



PENENTUAN FAKTOR KEAMANAN LERENG SIMPANG PASIR DI KECAMATAN PALARAN DENGAN METODE *LIMIT EQUILIBRIUM*

Zaenul Yufita, Revia Oktaviani, Harjuni Hasan, Tommy Trides, Agus winarno

Universitas Mulawarman, Indonesia

Email: zaenulyufita@gmail.com, revia.oktaviani@gmail.com

Abstrak

Kemantapan (stabilitas) lereng merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Tujuan penelitian yang dilakukan ini adalah untuk mengetahui nilai kekuatan batuan lereng. Untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng. Metode yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng adalah metode kesetimbangan batas (limit equilibrium). Analisis kestabilan lereng yang didasarkan pada konsep analisis kesetimbangan batas, yaitu dengan menghitung kesetimbangan statik dan mengabaikan adanya tegangan-regangan pada lereng. Dari Hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk sifat fisik batuan didapatkan nilai bobot isi asli rata-rata yaitu 1.67 gr/cc. Untuk pengujian sifat mekanik didapatkan nilai kekuatan batuan yaitu 3.778 MPa. Nilai GSI yang diperoleh yaitu 63. Untuk Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown didapatkan nilai mb yaitu 4.534, nilai s yaitu 0.016, dan nilai a yaitu 0.5. Analisis Faktor keamanan lereng dilakukan pada 3 section yaitu A-A', B-B' dan C-C, untuk nilai FK statis berturut-turut yaitu 5.218, 4.3 dan 4.674. Nilai FK statis pada kondisi jenuh berturut-turut yaitu 3.08, 1.858, dan 3.143. Untuk nilai FK dinamis berturut-turut yaitu 3.021, 2.185, dan 2.677. Nilai FK dinamis pada kondisi jenuh berturut-turut yaitu 0.97, 0.467, dan 0.96. Nilai faktor keamanan lereng dinamis pada kondisi jenuh termasuk tidak aman. Sehingga diberikan rekomendasi geometri lereng yaitu tinggi bench 5 m, lebar berm 3 m dengan kemiringan 45°.

Kata kunci: *Kestabilan lereng, faktor keamanan, kesetimbangan batas*

Abstract

The stability of the slope is a very important factor in work related to the excavation and stockpiling of soil, rocks and excavated materials, because it involves issues of human safety (workers), equipment security and smooth production. The purpose of this research is to determine the strength value of slope rocks. To find out the value of the slope safety factor. The method used in slope stability analysis is the limit equilibrium method. Slope stability analysis is based on the concept of boundary equilibrium analysis, which is by calculating static equilibrium and ignoring the presence of stresses on the slope. From the results of research that has been done, for the physical properties of rocks, the average original content weight value is 1.67 gr / cc. For testing mechanical properties, the strength value of rocks is 3,778 MPa. The GSI value obtained is 63. For the Hoek-Brown Collapse Criterion, the mb value is 4.534, the s value is 0.016, and the a value is 0.5. Slope safety factor analysis was carried out in 3 sections, namely A-A', B-B' and C-C, for static FK values of 5,218, 4.3 and 4,674 respectively. Static FK values at saturated conditions are 3.08, 1.858, and 3.143 respectively. For dynamic FK values, they are 3,021, 2,185, and 2,677, respectively. Dynamic FK values under saturation conditions are 0.97, 0.467, and 0.96 respectively. The value of dynamic slope safety factors under saturated conditions is unsafe. So that the slope geometry recommendation is given, namely bench height 5 m, berm width 3 m with a slope of 45 °.

Keywords: *Slope stability, safety factor, limit equilibrium*

PENDAHULUAN

Menurut Nuryanto & Wulandari, (2017), Permukaan tanah yang tidak selalu membentuk bidang datar atau mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Perbedaan elevasi tersebut pada kondisi tertentu dapat menimbulkan kelongsoran lereng sehingga dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng (Faisal et al., 2022).

Menurut Sundari & Krisnasiwi, (2022), Kemantapan (*stabilitas*) lereng merupakan suatu faktor

yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Keadaan ini berhubungan dengan terdapat dalam bermacam-macam jenis pekerjaan, misalnya pada pembuatan jalan, bendungan, penggalian kanal, penggalian untuk konstruksi, penambangan dan lain-lain. Stabilitas lereng merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai faktor aman dari bidang longsor yang potensial dari lereng (Irawan et al., 2023; Rajagukguk et al., 2014). Lereng dikatakan stabil apabila gaya yang menahan lebih besar dari pada gaya yang menggerakkan.

Lereng yang ada pada Jalan Mahkota II di Simpang Pasir umumnya tinggi, curam dan juga berada dipinggir jalan. Lereng tersebut belum diketahui secara pasti kestabilan dan faktor keamanannya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi lereng apakah stabil atau tidak nya lereng pada daerah tersebut, sehingga dapat memberi data yang informatif kepada warga sekitar mengenai dampak dari longsor akibat lereng tersebut.

Menurut Arif, (2016), Analisis kestabilan lereng akan dilakukan dengan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium*) karena metode kesetimbangan batas merupakan metode yang populer dan relatif sederhana untuk digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng. Analisis kestabilan lereng didasarkan pada konsep analisis kesetimbangan batas, yaitu dengan menghitung kesetimbangan statik dan mengabaikan adanya tegangan-regangan pada lereng (Pangemanan et al., 2014). Pada metode ini, Faktor kermanan lereng dihitung menggunakan kesetimbangan gaya, kesetimbangan momen, atau kedua kondisi kesetimbangan tersebut. Tujuan penelitian yang dilakukan ini adalah ntuk mengetahui nilai kekuatan batuan lereng. Untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Jalan Mahkota II, Simpang Pasir, Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Dalam penelitian ini akan dibagi beberapa tahapan yaitu pertama tahap persiapan, tahap pengumpulan data dan tahap pengolahan data (Nugroho, 2020).

Tahap pertama yaitu tahap persiapan. Pada tahap persiapan hal-hal yang akan dilakukan antara lain studi literatur, pengamatan lapangan, dan persiapan peralatan uji dilaboratorium.

Tahap kedua adalah tahap pengumpulan data dilakukan pengambilan data berupa data primer dan data sekunder (Ida, 2018). Data Primer merupakan data yang dibutuhkan diambil secara langsung di lapangan, adapun data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

- a. Pengambilan data kekar, Metode pengukuran yang dilakukan yaitu metode pengukuran dengan kompas geologi langsung di lapangan pada garis pengukuran/sanline (metode *scanline*).
- b. Pengambilan data lereng
- c. Pengambilan sampel batuan untuk uji Laboratorium, Pengambilan sampel (*conto*) batuan dilakukan di beberapa titik pada lereng. Sampel bantuan yang diambil berupa bongkahan (*boulder*) yang akan digunakan untuk pengujian sifat fisik dan sifat mekanik
- d. Preparasi sampel batuan, sampel yang digunakan berjumlah 15 dengan standar uji ISRM (*International Society Rock Mechanics*) untuk pengujian sifat fisik dan *International Society For Rock Mechanics* (ISRM, 1981) untuk pengujian sifat mekanik.
- e. Pengujian sifat fisik dan sifat mekanik batuan.

Tahap ketiga yaitu tahap pengolahan data. Data yang diolah merupakan data dari tahap kedua yang akan dilakukan perhitungan faktor keamanan. Data yang akan diolah yaitu data sifat fisik dan sifat mekanik batuan, data *Geological Strength Index*, dan data *Generalized Hoek-Brown*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada suatu lereng yang berlokasi di pinggir jalan Mahkota II, Simpang Pasir. Pada penelitian dilapangan dilakukan beberapa tahapan yaitu, tahap pengamatan lereng, pengukuran bidang lemah pada lereng, dan pengambilan sampel batuan pada lereng yang dimana dibutuhkan untuk pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanik di laboratorium. Pengamatan pada lokasi dengan menggunakan GPS untuk mendapatkan letak lokasi yaitu pada koordinat E 0516832 dan N 9939822. Pengamatan dilakukan pada sisi bagian depan lereng. Dengan kompas geologi dan *total station* diperoleh kemiringan lereng yaitu 71° dan tinggi lereng 26m.

Pengamatan dan pencatatan terhadap orientasi diskontinuitas dilakukan dengan cara sistematis dengan menggunakan metode scanline. Data yang diukur adalah arah kemenerusan kekar (*strike*), kemiringan (*dip*).

Lereng penelitian merupakan lereng alami. Material lereng penelitian adalah Batupasir (*Sandstone*) yang berwarna kuning keabu-abuan. Adapun vegetasi diatas lereng tersebut yaitu rerumputan dan pepohonan yang tidak begitu banyak. Tidak ada terjadinya aktifitas apapun di atas lereng. Analisis lereng dilakukan untuk memberikan informasi kepada masyarakat sekitar yang berlarang disekitaran lereng penelitian.

Strike/Dip Kekar Berdasarkan Metode Scanline

Scanline merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengobservasi dan mengukur rekahan pada bidang permukaan. Metode scanline adalah sebuah garis pada permukaan batuan yang digunakan untuk mengukur semua rekahan yang berpotongan dengan garis tersebut. Dengan menggunakan metode pengukuran ini didapatkan *strike* dan *dip* lereng, *Strike* dan *dip scanline*, jarak kekar, *Strike* dan *dip* kekar, panjang dan bukaan kekar. Pada pengukuran metode *scanline* ini didapatkan *strike/dip* lereng N 213°/ 71°, *strike/dip scanline* N 295° / 2° dan panjang *scanline* 23.5 m dengan 19 data kekar.

No.	Jarak Dari Titik Awal (m)	Orientasi Bidang Diskontinu		Spasi Bidang Diskontinu (m)	Kondisi Bidang Diskontinu					Kondisi Air Tanah
		Strike (N...°)	Dip (°)		Continuity (m)	Separation (mm)	Roughness	Infilling	weathering	
1	3,40	250	50	1,12	0,20	5	halus	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
2	3,82	245	37	1,12	1,50	7	sedikit kasar	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
3	3,94	275	45	1,12	0,60	7	kasar	keras <5 mm	lapuk sedang	kering
4	4,62	255	45	1,12	0,60	6	sedikit kasar	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
5	4,7	165	35	1,12	4,26	5	halus	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
6	5,25	230	38	1,12	0,30	8	kasar	keras <5 mm	sedikit lapuk	kering
7	6,68	250	55	1,12	0,10	9	sedikit kasar	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
8	7,10	210	52	1,12	0,15	6	sedikit kasar	soft <5 mm	lapuk sedang	kering
9	7,50	50	41	1,12	0,40	6	kasar	keras <5 mm	lapuk sedang	kering
10	8,02	200	40	1,12	0,10	5	halus	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
11	8,40	270	40	1,12	0,30	5	sedikit kasar	soft <5 mm	lapuk sedang	kering
12	11,44	330	50	1,12	1,80	7	halus	soft <5 mm	lapuk sedang	kering
13	11,60	100	40	1,12	3,80	8	sedikit kasar	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
14	13,75	350	35	1,12	0,20	7	sedikit kasar	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
15	13,80	150	40	1,12	0,30	11	kasar	keras <5 mm	lapuk sedang	kering
16	17,40	80	31	1,12	5,50	10	kasar	keras <5 mm	lapuk sedang	kering
17	23	200	9	1,12	1,50	9	kasar	keras <5 mm	sedikit lapuk	kering
18	23,10	195	90	1,12	0,50	8	sedikit kasar	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering
19	23,50	190	5	1,12	0,50	9	sedikit kasar	soft <5 mm	sedikit lapuk	kering

Gambar 1 Hasil Pengukuran Kekar

Pengukuran azimuth kekar pada penelitian ini digunakan dengan menggunakan metode *scanline*, hasil yang didapatkan yaitu jarak kekar, *Strike* dan *dip* kekar, panjang dan bukaan kekar. Banyaknya data kekar yang didapat yaitu 19 data dengan isian kekar pada lereng rata-rata berupa oksida besi dengan kondisi sedikit lapuk dan lapuk sedang, lebar isian kekar <5mm, serta panjang rata-rata kekar 1,12 m.

Sifat Fisik Batuan

Pengujian sifat fisik dilakukan guna mengetahui beberapa parameter yaitu bobot isi asli (*natural density*), bobot isi kering (*dry density*), bobot isi jenuh (*saturated density*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis sejati (*true specific gravity*), kadar air asli (*natural water content*), kadar air jenuh (*absorption*), derajat kejenuhan (*degree of saturation*), porositas (n) dan void ratio (e). Untuk mengetahui parameter tersebut digunakan perhitungan hasil pengujian sampel berupa nilai berat natural (Wn), berat kering (Wo), berat jenuh (Ww), serta berat jenuh tergantung didalam air (Ws). Berikut adalah hasil pengujian sifat fisik:

Tabel 1 Hasil Pengujian Sifat Fisik

Sifat Fisik Batuan	Kode Sampel					Satuan
	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	
Natural Density	1,64	1,59	1,58	1,95	1,59	gr/cc
Dry density	1,58	1,43	1,45	1,92	1,43	gr/cc
Saturated Density	1,78	1,71	1,65	2,02	1,73	gr/cc
Apparent Specific Gravity	1,97	1,99	1,81	2,14	2,03	-
True Specific Gravity	1,97	1,99	1,81	2,14	2,03	-
Natural Water Content	3,29	11,13	8,53	1,66	11,33	%
Saturated Water Content	12,27	19,50	13,61	5,26	21,18	%
Saturation	26,19	57,03	63,11	31,73	53,39	%
Porositas	19,42	27,93	19,77	10,01	29,98	%
Void Ratio	24,15	38,76	24,65	11,21	42,91	-

Dari hasil uji sifat fisik yang dilakukan pada sampel batuan yang diambil dari lereng tersebut didapatkan nilai rata-rata bobot isi asli dengan nilai 1,67 gr/cc, bobot isi kering dengan nilai 1,58 gr/cc dan bobot isi jenuh dengan nilai 1,78 gr/cc. selanjutnya nilai tersebut dapat digunakan untuk mencari faktor keamanan lereng.

Sifat Mekanik Batuan

Pengujian sifat mekanik batuan yang digunakan adalah pengujian kuat tekan uniaksial (*unconfined compressive strength test*) (Dinoy et al., 2020). Pengujian ini dilakukan pada 5 sampel bongkah yang masing-masing bongkah terdapat 3 sampel, sehingga jumlah sampel untuk pengujian ini yaitu 15 sampel. Berikut adalah hasil rata-rata pengujian kuat tekan uniaksial yang dilakukan:

Tabel 2 Hasil uji kuat tekan uniaksial

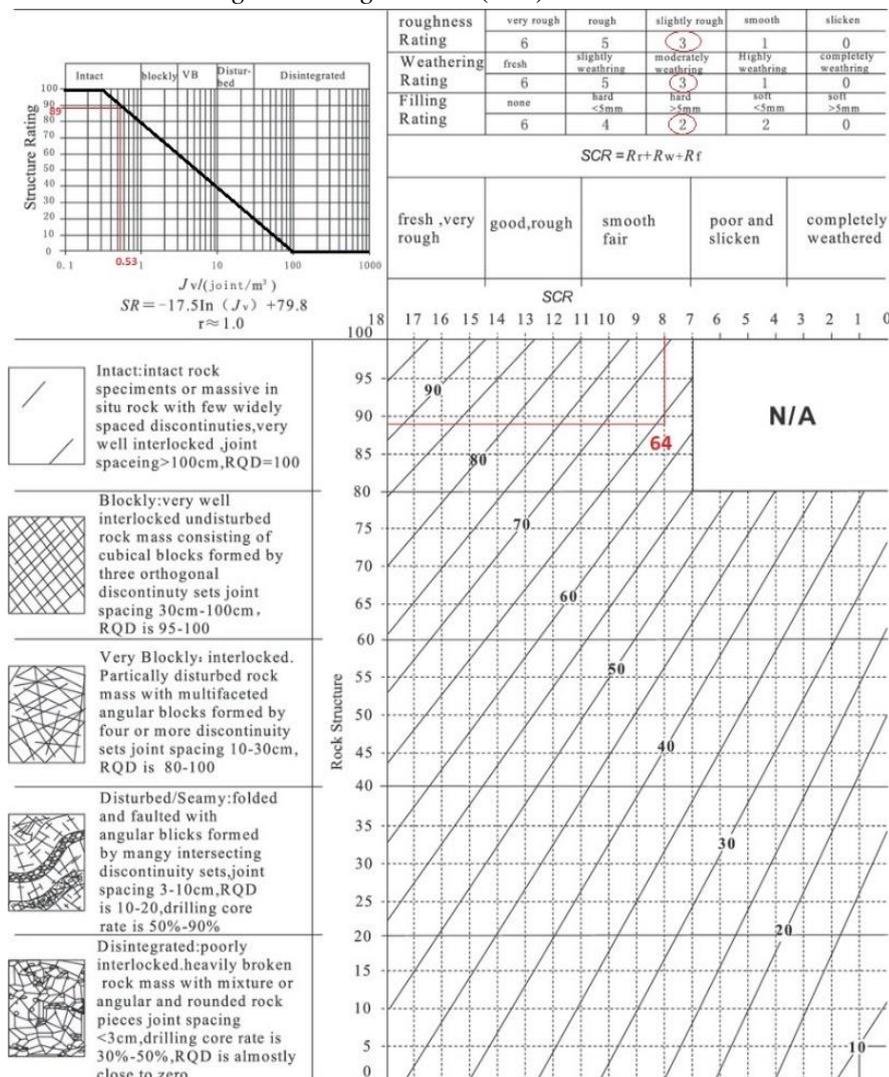
Sampel	Nilai UCS	Rata-Rata UCS
	(MPa)	(Mpa)
PL1a	4,13	4,13
PL1b	4,13	
PL1c	4,13	
PL2a	1,57	1,64
PL2b	1,97	
PL2c	1,38	
PL3a	4,13	4,33
PL3b	4,92	
PL3c	3,94	
PL4a	7,28	7,15
PL4b	6,89	
PL4c	7,28	
PL5a	2,17	1,64

Sampel	Nilai UCS	Rata-Rata UCS
	(MPa)	(Mpa)
PL5b	1,18	
PL5c	1,57	
Rata-Rata		3,778

Dari uji kuat tekan uniaksial tersebut didapatkan nilai rata-rata UCS yaitu 3,778 Mpa dan dikonversi menjadi 3778 KN/m². Berdasarkan Perkiraan UCS di Lapangan dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan masuk termasuk kategori sangat rapuh (*very weak*).

Geological Strength Index (GSI)

Geological Strength Index (GSI) dikemukakan oleh (Hoek et al., 2002). Metode ini menekankan kepada pengamatan secara geologi untuk karakteristik massa batuan, gambaran material, struktur yang berkembang, sejarah geologi Sophian & Muslim, (2018), dan pengembangan spesifik untuk estimasi material properti dari batuan. berikut adalah data data yang diperoleh dari Analisis klasifikasi massa batuan menggunakan metode *Geological Strength Index* (GSI):



Gambar 2 Penilaian Geological Strength Index

Peringkat Struktur (Structure Rating, SR)

Secara kuantitatif peringkat struktur diperoleh dari besaran *volumetric block* terhitung, pada batuan terkekarkan kuat dan acak (NAINGOLAN et al., 2020). Parameter pembobotan yang

digunakan yaitu jumlah kekar, panjang *scanline* (m), *volumetric block* (kubik). Jumlah kekar yang terdapat pada *scanline* yaitu 19 kekar dengan panjang *scanline* 23.5, berikut adalah perhitungan nilai *volumetric block* :

$$Jv = \left(\frac{M}{L}\right)^3$$

$$Jv = \left(\frac{19}{23.5}\right)^3$$

$$Jv = 0.53 \text{ kubik}$$

Dari hasil perhitungan *volumetric block* tersebut dapat di plot pada grafik GSI dan dihasilkan nilai peringkat struktur yaitu 89, dapat dilihat pada Gambar 2.

Peringkat Kondisi Permukaan (*Surface Condition Rating, SCR*)

Nilai peringkat kondisi permukaan (SCR) didapatkan berdasarkan pembobotan massa batuan dari 3 parameter, yaitu tingkat kekasaran (*roughness, Rr*), tingkat pelapukan (*weathering, Rw*), dan material pengisi (*infilling, Rf*). Berikut adalah nilai hasil pembobotan peringkat kondisi permukaan (SCR):

a. Tingkat kekerasan (*roughness, Rr*),

Tabel 3 Hasil Pembobotan Tingkat Kekerasan (Rr)

<i>Scanline</i>	Jumlah kekar	Keterangan	Jumlah	Nilai	Rata-rata (Rr)
Lereng	19	Halus	4	1	3
		Kasar	6	5	
		Sedikit kasar	9	3	

Dari hasil pembobotan tingkat kekasaran (Rr) diperoleh nilai rata-rata Rr yaitu 3, sehingga tingkat kekasaran yang diperoleh termasuk dalam kategori sedikit kasar, dapat dilihat pada Gambar 2.

b. Tingkat Pelapukan (*weathering, Rw*)

Tabel 4 Hasil Pembobotan Tingkat Pelapukan (Rw)

<i>Scanline</i>	Jumlah kekar	Keterangan	Jumlah	Nilai	Rata-rata (Rw)
Lereng	19	Lapuk sedang	7	3	3
		Sedikit lapuk	12	5	

Dari hasil pembobotan tingkat pelapukan (Rw) diperoleh nilai rata-rata Rw yaitu 3, sehingga tingkat pelapukan yang diperoleh termasuk dalam kategori sedikit lapuk, dapat dilihat pada Gambar 2.

c. Material Pengisi (*infilling, Rf*)

Tabel 5 Hasil Pembobotan Material Pengisi (Rf)

<i>Scanline</i>	Jumlah kekar	Keterangan	Jumlah	Nilai	Rata-rata (Rf)
Lereng	19	Soft < 5mm	13	2	2
		Hard < 5mm	6	2	

Dari hasil pembobotan material pengisi (Rf) diperoleh nilai Rata-Rata Rf yaitu 2 dengan keterangan Soft < 5 mm dan Hard <5mm.

d. **Nilai *Geological Strength Index (GSI)***

Berdasarkan hasil pembobotan yang dilakukan didapatkan nilai peringkat struktur = 89, dan peringkat kondisi permukaan dengan nilai $R_r = 3$, nilai $R_w = 3$, dan nilai $R_f = 2$, sehingga didapatkan nilai *Geological Strength Index (GSI)* yaitu 64, dapat dilihat pada Tabel GSI dalam Gambar 2.

Kriteria Keruntuhan *Hoek-Brown*

Metode *Generalized Hoek – Brown* diciptakan untuk mengestimasi nilai kekuatan batuan menggunakan klasifikasi GSI yang ada dan langsung bisa diterapkan menggunakan kriteria Hoek – Brown yang ada. Nilai-nilai parameter lain yang dibutuhkan seperti m_b , s , dan a akan secara otomatis diasumsikan menggunakan korelasi empiris antara GSI dan Hoek – Brown. dimana m_b , s , dan a adalah konstanta material massa batuan. berikut adalah perhitungan nilai m_b , s , dan a berdasarkan korelasi antara GSI dan Hoek-Brown :

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI-100}{28-14D} \right)$$

$$= 19. \exp \left(\frac{63-100}{28-14.0} \right)$$

$$= 5.086$$

$$s = \exp \left(\frac{GSI-100}{9-3D} \right)$$

$$= \exp \left(\frac{63-100}{9-3.0} \right)$$

$$= 0.0164$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right)$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-\frac{63}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right)$$

$$= 0.5022$$

Untuk Analisa suatu lereng dengan menggunakan metode Hoek-Brown digunakan nilai m_i . Dimana nilai m_i didapat dari pengujian triaksial pada sampel batuan. dikarenakan tidak dilakukan pengujian triaksial maka nilai m_i didapat dari Tabel Nilai Konstanta Batuan Utuh (Marinos & Hoek, 2000). maka didapatkan nilai m_i pada batupasir yaitu 17.

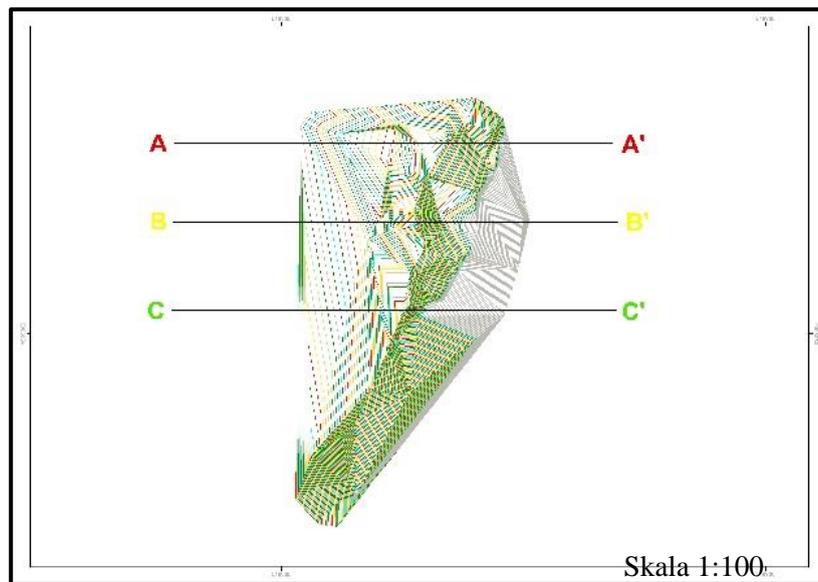
Pada Analisa dengan metode Hoek-Brown nilai D (*disturbance factor*) adalah faktor yang bergantung pada derajat gangguan yang dialami massa batuan terkena kerusakan akibat ledakan dan relaksasi tegangan. Nilai D bervariasi dari 0 untuk massa batuan in situ yang tidak terganggu hingga 1 untuk massa batuan yang sangat terganggu. Maka didapatkan nilai D pada analisis lereng yaitu 0, Nilai D didapatkan berdasarkan Tabel Pedoman Estimasi Faktor Ketergangguan (D) (Hoek & Brown, 2019).

Faktor Keamanan dengan Metode *Limit Equilibrium*

Penentuan faktor keamanan lereng dengan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium*). Adapun parameter yang digunakan yaitu bobot sisi asli, nilai UCS, nilai GSI, nilai-nilai pada metode Hoek-Brown serta ditambahkan nilai *peak ground acceleration* lokasi penelitian. Parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Lampiran E. Berikut adalah gambaran situasi lereng penelitian dan topografi lereng penelitian yang telah diberi *section*:



Gambar 3. Situasi Lereng Penelitian



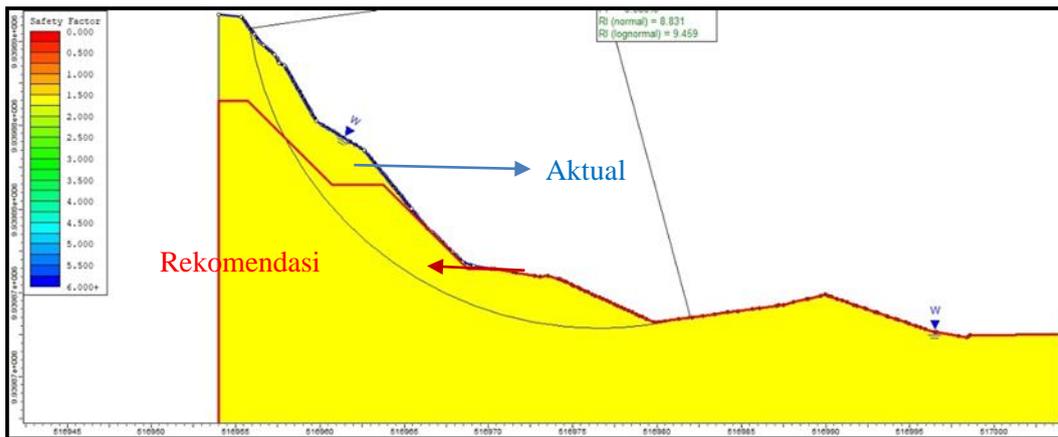
Gambar 4 Topografi Lereng Penelitian

Dari hasil Analisa dengan metode *limit equilibrium* dengan menggunakan metode Bishop sehingga didapatkan nilai faktor keamanan lereng. Faktor keamanan yang didapat yaitu faktor keamanan statis dan faktor keamanan dinamis (Khodijah et al., 2022). Berikut adalah hasil perhitungan Faktor Keamanan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium*):

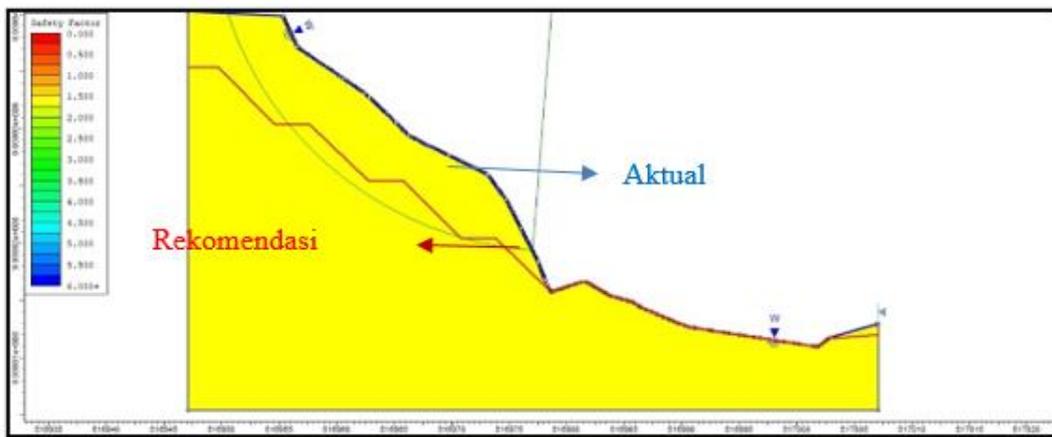
Tabel 7 Faktor Kemanan

Area	Design					Status
	FK Statis	Probability of failure (%)	Status	FK Dinamis	Probability of failure (%)	
Line A-A' Overall Slope	5,22	0,00%	Stabil	3,02	0,00%	Stabil
Line B-B' Overall Slope	4,30	0,00%	Stabil	2,18	0,00%	Stabil
Line C-C' Overall Slope	4,67	0,00%	Stabil	2,68	0,00%	Stabil

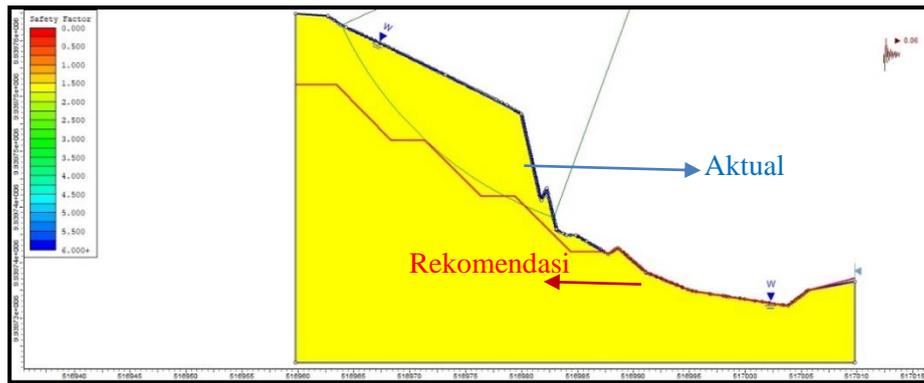
Berikut merupakan geometri rekomendasi analisis aktual *section A-A'*, *Section B-B'* dan *Section C-C'*:



Gambar 5 Aktual dan Rekomendasi Section A-A'



Gambar 6 Aktual dan Rekomendasi Section B-B'



Gambar 7 Aktual dan Rekomendasi *Line C-C'*

Berdasarkan gambar aktual dan rekomendasi *Section A-A'*, *Section B-B'* dan *Section C-C'*, maka dibuat geometri rekomendasi agar lereng tetap stabil, geometri yang di rekomendasikan yaitu tinggi *bench* 5 m, lebar *berm* 3 m dengan kemiringan 45°.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang berupa pengolahan dan analisis data yang diperoleh dilapangan dan dilakukan uji di laboratorium, dapat disimpulkan bahwa Kuat tekan pembentuk lereng sebesar 3,778 MPa. Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng (kondisi aktual) menggunakan metode kesetimbangan (*limit equilibrium*) diperoleh nilai faktor keamanan lereng yaitu Nilai FK statis dan dinamis *Section A-A' Overall Slope* yaitu 5,22 dan 3,02. Nilai FK statis dan dinamis *Section B-B' Overall Slope* yaitu 4,30 dan 2,18. Nilai FK statis dan dinamis *Section C-C' Overall Slope* yaitu 4,67 dan 2,68

BIBLIOGRAPHY

- Arif, I. I. (2016). Geoteknik Tambang. Gramedia Pustaka Utama.
- Dinoy, E., Tampaty, Y. G., Mabuut, I. S., Sutiray, J. A. D., & Cahyono, Y. D. G. (2020). Analisis Rekahan Batuan Pada Uji Kuat Tekan Uniaksial. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (Semitan)*, 2(1), 411–415.
- Faisal, A., Oktaviani, R., Trides, T., Nugroho, W., & Devy, S. D. (2022). Analisis Kestabilan Batuan Pada Rencana Pembangunan Terowongan Dengan Elemen Hingga Dan (Q–System) Di Kota Samarinda. *Jurnal Sosial Dan Teknologi*, 2(9), 739–749.
- Hoek, E., & Brown, E. T. (2019). The Hoek–Brown Failure Criterion And Gsi–2018 Edition. *Journal Of Rock Mechanics And Geotechnical Engineering*, 11(3), 445–463.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). Hoek-Brown Failure Criterion-2002 Edition. *Proceedings Of Narms-Tac*, 1(1), 267–273.
- Ida, R. (2018). Etnografi Virtual Sebagai Teknik Pengumpulan Data Dan Metode Penelitian. *The Journal Of Society And Media*, 2(2), 130–145.
- Irawan, P. A., Franto, F., & Irvani, I. (2023). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas Dan Probabilistik Di Tk 4488 Pt Timah Tbk. *Jurnal Himasapta*, 8(1), 39–46.
- Khodijah, S., Monica, U. S., Ersyari, J., Khoirullah, N., & Sophian, R. I. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas Dalam Kondisi Statis Dan Dinamis Pada Pit X, Tanjung Enim, Sumatra Selatan. *Geoscience Journal*, 6(4), 1030–1037.
- Nainggolan, D. R., S Koesnaryo, S. K., & Dwinagara, B. (2020). Analisis Pengaruh Persistensi Bidang Diskontinu Terhadap Kestabilan Lereng Batuan Terkekarkan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Ilmiah Ppsdm Geominerba*, 5(1), 43–60.

- Nugroho, Y. C. (2020). Penentuan Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Dengan Memodelkan Lereng Di Laboraturium (Studi Kasus Ruas Jalan Loji). *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(1), 87–91.
- Nuryanto, N., & Wulandari, S. (2017). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Metode Kesetimbangan Batas (Limit Equilibrium) Dan Elemen Hingga (Finite Element). *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 16(1).
- Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1).
- Rajagukguk, O. C. P., Turangan, A. E., & Monintja, S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland Sta. 1000m). *Jurnal Sipil Statik*, 2(3).
- Sophian, R. I., & Muslim, D. (2018). Pengaruh Geological Strength Index (Gsi) Terhadap Nilai Faktor Keamanan Melalui Simulasi Kestabilan Lereng Tambang, Kecamatan Batu Kajang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. *Geoscience Journal*, 2(6), 487–497.
- Sundari, W., & Krisnasiwi, I. F. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Irisan Di Desa Baumata Timur Kecamatan Taebenu, Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknologi*, 16(2), 10–14.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)