

Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Pada Penambangan Batugamping di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk Kabupaten Ogan Komering Ulu Provinsi Sumatera Selatan

D. Prio Sutejo¹, Safaruddin², Y. Hartoyo³

¹Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

^{2,3} PT Semen Baturaja

Korespondensi : safaruddintohir@gmail.com

ABSTRAK (10 PT)

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang berlokasi di Kecamatan Baturaja Barat, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Provinsi Sumatera Selatan yang bergerak dalam bidang penambangan dan pengolahan Batugamping dan Tanah liat. Kestabilan lereng merupakan salah satu aspek terpenting dalam dunia pertambangan karena lereng berdampingan langsung dengan keselamatan pekerja, peralatan maupun proses penambangan itu sendiri. Penelitian ini menggunakan Metode kesetimbangan batas model bishop dengan hasil akhir adalah nilai faktor keamanan. Parameter yang dipakai pada metode ini adalah nilai kohesi, nilai sudut geser dalam dan nilai densitas dari batuan. Analisis ini dilakukan pada lereng penambangan lowwall PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dengan melakukan try and error dari geometri lereng penambangan, sehingga didapatkan geometri lereng keseluruhan yang aman dengan faktor keamanan dinamis >1.25 .

Kata kunci: Kestabilan Lereng, Faktor Keamanan, Geometri Lereng

ABSTRACT (10 PT)

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk is a mining company located in West Baturaja District, Ogan Komering Ulu Regency, South Sumatra Province which is engaged in the mining and processing of Limestone and Clay. Slope stability is one of the most important aspects in the world of mining because slopes are directly related to the safety of workers, equipment and the mining process itself. This research uses the limit equilibrium method of the bishop model with the final result being the value of the factor of safety. The parameters used in this method are the cohesion value, the internal shear angle value and the rock density value. This analysis was carried out on the lowwall mining slope of PT Semen Baturaja (Persero) Tbk by conducting try and error of the mining slope geometry, so that the overall slope geometry is safe with dynamic safety factor > 1.25 .

Keyword : *Slope Stability, Safety Factor, Slope Geometry*

PENDAHULUAN

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang berlokasi di Kecamatan Baturaja Barat, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Provinsi Sumatera Selatan yang berdiri pada 14 November 1974 dan bergerak dalam bidang penambangan dan pengolahan Batugamping (Batukapur) dan Tanah liat. Kestabilan dari suatu lereng merupakan hal yang perlu diperhatikan karena sangat berkaitan dengan keselamatan dalam proses penambangan, Lereng yang tidak stabil akan berpotensi longsor sehingga mengganggu keselamatan pekerja/karyawan, peralatan dan produktifitas proses penambangan.

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini ditujukan untuk menganalisis kestabilan lereng penambangan Batugamping di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk pada lereng lowwall, karna lereng lowwall relatif memiliki potensi kelongsoran yang lebih besar. Analisis ini berujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan yang berlandaskan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018, serta geometri lereng penambangan yang aman. Pada penelitian ini analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode Kesetimbangan Batas Bishop.

Metode kesetimbangan batas merupakan metode yang sangat populer digunakan dan relatif lebih sederhana juga mudah digunakan serta telah terbukti dalam praktek rekayasa selama bertahun-tahun. Kondisi kestabilan lereng dalam metode ini dinyatakan dalam angka faktor keamanan. Faktor keamanan didapat dari rasio perbandingan antara kekuatan gaya penahan dibagi dengan gaya penggerak.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan merupakan metode kuantitatif yang dimana peneliti menguji kestabilan pada lereng menggunakan komputasi geoteknik dan *material properties*, sehingga hasilnya dianalisa apakah sesuai dengan acuan keamanan geoteknik. Hasil akhir adalah didapatkan nilai dari lereng yang aman. Ada berbagai Teknik cara dalam pengambilan data pada penelitian. Pada penelitian ini, Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara yaitu :

Studi Literatur

Pengambilan data lapangan yang meliputi

- Klasifikasi massa batuan GSI
- Data struktur
- Data geometri lereng dan orientasi lereng
- Analisis kestabilan lereng
- Simulasi geometri lereng penambangan yang aman

HASIL DAN ANALISIS (10 PT)

Faktor Keamanan (Safety Factor)

Tingkat kestabilan pada suatu rancangan lereng perlu di ukur dengan menggunakan suatu standar yaitu Faktor Keamanan (FK). Faktor Keamanan merupakan suatu fungsi antara gaya yang menahan longsoran dan juga gaya yang menyebabkan longsoran. [1]

$$Fk = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}}$$

Menurut faktor keamanan stabilitas lereng atau faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsorannya seperti tabel berikut.

Tabel 1. Hubungan Faktor Keamanan dan Kejadian Longsor

FK	Intensitas atau Kejadian Longsor
SF < 1.07	Longsor biasa terjadi/sering (lereng labil)
1.07 < SF < 1.25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
SF > 1.25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Terdapat dua jenis faktor keamanan yang dapat dijadikan acuan dalam analisis kestabilan lereng yaitu faktor keamanan statis dan faktor keamanan dinamis. Perbedaan antara keduanya terletak pada gaya yang diperhitungkan dalam analisis. Analisis lereng dengan hanya mempertimbangkan gaya statis seperti berat massa batuan dan beban statis lainnya maka tingkat kestabilannya akan dinyatakan dengan FK statis, sedangkan apabila dalam analisisnya juga mempertimbangkan gaya dinamis seperti getaran akibat peledakan, seismik gempa dan lainnya maka kestabilannya akan dinyatakan dengan FK dinamis [2].

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/ Cof)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (Min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (Maks) Pof (FK≤1)
Lereng Tunggal	Rendah s.d Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
Inter-ramp	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Cara Menstabilkan Lereng



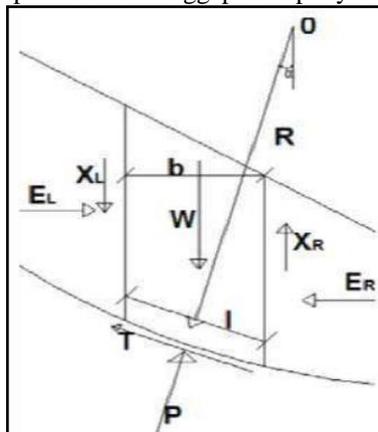
ISSN: 1907-5995

Penanggulangan longsor yang dilakukan bersifat pencegahan sebelum longsor terjadi pada daerah potensial dan stabilisasi, setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Penanggulangan yang tepat pada kedua kondisi adalah dengan memperhatikan penyebab utama longsor, kondisi pelapisan tanah dan juga aspek geologinya. Sedang langkah yang umum dalam menangani longsor antara lain yaitu pemetaan geologi topografi daerah yang longsor, pemboran untuk mengetahui bentuk pelapisan tanah atau batuan dan bidang gelincirnya [3]. Ada beberapa cara untuk menstabilkan lereng yang berpotensi terjadi kelongsoran. Pada prinsipnya ada dua cara yang dapat digunakan untuk menstabilkan suatu lereng, yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Gaya atau momen penyebab longsor dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng, yaitu dengan cara:
 - Merubah lereng lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan.
 - Memperkecil ketinggian lereng.
 - Merubah lereng menjadi lereng bertingkat.
2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor. Gaya lawan atau momen penahan longsor dapat diperbesar dengan beberapa cara yaitu:
 - Menggunakan *counter weight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan terdapat tempat dikaki lereng untuk tanah timbunan tersebut.
 - Dengan mengurangi air pori di dalam lereng
 - Dengan cara mekanis yaitu dengan memasang tiang pancang atau tembok penahan tanah.

Metode Bishop

Metode *bishop* merupakan metode yang dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Metode *bishop* ini mengasumsikan bahwa gaya-gaya normal total bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Syarat kesetimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode *bishop* menganggap gaya-gaya yang bekerja pada irisan dianggap mempunyai resultan nol pada arah vertikal. [4]



Gambar 1. Gaya yang Bekerja Pada Irisan Metode Bishop

Dengan memperhatikan seluruh keseimbangan gaya maka rumus untuk faktor keamanan metode Bishop diperoleh sebagai berikut :

$$FK = \frac{c'l + (P-ul) \tan \phi'}{W \sin \alpha}$$

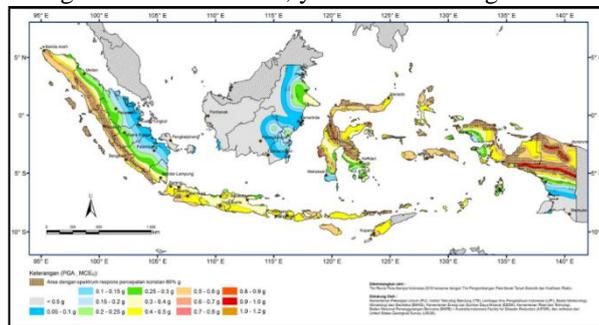
Dimana :

- W = Berat total pada irisan
- $E_L E_R$ = Gaya antar irisan yang bekerja secara horizontal
- $X_L X_R$ = Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal
- P = Gaya normal total pada irisan
- T = Gaya geser pada dasar irisan
- B = Lebar dari irisan
- L = Panjang dari irisan

Beban Gempa

Gempa merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dengan meningkatkan nilai gaya penggerakannya, oleh karenanya beban gempa harus dimasukkan sebagai salah variabel dalam upaya analisa kestabilan lereng. Parameter yang digunakan untuk mewakili beban gempa adalah nilai *Peak Ground*

Acceleration (PGA), dimana nilai PGA pada setiap daerah di Indonesia sudah ditetapkan dalam SNI 1726:2012. Untuk Kecamatan Ogan Komering Ulu memiliki nilai PGA sebesar 0.25-0.3 gal. Dalam penelitian ini penulis mengambil nilai dengan PGA maksimum, yaitu sebesar 0.3 gal.



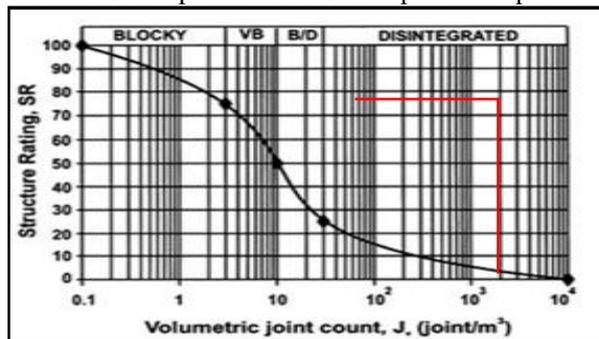
Gambar 2. Nilai Peak Ground Acceleration wilayah Indonesia

Geological Strength Index (GSI)

Klasifikasi massa batuan dengan *Geological Strength Index* (GSI) dilakukan dengan mempertimbangkan 2 parameter yaitu *structure rating* (SR) dan *surface condition rating* (SCR).

Structure Rating (SR)

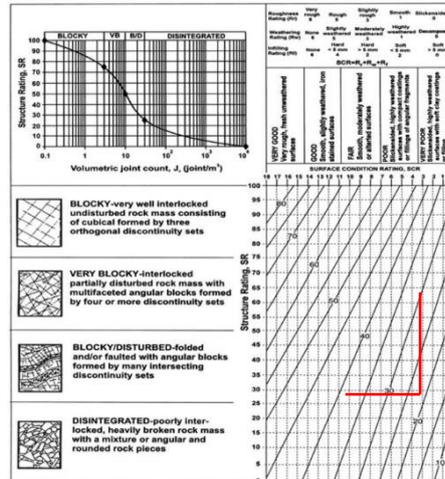
Dalam penilaian struktur, penulis melakukan penilaian berdasarkan pendekatan nilai *Volumetric Joint Count* (J_v) yang diusulkan oleh Palmstrom (1975). Berdasarkan penelitian dilapangan didapatkan bahwa sepanjang ± 15 meter lereng terdapat 9 struktur kekar yang terbagi menjadi 2 keluarga dalam satu garis *scanline*, dengan nilai j_v sebesar 3.34. Nilai SR didapatkan sebesar 75 dapat dilihat pada kurva berikut.



Gambar 3. Kurva Hubungan J_v dan Structure Rating

Surface Condition Rating (SCR)

Nilai SCR didapatkan melalui penjumlahan bobot penilaian dari 3 parameter yang merepresentasikan kondisi permukaan bidang diskontinuitas, parameter tersebut antara lain adalah tingkat kekasaran permukaan, tingkat pelapukan dan material pengisi[5]. Berdasarkan pengamatan struktur dilapangan didapatkan bahwa permukaan bidang diskontinuitas rata-rata adalah agak kasar (bobot 3), tingkat pelapukan rata-rata adalah tidak terlapukkan (bobot 6) dan material pengisi bidang diskontinu adalah lempung lembut <5 mm (bobot 2). Bobot dari parameter *struktur rating* (SR) dan *surface condition rating* (SCR) didapatkan masing-masing sebesar 75 dan 11. Berdasarkan hasil tersebut maka nilai *geological strength index* dapat dilihat pada kurva berikut.



Gambar 4. Hasil Pembobotan GSI

Dari hasil pengambilan data *scanline mapping* dengan menghitung pembobotan *Geological Strength Index* (GSI) didapatkan hasil untuk *structure rating* (SR) batuan adalah *Blocky*, artinya struktur batuan saling berikatan dengan sangat baik dan klasifikasi yang ditunjukkan oleh (Bieniawski, 1989) nilai *Structure Condition Rating* (SCR) menunjukkan nilai kekuatan massa batuan *Good* atau kondisi struktur batuan baik.

Hasil Uji Laboratorium

Sampel yang telah diambil dari hasil pengeboran geoteknik yang dilakukan di berbagai lokasi berbeda kemudian dilakukan pengujian sampel di Laboratorium untuk mengetahui sifat fisik maupun sifat mekaniknya. Berikut adalah tabel hasil pengujian sampel di Laboratorium.

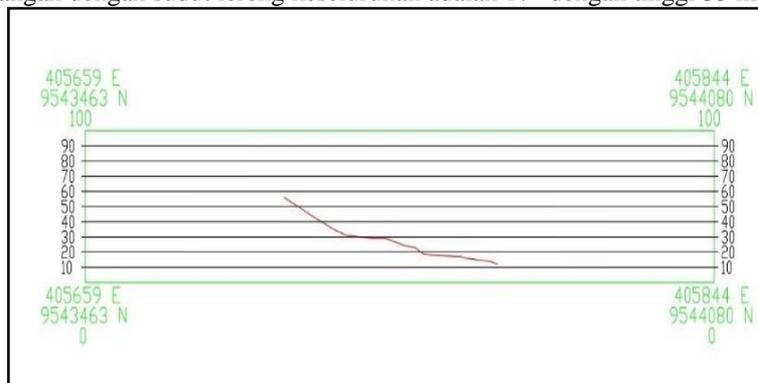
Tabel 3. Hasil Pengujian Sampel di Laboratorium

Hole_Id	Natural Density (gr/cm ³)	Saturated Density (gr/cm ³)	Dry Density (gr/cm ³)	Cohesion (kg/cm ²)	Friction Angle (°)
DHG-02	2.092	2.144	1.914	12.56	41.42
DHG-03	2.475	2.492	2.435	13.85	36.55
DHG-04	2.187	2.248	2.097	19.82	41.04

Analisis Kestabilan Lereng

Analisis Lereng Temporer

Analisis lereng keseluruhan dilakukan pada lereng sementara (temporer) bagian *lowwall* yang sedang dilakukan penambangan dengan sudut lereng keseluruhan adalah 17° dengan tinggi 35 meter.

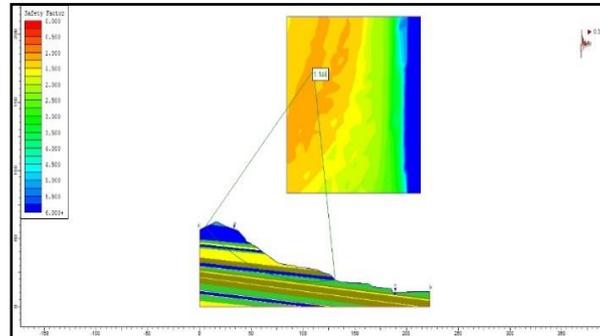


Gambar 5. Cross Section Lereng Lowwall

Berdasarkan hasil analisis lereng temporer bagian *lowwall* yang dianalisis menggunakan bantuan *Software Slide 6.0* didapatkan nilai faktor keamanan, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai FK Lereng Temporer

Kondisi Air	Safety Factor	Kondisi
Jenuh	1.146	Kritis
Kering	1.907	Aman



Gambar 6. Lereng Temporer Lowwall

Analisis Geometri Lereng

Analisis geometri lereng penambngan dibuat dengan mensimulasikan kemungkinan sudut, ketinggian lereng dan penambahan jalan tambang yang dianalisis dengan menggunakan metode kesetimbangan batas *bishop*. Simulasi dilakukan untuk mendapatkan geometri lereng dan penambangan aman untuk lereng keseluruhan. Berdasarkan hasil simulasi geometri lereng keseluruhan 40 Meter dengan ketinggian lereng tunggal 5meter dan adanya jalan tambang selebar 12meter dan sudut *single slope* berbeda-beda yaitu 20, 30 dan 40° didapatkan beberapa nilai faktor keamanan, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai FK Geometri Lereng 40 Meter

Tinggi Lereng Keseluruhan (m)	Tinggi Lereng Tunggal (m)	Lebar Jalan (m)	Sudut Single Slope (°)	Lebar Jenjang (m)	Sudut Overall Slope (°)	Muka Air Tanah	Safety Factor
40	5	12	40	2	17	Jenuh	1.036
						Kering	1.765
				3	16	Jenuh	1.069
						Kering	1.803
			4	15	Jenuh	1.093	
					Kering	1.849	
			30	2	23	Jenuh	1.134
						Kering	1.895
				3	22	Jenuh	1.179
						Kering	1.940
			4	21	Jenuh	1.204	
					Kering	1.970	
			20	2	29	Jenuh	1.273
						Kering	2.157
				3	27	Jenuh	1.296
						Kering	2.175
4	25	Jenuh	1.312				
		Kering	2.205				

Berdasarkan hasil simulasi geometri lereng keseluruhan 50 Meter dengan ketinggian lereng tunggal 5meter dan adanya jalan tambang selebar 12meter dan sudut *single slope* berbeda-beda yaitu 20, 30 dan 40° didapatkan beberapa nilai faktor keamanan, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai FK Geometri Lereng 50 Meter

Tinggi Lereng Keseluruhan (m)	Tinggi Lereng Tunggal (m)	Lebar Jalan (m)	Sudut Single Slope (°)	Lebar Jenjang (m)	Sudut Overall Slope (°)	Muka Air Tanah	Safety Factor
50	5	12	40	2	17	Jenuh	0.876



Tinggi Lereng Keseluruhan (m)	Tinggi Lereng Tunggal (m)	Lebar Jalan (m)	Sudut Single Slope (°)	Lebar Jenjang (m)	Sudut Overall Slope (°)	Muka Air Tanah	Safety Factor
						Kering	1.692
				3	16	Jenuh	0.908
				4	15	Kering	1.739
				4	15	Jenuh	0.885
				2	24	Kering	1.682
				2	24	Jenuh	0.935
			30	3	22	Kering	1.770
			30	3	22	Jenuh	0.910
				4	20	Kering	1.724
				4	20	Jenuh	0.979
				2	30	Kering	1.825
				2	30	Jenuh	1.051
				2	30	Kering	1.935
			20	3	28	Jenuh	1.092
			20	3	28	Kering	1.999
				4	26	Jenuh	1.120
				4	26	Kering	2.043

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil klasifikasi massa batuan pada lokasi penelitian dengan berdasarkan penilaian kondisi struktur geologi menggunakan pendekatan *geological strength index* (GSI), dari 2 parameter yang dinilai yaitu *structure rating* (SR) dan *surface condition rating* (SCR) didapatkan nilai 75 untuk SR dan 11 untuk SCR, artinya struktur batuan dari penilaian kurva GSI adalah saling berikatan dengan baik atau *Blocky*.
2. Berdasarkan hasil sayatan penampang di lereng sementara (temporer) bagian *lowwall*, kemudian lereng dianalisis menggunakan metode kesetimbangan batas *bishop* menunjukkan nilai faktor keamanan lereng yaitu 1.146 pada kondisi air adalah jenuh, artinya lereng pada kondisi ini berada pada $FK < 1.25$ (lereng kritis).
3. Berdasarkan hasil *try and error* geometri lereng penambangan, didapatkan nilai faktor keamanan yang direkomendasikan yaitu $FK > 1,25$ geometri lereng jenuh pada kemiringan lereng keseluruhan adalah 29° dengan lebar jenjang 2meter, 27° dengan lebar jenjang 3meter dan 25° dengan jenjang 4meter pada ketinggian lereng penambangan 40meter dengan kemiringan lereng tunggal 20° dengan faktor keamanan masing-masing adalah 29° pada FK lereng jenuh 1.273 dan lereng dalam kondisi kering FK 2.157, 27° pada FK lereng jenuh 1.296 lereng kering FK 2.175 dan 25° pada FK lereng jenuh 1.312 lereng dengan kondisi kering FK 2.205.

DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] C. F. K. Sari, "Analisis Geoteknik Dalam Perencanaan Kestabilan Lereng Pada Operasi Penambangan Batu Kapur Di Pt . SBV – Sumatera Selatan," *J. Ilm. Teknosains*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [2] Z. Abidin, A. A. I. A. Adnyano, and S. A. Rande, "Rekomendasi Geometri Lereng Penambangan Optimum Pada Tambang Batugamping PT. Citatih Putra Sukabumi," *ReTII*, vol. 1, no. 1, pp. 544–554, 2021.
- [3] S. L. Pangemanan and O. B. . S. A.E Turangan, "Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 1, pp. 22–28, 2014, [Online]. Available:
- [4] Y. M. Tahan, S. Koesnaryo, B. Dwinagara, K. Laitupa, and L. J. Tugo, "Analisa Stabilitas Tebing Sungai Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas Dan Metode Elemen Hingga," *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan*, vol. 1, no. 1. pp. 36–43, 2019.
- [5] A. F. A. Pamuji, R. I. Sophian, and D. Muslim, "Pengaruh Geological Strength Index (GSI) Terhadap Nilai Faktor Keamanan Melalui Simulasi Kestabilan Lereng Tambang , Kecamatan Batu Kajang , Kabupaten Paser , Kalimantan Timur," *Padjadjaran Geosci. J.*, vol. 2, no. 6, pp. 487–497, 2018.