disekeliling lereng pengamatan.

Kata Kunci: Geologi teknik; faktor keamanan; Morgenstern-Price.

How to Cite: Hedianto, Ma'rief, A.A., Mahyuni, E.T., 2022. Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price Jalan Poros Malino - Sinjai Kabupaten Gowa. Jurnal Geomine, 10(1): 28-42.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email: geomine@umi.ac.id

Article History:

Submit 25 October 2021
Received in from 29 October 2021
Accepted 29 April 2022

Licensed By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ABSTRACT

Malino-Sinjai Road, Gowa Regency, is an area prone to landslides in the rainy season, where the geological condition is in the form of the Baturape-Cindako Volcano unit, namely volcanic rock of Pliocene. The research location is on Malino-Sinjai Road, Km $\pm$ 54 Parangloe District and Km $\pm$ 71 Tinggi Moncong District, Gowa Regency; the average slope of the study area is $>45^\circ$. This research aims to conduct geological engineering observations on the slopes using lithological discontinuous conditions and regions. Conduct slope stability analysis using the Morgenstern-Price method software and provide technical or design recommendations for the observed slope conditions. The research methodology uses primary data from observations of engineering geology and geometry of the slopes, as well as secondary data from previous studies, books, and the results of laboratory tests of rocks' physical and mechanical properties. The results of the survey obtained technical geological observation data that the slope (A), which is located on Malino-Sinjai Road Km $\pm$ 54 Parangloe District 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 area has become residual soil. In contrast, on the slope (B), located on Malino-Sinjai Road, Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong, in the form of tuff rock, the weathering is still in the mildly weathered category, and the solid condition is not visible. Based on the results of interpretation using the Morgenstern-Price method, the slope safety factor value (A) is FK 1.101, which is considered unstable based on the minimum standard of the slope safety factor of the Ministry of Public Works in 2014, which is > 1.25 . On slope (B), the safety factor value is obtained, namely FK 1.371, where the slope is considered stable or safe. As for technical or design recommendations to prevent ground shaking, slope (A) can use retaining walls or retaining walls and slopes (B) use wire mesh or wire nets around the observation slope.

Keywords: Engineering geology; safety of factor; Morgenstern-Price.

PENDAHULUAN

Lereng merupakan kemiringan suatu bidang pada permukaan bumi terhadap horizontal. Suatu longsoran adalah keruntuhan massa tanah pada lereng yang menyebabkan terjadinya pergerakan massa tanah ke bawah, secara perlahan-lahan atau mendadak (Listyawan, dkk. 2009). Lereng terbagi atas dua yakni lereng alami dan lereng buatan dimana lereng alami merupakan lereng yang terbentuk atas faktor alam sedangkan lereng buatan adalah lereng yang dibuat akibat adanya aktivitas manusia (Lenusa. 2018). Gerakan tanah yakni terjadinya perpindahan massa tanah atau batuan pada berbagai arah dari keadaan semula (Hadiwidjono, 1992)

Menganalisa dan mengevaluasi suatu bencana alam khususnya Gerakan tanah merupakan hal yang sangat penting dalam mengartikan suatu pergerakan atau ketidakstabilan lereng apakah lereng tersebut merupakan jenis longsoran rotasi, translasi, runtuh, dan baji dengan memahami parameter pasukan yakni nilai-nilai sifat fisik dan mekanik batuan serta karakteristik dari pada lereng tersebut (Varnes. 1978). Secara umum di daerah tropis seperti Indonesia, penyebab utama longsoran lereng adalah air, baik tekanan air dalam rekahan, alterasi mineral maupun erosi dari lapisan lunak (Tjerita, 2017).

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. Kondisi tanah area tersebut merupakan hasil pelapukan (*residual soil*) dari batuan Tufa dimana massa tanah tersebut rentan terjadinya longsor serta apabila arah perlapisan batuan searah dengan kemiringan lereng (Chalid, 2015).

Faktor-faktor penyebab terjadinya longsoran di jalan poros Malino-Sinjai dikarenakan kondisi geologi yakni, topografi, litologi dan struktur geologi. Banyaknya bidang-bidang rekahan dan bidang perlapisan, kondisi morfologinya yakni area satuan bentangalam berbukit

dan satuan perbukitan sangat terjal, Adapun litologi area tersebut di dominasi oleh batuan vulkanik seperti breksi vukanik, Tufa, basal porfiri berumur pliestosen (Imran, dkk, 2012).

Kondisi lereng Jalan Poros Malino-Sinjai memiliki keadaan geometri lereng yang berbeda-beda rata-rata ketinggian lereng >15 m, rata-rata kemiringan lereng $>40^\circ$, 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 (Sadisun ddk, 1998)

Perlunya analisis kestabilan lereng pada daerah Jalan Poros Malino-Sinjai 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-Sinjai Kabupaten Gowa, dengan pengambilan data secara langsung di lapangan seperti data geometri lereng dan sampel batuan yang kemudian dianalisis di laboratorium.

METODE PENELITIAN

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 representative dapat dilihat pada gambar 2.

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 memilki ciri batuan beku yakni basal porfiri dan Tufa. Basal porfiri merupakan batuan dari formasi Barurape Cindakko yang berasal dari lelehan lava Gunungapi Baturape. Dikatakan basal porfiri dikarenakan mineral yang menjadi fenokris adalah piroksin yang sebagaimana terbentuk lebih dulu saat terjadi proses magmatik dibawah permukaan bumi. Erupsi terjadi sangat besar yang menyebabkan magma yang mengandung piroksin keluar secara tiba-tiba yang kemudian terbawa oleh air Sungai Jeneberang. Akibat dari proses tersebut pembekuan magma terjadi sangat cepat menyebabkan kristal-kristal tidak dapat terbentuk dengan baik sehingga struktur kristanya berupa granularitas faneritik. Adapun batuan Tufa termasuk ke dalam wilayah Gunungapi Lompobattang yang disusun oleh batuan vulkanik yang relatif masih muda yang terdiri atas Batuan Vulkanik Baturape-Cindako berumur Pliosen. Batuan penyusun daerah penelitian adalah batuan Vulkanik Lompobattang dengan satuan batuan berupa Tufa (Sukanto, 1982).

Lokasi penelitian terletak di Jalan Poros Malino-Sinjai Meliputi Kecamatan Parangloe dan Tinggi Moncong, dimana data data yang diperoleh didapatkan melalui observasi di lapangan. Adapun data-data yang didapatkan berupa:

1. 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. Daya 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
2. 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.

Teknik akusisi data dan proses pengolahan data

1. Teknik akusisi data
 - a. Studi literatur
Meliputi pengumpulan data-data penelitian sebelumnya seperti kondisi geologi, litologi dan topografi daerah penelitian yang menjadi masukan dalam pengambilan data di lapangan.
 - b. Pengambilan data di lapangan
Proses observasi dan pengambilan data di lapangan 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.
 - c. Pengujian laboratorium
Proses pengujian sampel di laboratorium dilakukan berdasarkan standar operasional prosedur (SOP) persiapan sampel.
 - d. 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 fisik batuan.
 - e. 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 $FK > 1.25$ berdasarkan nilai standar dari Departemen Pekerjaan Umum (2014).
 - 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 (Krahn, 2004)
 - b. Prinsip dasar metode Morgenstern-Price
Metode Morgenstern-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 (Morgenstern dan Price, 1965). Metode ini dilakukan asumsi penyederhanaan terhadap gaya geser (E) dan gaya normal (X) di bidang irisan. Persamaan tersebut yakni:

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \dots \dots \dots (1)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan bidang longsoran dapat dilihat pada gambar 1. Sehingga persamaan yang berlaku yakni:

$$P = \frac{[W_n - (x_l - x_r - \frac{1}{f}(c'(\sin \alpha - u_l \tan \theta' \sin \alpha)))]}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha (\frac{\tan \theta'}{E}))} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

P = gaya normal

c' = kohesi (jika Analisa dalam kondisi undrained diambil c_u , jika dalam kondisi drained maka yang digunakan yakni nilai kohesi efektif

W_n = gaya akibat beban material ke – n

α = sudut antara tengah titik bidang irisan dengan titik pusat busur longsoran

θ = sudut geser dalam material

u = tekanan air pori

X_l, X_r = gaya gesek yang bekerja pada tepi irisan

Dalam metode ini menggunakan dua prinsip kesetimbangan dalam analisis kestabilan lereng yakni kesetimbangan gaya (Ff) dan kesetimbangan momen (Fm). Faktor keamanan dalam prinsip kesetimbangan momen adalah berbentuk longsoran rotasi:

$$Fm = \frac{\sum (c' \cdot l + (p - u_l) \tan \theta')}{\sum W \sin \alpha} \dots \dots \dots (3)$$

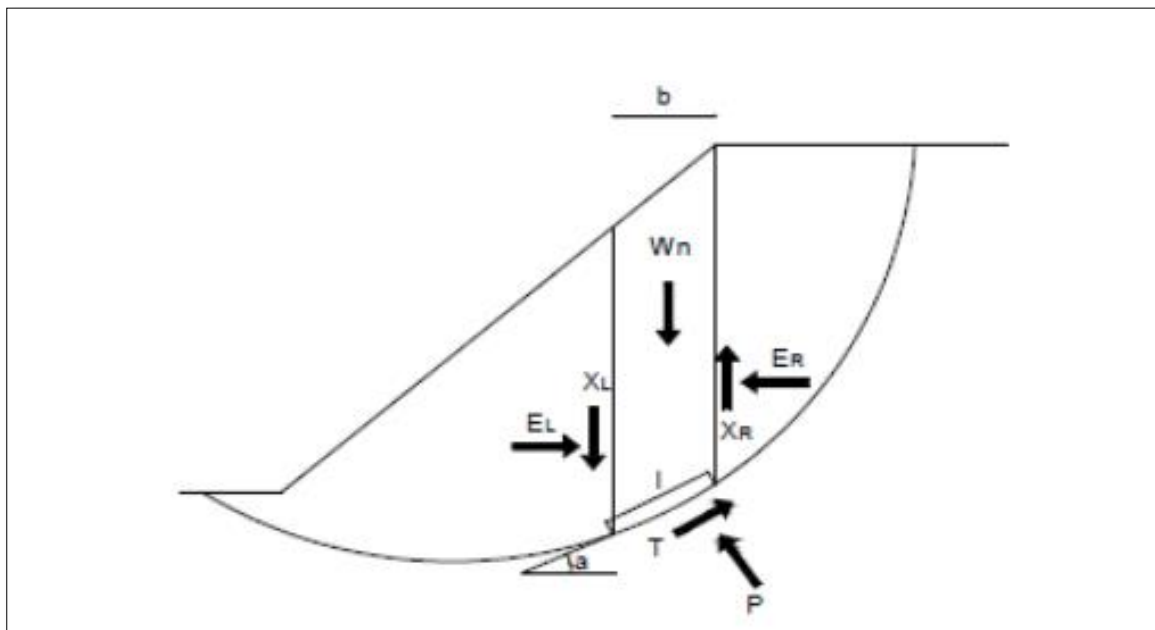
Dan nilai faktor keamanan dengan prinsip kesetimbangan gaya:

$$Ff = \frac{\sum l c' + (P - u_l) \tan \theta' l \cos \alpha}{\sum P \sin \alpha} \dots \dots \dots (4)$$

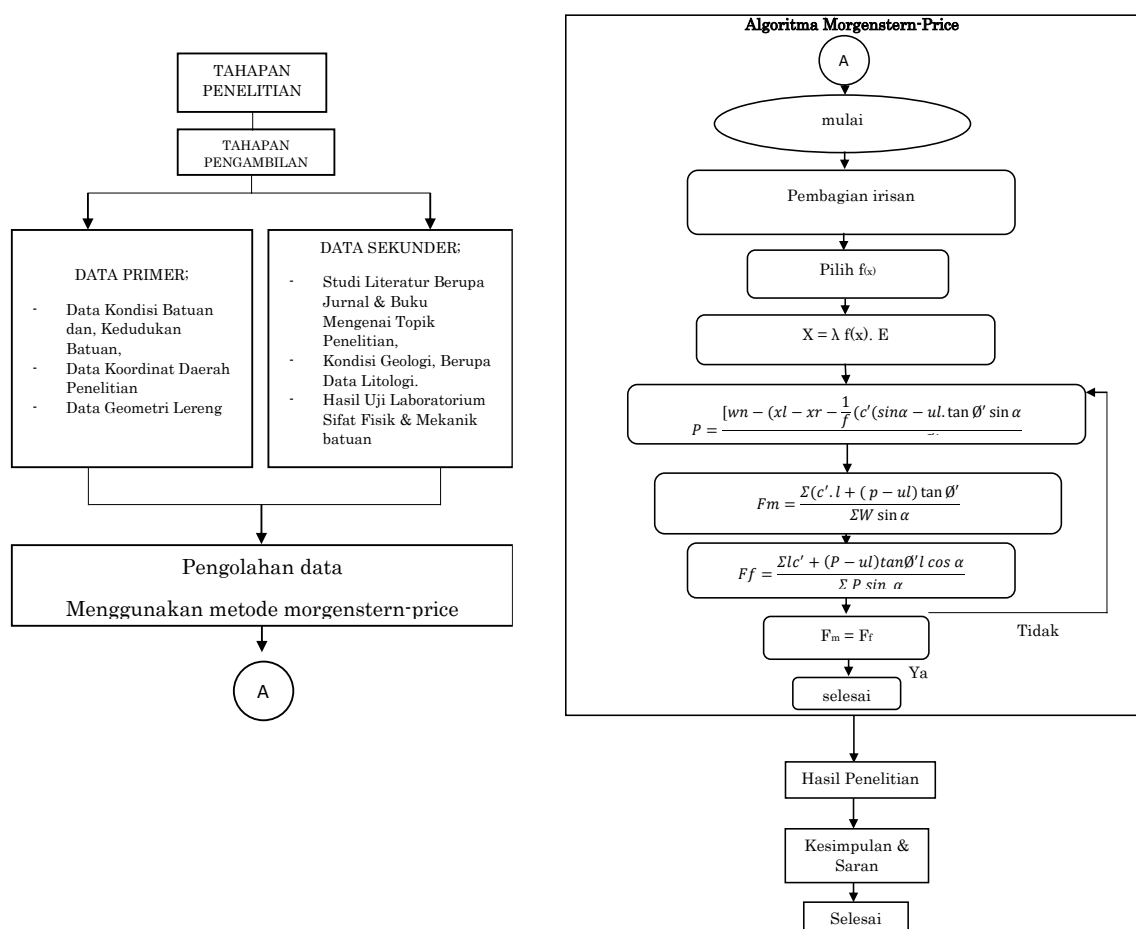
Pada proses iterasi, diasumsikan gaya geser pada bidang irisan bernilai nol, namun pada proses iterasi selanjutnya gaya tersebut didapatkan dari rumus;

$$(E_r - E_l) = P \sin \alpha \frac{1}{F} [c' + (P - u_l) \tan \theta] \cos \alpha \dots \dots (5)$$

Setelah mendapatkan persamaan-persamaan tersebut maka gaya geser tersebut dihitung dengan mengasumsikan nilai λ dan $F(x)$. namun dalam penelitian ini penulis melakukan analisis menggunakan perangkat lunak (*Software*) untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng, dikarenakan jumlah analisis yang dilakukan berjumlah banyak.



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



Gambar 2: Bagan Alir Penelitian

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) gambar 3 yang berlokasi di Jalan Poros Malino-Sinjai Km $\pm$ 54 di 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 kekaranya 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) gambar 4 yang berlokasi di Jalan Poros Malino-Sinjai Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong 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 3: Lokasi lereng penelitian (A) Jl. Poros Malino-Sinjai Km $\pm$ 54 Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa





Gambar 4: Lokasi lereng penelitian (B) Jl. Poros Malino-Sinjai
Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong Kabupaten Gowa

Tabel 1: Hasil pengamatan geologi teknik kondisi batuan (A)

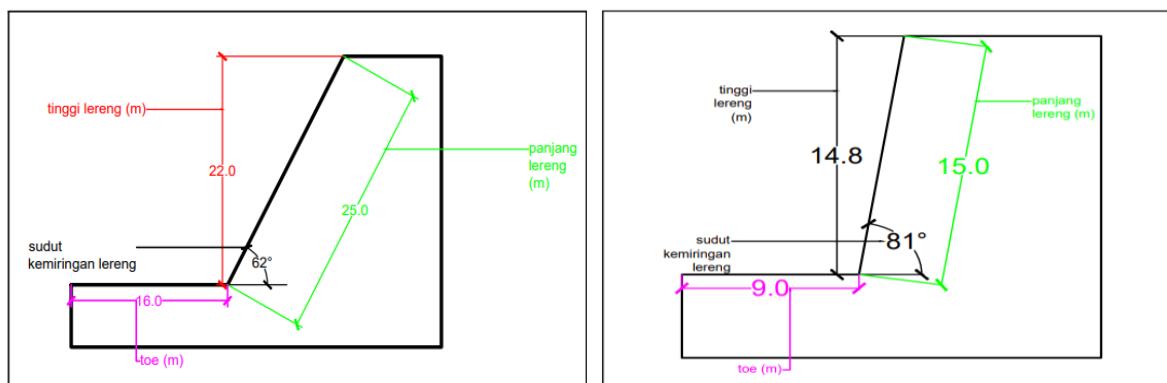
No	Gambar	Parameter	Ket. (rata-rata)
1		Warna	Abu-abu hingga coklat
2		Spasi antar kekar	9 cm
3		Kemenerusan kekar	1 m
4		Material pengisi kekar	Pasir halus
5		Tingkat kekasaran	Agak kasar
6		Tingkat pelapukan	Lapuk tinggi
7		Kondisi air tanah	Lembab dan kering

Tabel 2: Hasil pengamatan geologi teknik kondisi batuan (B)

No	Gambar	Parameter	Ket. (rata-rata)
1		Warna	Abu-abu
2		Spasi antar kekar	-
3		Kemenerusan kekar	-
4		Material pengisi kekar	-
5		Tingkat kekasaran	Kasar
6		Tingkat pelapukan	Lapuk ringan
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 disajikan pada gambar 5.



Gambar 5: a. Geometri lereng penelitian (A) Jalan. Poros Malino-Sinjai Km $\pm$ 54 Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa, b. Geometri lereng penelitian (B) Jalan. Poros Malino-Sinjai Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong 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.

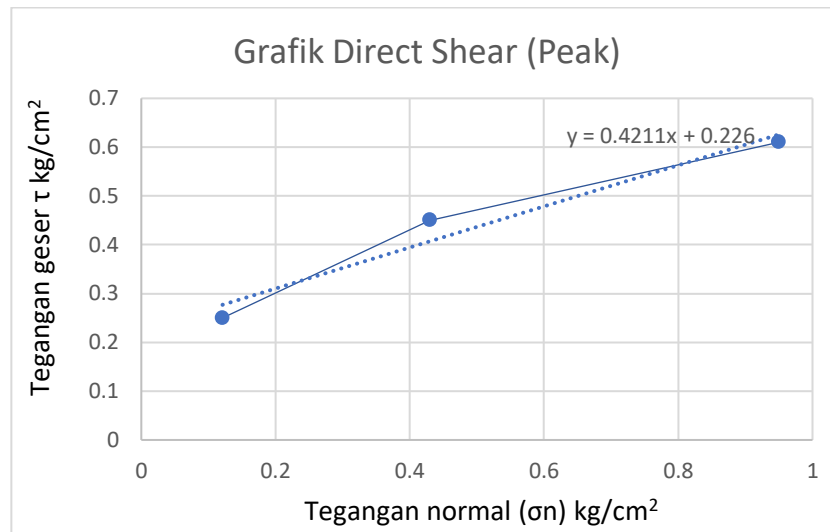
Tabel 4: Hasil pengujian sifat fisik batuan Tufa di lereng (B)

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

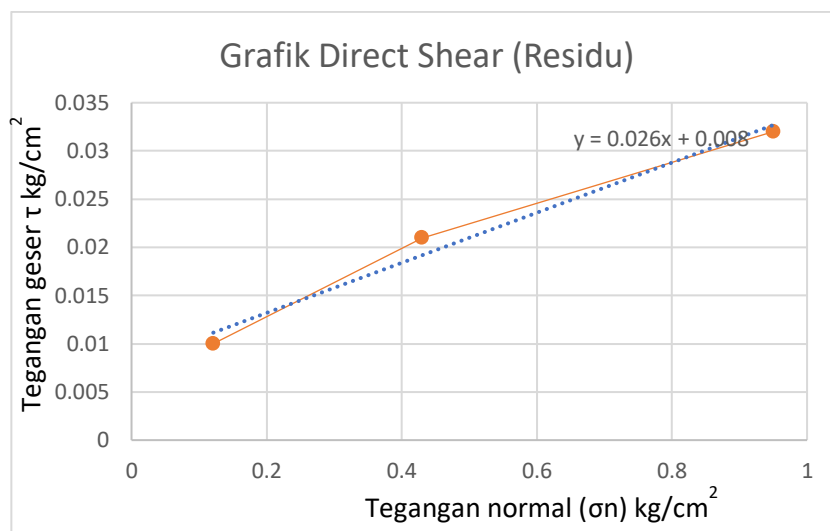
Pada tabel 4 hasil pengujian laboratorium batuan Tufa dilakukan tiga kali pengujian sifat fisik hingga mendapatkan tiga parameter yakni bobot isi asli (gr/cm³), bobot isi kering (gr/cm³), dan bobot isi jenuh (gr/cm³). Dari hasil pengujian sifat fisik batuan basal didapatkan sampel ketiga merupakan sampel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

2. Uji sifat mekanik batuan (pengujian kuat geser batuan)

Hasil pengujian laboratorium kuat geser batuan pada table 5.



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



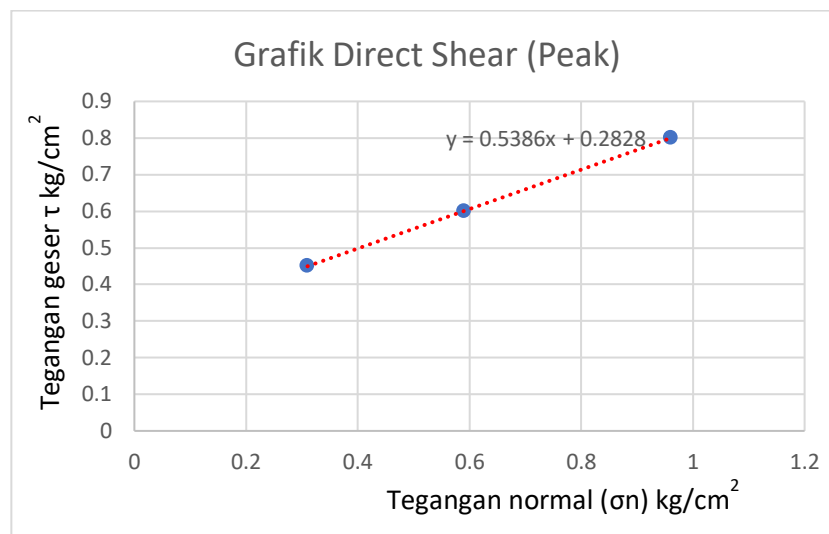
Gambar 7: Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser (Residu) batuan di lereng (A)

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

No sampel	Beban normal kN	Tegangan normal (σ_n) 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	0.45	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 6 dan 7 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)

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

No sampel	Beban normal kN	Tegangan normal (σ_n) 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

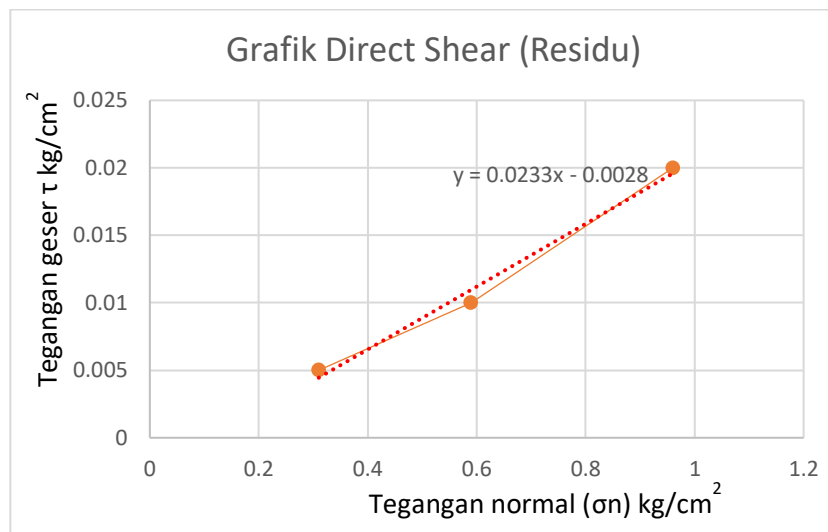
Nilai percobaan uji kuat geser puncak (peak) pada conto batuan menghasilkan variasi tegangan geser diantaranya, 0.25, 0.45, dan 0.61 sedangkan nilai pada kuat geser sisa (residu) memiliki nilai diantaranya 0.01, 0.021, dan 0.032. Hasil percobaan uji kuat geser batuan ini menghasilkan nilai parameter masukan berupa nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6: Nilai kohesi dan sudut geser dalam lereng (A)

Kohesi (kPa)		sudut geser dalam (°)	
peak	residu	peak	residu
22	2.5	24	2

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 8 dan 9 yang menunjukkan nilai peak dan residu tiap sampel conto batuan.



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 menghasilkan nilai parameter masukan berupa nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam yang dapat dilihat pada tabel 8.

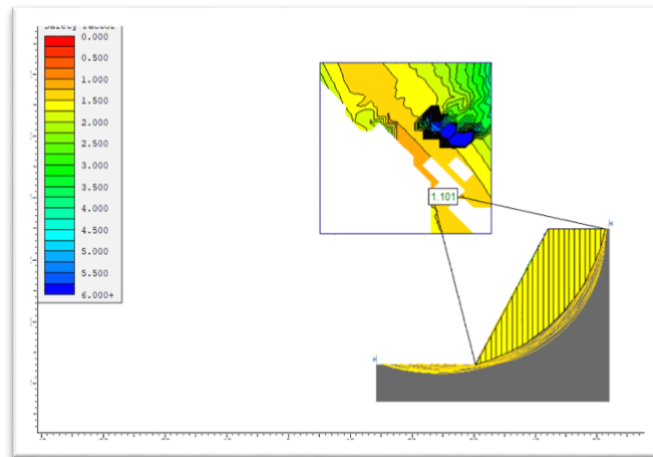
Tabel 8: Nilai kohesi dan sudut geser dalam lereng (B)

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

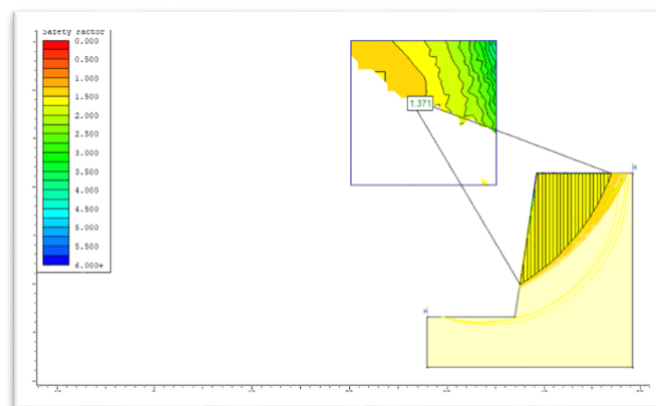
Hasil analisis menggunakan perangkat lunak (*Software*) dengan metode Morgenstren-Price

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-Sinjai Km $\pm$ 54 Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa



Gambar 11: Interpretasi nilai faktor keamanan lereng (B) di Jalan. Poros Malino-Sinjai Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong 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.

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-Sinjai Km $\pm$ 54 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-Sinjai Km $\pm$ 71 Kecamatan Tinggi Moncong 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*.

KESIMPULAN

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. 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 di kedua 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 jaring kawat disekitar lereng tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Seluruh dosen-dosen dan staf Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Bosowa, yang banyak memberikan masukan dan saran dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga penelitian tidak berhenti sampai disini tapi penulis dapat terus meningkatkan intensitas dalam membuat karya ilmiah kedepannya.

Penulisan karya ilmiah sesungguhnya disadari oleh penulis masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis berharap dalam setiap tulisan dapat memperoleh kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak.

REFERENSI

- Arif, I. 2017. *Geoteknik Tambang*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Chalid, I. 2015. *Analisis Kestabilan Lereng Tabbingjai Area Km 114 +460*. Kecamatan Tombolopao. Kabupaten Gowa. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2014. Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan. Nomor 12/PRT/M/2014.
- Gideon Allan Takwin, Turangan A. E., Steeva G. Rondonuwu, 2017. *Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price (Studi Kasus: Diamond Hill Citraland)*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Tekno Vol.15/No.67/April 2017.
- Hadiwidjoyo, Purbo. 1992. *Falsafah Kemantapan Lereng*. Online <http://www.scribd.com/doc/101827515/falsafah-kemantapan-lereng>. (Diakses 20 Februari 2019).
- Imran, A.M., Azikin B., dan Sultan. 2012, *Peran Aspek Geologi Sebagai Penyebab Terjadinya Longsoran Pada Ruas Jalan Poros-Malino Sinjai*, Buletin Geologi Tata Lingkungan, Vol, 22, No. 183 – 196. Bandung.
- Krahn, J., 2004. *Stability Modelling with Slope/W*. Geo-Slope/W International, Ltd., Canada, 1st ed., 396h.
- Lenusa Consulting. 2018. *Slope Stability for Geoscience*. Software Integration Workshop. Jakarta
- Listyawan, A. B., Harbaeni, S. R., dan Chahyono, B., 2009, *Slope Stability Probabilistic Analysis on Saturated Clay*. Departemen teknik sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Morgenstern. N.R. & Price. V. E. 1965. *The Analysis of The Stability of General Slip Surfaces*. The Institution of Civil Engineers Great George Street · London, S.W.I.
- Sadisun, I.A., Rochaddi, B. and Abidin, D.Z., 1998. Pengaruh Perubahan Derajat Pelapukan Batuan Terhadap Beberapa Karakter Perubahan Sifat Keteknikan Batuan; sebuah Studi Kasus Pada Batulempung Formasi Subang. In Prosiding Seminar Geoteknik di Indonesia Menjelang Milenium ke-3, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, hal. IV.
- Sukanto Rab & Sam Supriatna. 1982. *Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*. Bandung.
- Tjerita Ngurah Ketut. 2017. *Analisa Kemantapan Lereng Pada Tanah Batuan*. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Udayana. Denpasar.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes. Special report, 176, pp.11-33.
- Wesley, L.D., 2012. Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Tanah Residu. Andi Offset, Yogyakarta.