



Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Data Sifat Fisik dan Mekanik pada Lereng Batuan di Jembatan Merah Punggawa D'Emba Kabupaten Gowa

Dian Dwi Apriliyani Arsdin^{1*}, Syarifullah Bundang¹, Alifianty Delila Imani Sumantri¹, Minarti², dan Nilam Sry Putri³

¹*Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Khairun*

²*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*

³*Program Studi Teknik Pertambangan, Politeknik Amamapare*

Email: dwiapriliyani@unkhair.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak

Analisis kestabilan suatu lereng sangat diperlukan untuk menjamin kelangsungan hidup manusia, serta menjadi dasar dalam upaya mitigasi bencana dan penataan ruang berbasis. Salah satu daerah yang memiliki potensi longsor tinggi yaitu wilayah DAS Jeneberang, hal tersebut dapat dilihat dari riwayat longsor yang cukup sering terjadi. Parameter kestabilan suatu lereng yaitu Faktor Keamanan (FK). Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis kestabilan lereng di Jembatan Merah Punggawa D'Emba, Kabupaten Gowa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis jenis sifat fisik dan mekanik batuan penyusun lereng, menganalisis tipe longsor menggunakan analisis kinematik serta analisis nilai Faktor Keamanan menggunakan Software Slide roscience 6.0. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jika terjadi longsor maka tipe longsor yang terjadi di lokasi penelitian merupakan tipe longsor *planar*, dengan kemiringan lereng sebesar 52° serta nilai Faktor Keamanan sebesar 5,2. Lereng di lokasi penelitian menunjukkan nilai Faktor Keamanan lereng yang tinggi, hal ini berarti bahwa lereng tersebut dinyatakan stabil.

Kata kunci: Faktor Keamanan; Jembatan Merah Punggawa D'Emba; Kestabilan lereng; Longsor.

Abstract

Slope stability analysis is essential to ensure human survival and serves as the basis for disaster mitigation and land-based spatial planning. One area with high landslide potential is the Jeneberang watershed, as evidenced by its frequent landslide history. The stability parameter of a slope is the Safety Factor (FK). The purpose of this study is to analyze the slope stability at the Punggawa D'Emba Red Bridge, Gowa Regency. The methods used in this study include analysis of the types of physical and mechanical properties of the rocks that make up the slope, analyzing the type of landslide using kinematic analysis and analysis of the Safety Factor value of Slide using Rocscience 6.0 Software. The results of this study indicate that if a landslide occurs, the type of landslide that occurs at the research location is a planar landslide type, a slope gradient of 52° and a Safety Factor value of 5.2. The slope at the study location shows a high slope Safety Factor value, this means that the slope is declared stable.

Keywords: *Landslide; Punggawa D'Emba Red Bridge; Safety Factor, Slope Stability.*

1. PENDAHULUAN

Stabilitas lereng merupakan salah satu aspek penting dalam pengelolaan wilayah berbasis konservasi sumber daya geologi dan mitigasi bencana geologi. Ketidakstabilan lereng dapat memicu terjadinya longsor yang mengakibatkan kerusakan lahan, terganggunya infrastruktur, kerugian ekonomi, hingga korban jiwa [1]. Beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng, seperti kemiringan lereng, karakteristik fisik dan mekanik material penyusun lereng, faktor kegempaan, intensitas hujan dan kondisi hidrologi maupun hidrogeologi [2] [3] [4]. Salah satu wilayah yang rentan terjadi longsor yaitu lereng yang berada di sempadan Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan [5] [6].

Sungai Jeneberang berhulu di kawasan Gunung Bawakaraeng dan mengalir menuju pesisir Selat Makassar. Beberapa kejadian bencana tanah longsor di sekitaran Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang, seperti longsor besar pada 26 Maret 2004 di dinding kaldera Gunung Bawakaraeng menyebabkan 10 orang meninggal dunia, 22 jiwa dinyatakan hilang, kerusakan infrastruktur berupa rumah sebanyak 10 unit, kehilangan hewan ternak sebanyak 635 ekor sapi, kerusakan lahan pertanian seluas 1.500 hektar [6]. Longsor tersebut juga menyebabkan aliran sedimen sebanyak 45.027.954 m³ dari DAS Jeneberang di hulu menuju Bendungan Bili – Bili [7]. Peristiwa ini mempengaruhi morfologi sungai dan meningkatkan tekanan hidrodinamika pada lereng sungai di bagian hilir [8]. Pada tahun 2019, curah hujan ekstrem memicu banjir dan longsor di sekitar DAS Jeneberang, mengakibatkan kerusakan infrastruktur dan melumpuhkan aktivitas sosial masyarakat. Peristiwa berulang ini menunjukkan bahwa kestabilan lereng tidak hanya menyangkut geodinamika alami, tetapi juga berkaitan langsung dengan aktivitas manusia dan keselamatan wilayah [9].

Selain hubungan dengan bencana geologi, kestabilan lereng di Sungai Jeneberang memiliki implikasi besar terhadap infrastruktur vital, salah satunya Bendungan Bili-Bili. Endapan sedimen akibat erosi dan longsor berpotensi mengurangi kapasitas tampungan dan efektivitas bendungan dalam fungsi irigasi, penyediaan air baku, dan pengendalian banjir. Menurut Asrib, A.R. dkk., (2011) [10], terjadi penurunan kapasitas dan aliran inflow waduk Bili – Bili dari 90,81% pada tahun 1997 menjadi 73,34% pada tahun 2005. Penurunan kapasitas tersebut disebabkan oleh terjadinya longsor pada dinding kaldera Bawakaraeng tahun 2004. Apabila ketidakstabilan lereng terus terjadi, ancamannya tidak hanya berdampak pada kawasan hulu, tetapi juga pada daerah pemukiman dan kota besar seperti Kota Makassar yang memiliki ketergantungan pada fungsi hidrologi sistem Jeneberang.

Melihat kompleksitas tersebut, studi tentang kestabilan lereng di Kawasan Sungai Jeneberang menjadi sangat penting sebagai dasar dalam upaya mitigasi bencana dan penataan ruang berbasis konservasi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan pendekatan kesetimbangan batas untuk menganalisis Faktor Keamanan (FK) sebagai parameter yang menunjukkan tingkat stabilitas lereng di Jembatan Merah Punggawa D'Emba, Kabupaten Gowa yang merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis kestabilan lereng di Jembatan Merah Punggawa D'Emba, Kabupaten Gowa.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian secara astronomis terletak pada koordinat S $5^{\circ}16'58,481''$ E $119^{\circ}51'34,3233''$. Secara administratif terletak di Desa Bonto Lerung, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa yaitu pada lereng Jembatan Merah Punggawa D'Emba (gambar 1). Data-data yang digunakan dalam penulisan penelitian ini diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan meliputi pengukuran bidang diskontinuitas lereng sepanjang 10 meter dengan metode *scanline* dan pengukuran geometri lereng meliputi data ketinggian, kemiringan dan lebar lereng dan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian sampel di Laboratorium meliputi sifat fisik dan mekanik sampel batuan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Analisis kinematik pada penelitian ini untuk mengetahui potensi keruntuhan lereng batuan dengan proyeksi stereografis. Proyeksi stereografis digunakan untuk menunjukan jurus dan kemiringan lereng di lokasi penelitian dan juga merupakan tahap awal dalam melakukan analisis kemantapan lereng sebelum menghitung nilai Faktor Keamanan [11].

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pemodelan serta penentuan nilai Faktor Keamanan lereng menggunakan *Software Slide Rocscience 6.0* dengan inputan data yang digunakan berupa data geometri lereng, data pengujian sifat fisik dan mekanik sampel batuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara geologi, lokasi penelitian berada pada lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai [12]. Secara astronomi terletak pada koordinat S $5^{\circ}16'58,481''$ E $119^{\circ}51'34,3233''$, tepatnya di Desa Bonto Lerung, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa yaitu pada lereng aliran sungai Jeneberang/ Jembatan Merah Punggawa D'Emba. Berdasarkan

pengamatan lapangan dan deskripsi megaskopi, batuan penyusun lereng merupakan batuan andesit (gambar 2). Hal tersebut sejalan dengan hasil pengamatan petrografi, XRF dan XRD yang dilakukan oleh Arsdin, D.D.A, dkk. (2022) [2] menyebutkan bahwa batuan pada lereng di Jembatan Merah Punggawa D'Emba yaitu batuan andesit.



Gambar 2. Singkapan batuan.

3.1 Pengujian sifat fisik

Pengujian sifat fisik dilakukan untuk menentukan sifat fisik pada sampel (gambar 3). Data yang digunakan pada pengujian sifat fisik berupa data yang diambil pada lereng bagian atas, tengah, dan bawah. Hasil pengujian sifat fisik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat fisik batuan.

Densitas (kN/m ³)	Densitas Rata-rata (kN/m ³)	Void Ratio	Void Ratio Rata-rata	Derajat Kejenuhan (%)	Derajat Kejenuhan Rata-rata (%)	Porositas (%)	Porositas Rata-rata (%)
23,04	21,35	0,23	0,20	13,87	8,46	18,45	16,89
22,53		0,22		8,51		18,21	
18,84		0,16		3,00		14,00	



Gambar 3. Pengujian sifat fisik batuan.

Berdasarkan hasil analisis sampel di laboratorium menunjukkan karakteristik sifat fisik dengan nilai rata-rata densitas $21,35 \text{ kN/m}^3$, void ratio rata-rata sebesar 0,20, derajat kejenuhan rata-rata sebesar 8,46% dan porositas rata-rata 16,89%.

3.2 Pengujian sifat mekanik

Dalam penelitian ini, pengujian sifat mekanik sampel batuan dilakukan dengan uji kuat gesek (gambar 4). Kuat geser batuan merupakan kekuatan gesek batuan untuk menahan gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Untuk mengetahui kuat geser batuan pada tegangan normal tertentu diperlukan uji kuat geser yang menggunakan sampel batuan minimal 3 sampel batuan [10]. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian sifat mekanik batuan.

Kode sampel	Kohesi (kPa)	Kohesi rata-rata (kPa)	Sudut gesek ($^{\circ}$)	Sudut gesek rata-rata ($^{\circ}$)	Tegangan normal (MPa)	Tegangan normal rata-rata (MPa)
D1A	98,40	105,73	26,74	35,70	0,03	0,03
D1T	107,50		38,07		0,03	
D1B	111,30		42,30		0,03	

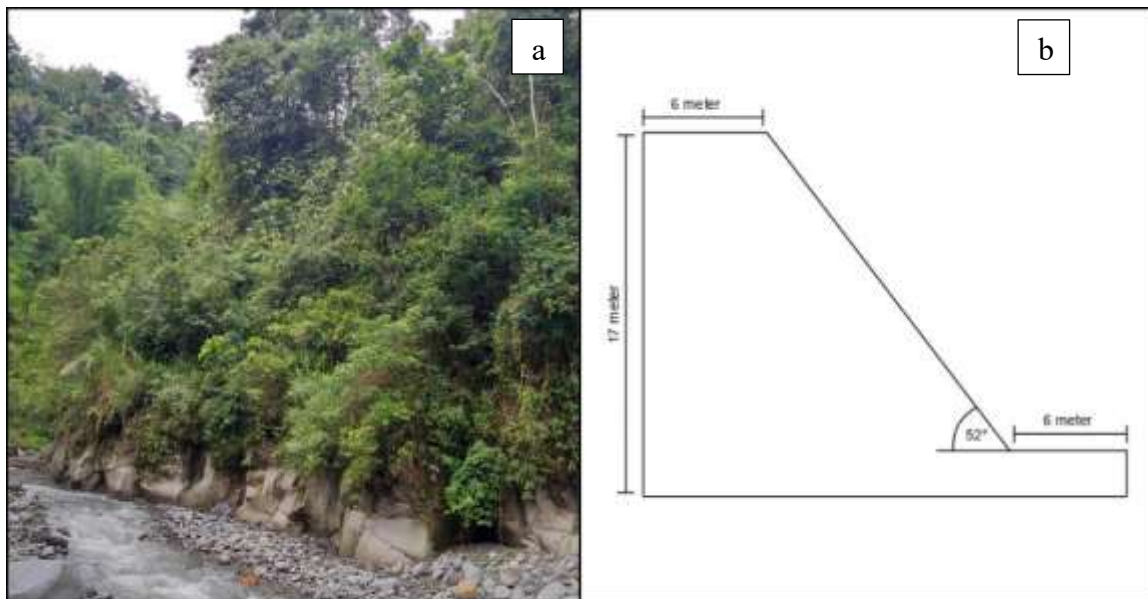
Dari hasil pengujian kuat gesek sampel batuan di laboratorium menunjukkan nilai kohesi rata-rata 105,73 kPa, sudut gesek rata-rata $35,70^{\circ}$ dan nilai tegangan normal rata-rata 0,03 MPa.



Gambar 4. Pengujian kuat geser (sifat mekanik batuan).

3.3 Geometri lereng

Jenis data yang diambil pada lereng di Lokasi penelitian yaitu jenis data strike, dip, dan geometri lereng yang meliputi kemiringan lereng, lebar dan tinggi lereng.

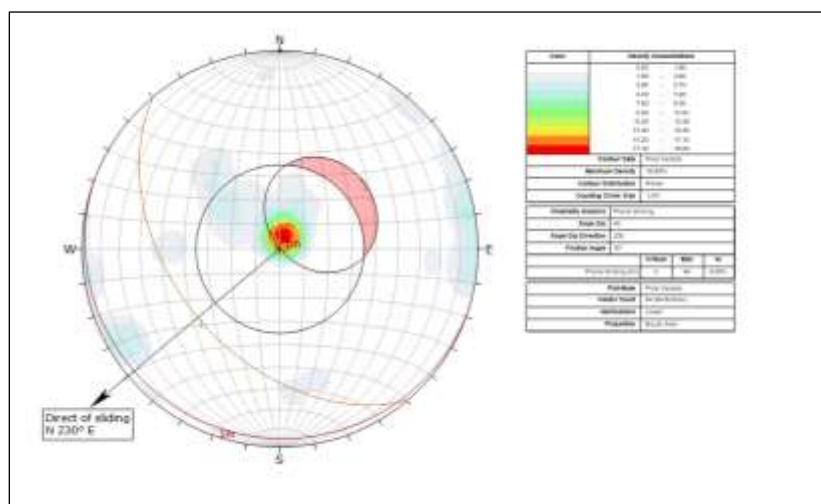


Gambar 5. Geometri lereng di lokasi penelitian (a); Desain geometri lereng menggunakan autocad (b) [1].

Dari hasil desain geometri lereng gambar menggunakan software autocad pada lereng menunjukkan bahwa tinggi lereng sebesar 17 meter, untuk lebar crest dan toe masing-masing 6 meter, kemiringan lereng sebesar 52° dan mengarah ke N 140° E.

3.4 Analisis kinematik

Pengukuran struktur geologi berupa bidang diskontinuitas di daerah penelitian dilakukan pada rekaman dianalisis dengan analisis stereografis menggunakan software Dips (gambar 6). Inputan datanya berupa data rekaman sebanyak 64 data pada singkapan batuan. Lokasi lereng mengarah sebesar N 140°E/45° dan nilai kohesi sebesar 35°.

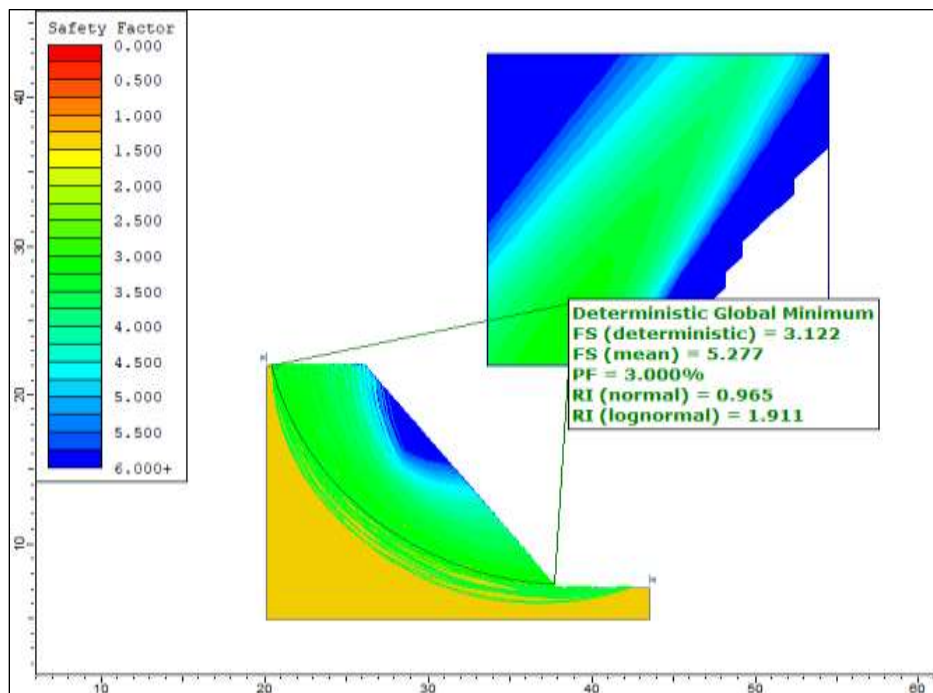


Gambar 6. Analisis stereografis pada lereng.

Berdasarkan hasil proyeksi stereografis yang ditunjukkan pada gambar menggunakan analisis kinematik diketahui arah longsoran sebesar N 230° E. Jika terjadi longsor, maka potensi jenis longsoran yang terjadi pada lereng tersebut yaitu jenis longsoran bidang planar karena dilihat dari hasil proyeksi terdapat set kekar (berwarna merah) yang searah dengan arah lereng (berwarna orange) [13].

3.5 Faktor keamanan lereng

Jenis data yang digunakan dalam menentukan nilai faktor keamanan lereng di lokasi penelitian merupakan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian sifat fisik, sifat mekanik, geometri lereng dan juga hasil analisis kinemati. Data-data yang telah dianalisis kemudian diinput ke Software Slide Rocscience 6.0., untuk menentukan nilai Faktor Keamanan. Hasil analisis kestabilan lereng dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil analisis faktor keamanan lereng menggunakan software slide 6.0.

Hasil analisis di lokasi penelitian memperlihatkan model kestabilan lereng dengan nilai faktor keamanan sebesar 5,2. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kondisi lereng masih dalam kategori stabil, sehingga potensi terjadinya longsor pada lokasi penelitian dikategorikan rendah. Standar minimum faktor keamanan (FK) lereng dari Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yaitu 1.25 [14]. Hasil serupa juga dijelaskan oleh Heriyadi dan Tania (2018) [15] yang melakukan penelitian pada lereng batuan andesit, hasil analisis menunjukan nilai faktor keamanan (FK) lereng sebesar 2.4 dikategorikan aman dan stabil.

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan pendekatan keseimbangan batas, diperoleh faktor keamanan (FK) sebesar 5.2, yang menunjukkan bahwa lereng batuan andesit berada pada kondisi sangat stabil, meskipun memiliki sudut kemiringan hingga 60°. Nilai FK yang sangat tinggi ini mengindikasikan bahwa gaya penahan geser jauh lebih besar dibandingkan gaya penggerak, yang dikontrol oleh parameter kuat geser batuan andesit (kohesi dan sudut geser dalam) yang tinggi, serta ketidakberkembangan bidang gelincir kritis. Selain itu, kondisi struktur batuan yang relatif masif dan orientasi diskontinuitas yang tidak searah dengan arah lereng berkontribusi signifikan terhadap peningkatan stabilitas lereng. Dengan demikian, secara geoteknik, lereng masih berada pada kondisi aman jauh di atas kriteria faktor keamanan minimum yang dipersyaratkan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng yang berupa Faktor Keamanan (FK) menunjukkan nilai sebesar 5,2, yang mengindikasikan bahwa kondisi lereng pada lokasi penelitian berada dalam keadaan stabil dan memiliki risiko kegagalan yang sangat rendah.

Meskipun demikian, penulis merekomendasikan agar dilakukan kajian lanjutan terhadap berbagai faktor eksternal yang berpotensi memicu longsor di sekitar area penelitian, seperti getaran akibat aktivitas manusia, aktivitas kendaraan, gempa maupun pengaruh aliran air sungai yang dapat meningkatkan erosi kaki lereng dan menurunkan kestabilannya dari waktu ke waktu, mengingat bahwa Lokasi lereng di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang dan sangat dekat dengan jembatan yang sehari-harinya digunakan untuk aktivitas warga sekitar. Selain itu juga perlu dilakukan manajemen air dan drainase, karena posisi lereng yang berada di sempadan sungai Jeneberang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Massinai, M.A., Sudradjat, A., Hirnawan, F., Syafri, I., Hasanuddin dan Tahir, M.I. (2010). Gerakan Tanah Pada Daerah Rawan Longsor di DAS Jeneberang Bagian Barat Gunung Bawakareng Sulawesi Selatan. *Bulletin Geologi Tata Lingkungan*, 20 (2), 1410-1696.
- [2] Arsdin, D.D.A., Purwanto dan Ramli, M. (2022). Pengaruh Material Penyusun Lereng Batuan Terhadap Nilai Kuat Tekan Di Daerah Malino Provinsi Sulawesi Selatan. *Geoelebes*, 6 (1), 2579-5546. <https://doi.org/10.20956/geoelebes.v6i1.19309>.
- [3] Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Afasedanja, M. (2020). Hubungan Morfologi dengan Mekanika Propertis (Batuan Vulkanik) Terhadap Kestabilan Lereng pada Daerah Aliran Sungai Jeneberang Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik AMATA*, 1(1), 2721-4508. <https://doi.org/10.55334/jtam.v1i1.20>.
- [5] Arsdin, D.D.A., Purwanto, Sahetapy, G.B., and Bundang, S. (2025). Slope Stability Analysis in Jeneberang Watershed, Gowa Regency. *Engineering Headway*, 23, 2813-8333. <https://doi.org/10.4028/p-TDvol1j>.
- [6] Osman, Y., Rahim, R. Pallu, S dan Baja, S. (2016). Kerawanan Bencana Tanah Longsor Di Wilayah Hulu Das Jeneberang Dengan Analisis Gid-3d. *Jurnal Ilmiah Techno Entrepreneur Acta*. 1(1), 2716-3520.
- [7] Asrib, A.R., Purwanto, Y.J., S. Sukandi dan Erizal. (2022). Dampak Longsor Kaldera Terhadap Tingkat Sedimentasi Di Waduk Bili-Bili. *Jurnal Hidrolitan*, 2 (3), 2086-4825.
- [8] Isra, N., Lias, S.A. dan Ahmad, A. (2019). Karakteristik Ukuran Butir dan Mineral Liat Tanah pada Kejadian Longsor (Studi Kasus: Sub DAS Jeneberang). *Jurnal Ecosolum*, 8 (2), 2252-7923.
- [9] Solle, M.S. dan Ahmad, A. (2016). Landslides Intensity on River Morphology of Jeneberang Watershed after Collapse of Caldera Wall at Mt. Bawakaraeng. *Research Journal of Applied Sciences*, 11 (9), 874-878
- [10] Obregon, C. and Mitri, H. (2019). Probabilistic Approach for Open Pit Bench Slope Stability Analysis – A Mine Case Study. *International Journal of Mining Science and Technology*, 29(4), 2095-2686. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2019.06.017>.
- [11] Sukamto, R. (1982). *Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum dan Energi.

- [12] Rumbiak, V., Silva, A.I.N.Dc.E, Costa, J.O.A.D. dan Cahyono, Y.D.G. (2020). Pengaruh Uji Kuat Geser Terhadap Batu Andesit. *Prosiding SEMITAN II*, 2 (1), 2686-0651. <https://doi.org/10.31284/j.semitan.2020.1033>.
- [13] Hoek, E and Bray, J.W. (1981). *Rock Slope Engineering (3rd ed.)*. London: The Institution of Mining & Metallurgy.
- [14] Hediando, Ma'rief, A.A., Mahyuni, E.T. dan Afasedanja, M.P. (2022). Potensi Longsor Berdasarkan Karakteristik Geologi Teknik pada Jalan Poros Malino Desa Lonjoboko, Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa. *Jurnal Teknik AMATA*, 3 (1), 2721-4508.
- [15] Heriyadi, N.W.A.A.T dan Tania, D. (2018). Analisis Kekuatan Massa Batuan Andesit Menggunakan Kaidah Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown Untuk Mengetahui Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Daerah Seloharjo, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 11 (1), 1979-8415.