

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE JANBU PADA LERENG PERMUKAAAN LUBANG BMK-14 DI CV. BARA MITRA KECANA DI DESA BATU TANJUNG, KECAMATAN TALAWI, KOTA SAWAHLUNTO, PROVINSI SUMATERA BARAT

Wahyu Dicky Guntara^{1*}, and Yoszi Mingsi Anaperta^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*wahyudickyg@gmail.com

**yoszimingsianaperta@yahoo.com

Abstract. CV. Bara Mitra Kencana is a company engaged in mining and has invested in the city of Sawahlunto. The mineral that has been mined is coal. Administratively, the location of the Exploitation KP is in Tanah Kuning, Batu Tanjung Village, Talawi District, Sawahlunto City, West Sumatra Province with an area of 70.53 hectares. The results of the study were landslides that occurred in the CV area. Bara Mitra Kencana-14 is a planar sliding with a landslide rate of 85% in the direction of the N87°E/44° landslide. Therefore a recommendation for a single slope with a height of 35 m and an initial slope of 80° is changed to a slope of 64° and the safety factor (FK) in the natural state is 1.403 and the safety factor (FK) in saturated conditions is 1.260 and the factor of safety (FK) in the natural state is 1.403. safety (FK) in dry conditions is 1.509 and the slope is said to be in relatively safe conditions.

Keywords: Physical and Mechanical Properties of Soil and Rocks, Slope Geometry, Simplified Janbu, Safety Factors

1. Pendahuluan

CV. Bara Mitra Kencana merupakan daerah perbukitan di Desa Batu Tanjung, Kec. Talawi, kota Sawahlunto. Bergerak di bidang pertambangan batubara menggunakan system tambang bawah tanah (Underground Mining). Jalan – jalan tambang tempat transportasi alat angkut di CV.Baras Mitra Kencana kebanyakan bergelombang karena dulu lokasi tambang merupakan lokasi perbukitan.

Apabila lereng-lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan maupun yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan tidak stabil, maka dapat menyebabkan gangguan pada kegiatan produksi, selain juga membahayakan keselamatan pekerja.

Berdasarkan pengamatan pada saat melakukan observasi yang telah dilakukan pada akhir Agustus 2020 dan awal September 2020 di CV. Bara Mitra Kencana, penulis menemukan adanya longsor yang terjadi pada lereng di titik lokasi penambangan di BMK-14. Jenis

material pembentuk lereng adalah *claystone* dengan geometri lereng yang memiliki tinggi 35 meter dan memiliki kemiringan adalah 80°. Longsoran tersebut mengakibatkan tambang manual tertimbun dan jalan akses menuju *tunnel* 02 tertutup runtuhnya material longsor yang dapat dilihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Lereng di BMK-14 CV. Bara Mitra Kencana

Saat ini CV. Bara Mitra Kencana belum pernah melakukan kajian geoteknik mengenai kestabilan lereng di BMK-14.

Untuk mendapatkan geometri lereng dan menghindari terjadinya longsoran, diperlukan perencanaan geoteknik yang matang serta metode apa yang akan digunakan. Jika tidak dilakukan analisis kestabilan lereng serta penanganan yang maksimal terhadap longsoran tersebut, dapat menyebabkan kerugian nantinya seperti kegiatan penambangan yang terganggu, biaya yang akan dikeluarkan untuk membersihkan longsoran, bahkan bisa menyebabkan kerugian korban jiwa.

2. Lokasi Penelitian

Secara administratif tersebut terletak di Tanah Kuning Desa Batu Tanjung Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto Propinsi Sumatera Barat. Lokasi tambang tersebut dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat dari Padang jaraknya Lebih Kurang 117 Km ke Kota Sawahlunto serta menuju ke lokasi tambang dengan jarak tempuh Lebih Kurang 13 Km selebihnya Lebih Kurang 3 Km merupakan jalan tambang yang akan digunakan untuk menunjang kelancaran kegiatan operasional penambangan.

Secara geografis daerah penambangan tersebut terletak pada koordinat $100^{\circ} 47' 12''$ - $100^{\circ} 46' 58''$ Bujur Timur (BT) dan $00^{\circ} 37' 11''$ - $00^{\circ} 36' 11''$ Lintang Selatan (LS). CV. Bara Mitra Kencana merupakan daerah perbukitan di Desa Batu Tanjung, Kec. Talawi, kota Sawahlunto.



Sumber : CV. Bara Mitra Kencana

Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah Lokasi CV. Bara Mitra Kencana

3. Kajian Teori

3.1 Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan, tanggul dan dinding tambang terbuka (Arief, 2007 dalam Rumansara, 2014).

Dilihat dari material penyusunnya, terdapat dua macam lereng, yaitu lereng tanah dan lereng batuan, walaupun kenyataan yang dijumpai pada lereng tambang selalu merupakan gabungan dari material tanah dan batuan. Dalam analisis dan penentuan jenis tindakan pengamanannya, lereng tanah tidak dapat disamakan dengan lereng batuan karena parameter material dan jenis penyebab longsor kedua material pembentuk lereng tersebut sangat jauh berbeda.

3.2 RMR (Rock Mass Rating)

Sistem klasifikasi massa batuan dengan RMR dari Bieniawski (1973) menggunakan enam parameter dasar untuk pengklasifikasian dan evaluasi hasil uji. Keenam parameter yaitu :

3.2.1 Kuat Tekan *Point Load Index* (PLI)

Kuat tekan tekan point load index (PLI) dari material batuan utuh (intact rock material) dapat ditentukan melalui pengujian secara langsung (in direct tect) di lapangan maupun uji yang dilakukan di laboratorium.

3.2.2 Rock Qualities Designation (RQD)

Penentuan RQD dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung, Bieniawski (1989) penentuan mutu batuan (RQD) secara langsung dikembangkan oleh Deere (1989) yang mengestimasi secara kuantitatif kualitas massa batuan melalui inti bor. Indeks RQD digunakan secara luas untuk mengidentifikasi zona kualitas rendah batuan, dan digunakan sebagai parameter standar pada log inti bor, serta elemen dasar sistem klasifikasi massa batuan RMR dan Q-system. RQD didefinisikan sebagai persentase potongan batuan yang lebih panjang dari 10 cm terhadap panjang total inti bor tersebut.

3.2.3 Spasi Diskontinuitas

Spasi diskontinuitas merupakan jarak antara bidang lemah dengan arah tegak lurus terhadap bidang lemah tersebut.

Bentuknya bias berupa kekar, zona *shear*, patahan minor atau permukaan bidang lemah lainnya.

3.2.4 Kondisi Diskontinuitas

Parameter lain yang berguna untuk mendapatkan peringkat massa batuan (RMR) yaitu parameter kondisi atau keadaan dari bidang diskontinuitas yang terdapat pada massa batuan tersebut. Meliputi kekasaran permukaan diskontinuitas, persistence, kemenerusan, pelapukan batuan dan bidang lemah tersebut, material pengisi.

3.2.5 Kondisi Air Tanah

Secara teoritis kondisi air tanah dapat diketahui dengan mengukur besarnya aliran air tanah (debit). Kondisi air tanah berhubungan dengan pori dan diskontinuitas serta tekanan yang bekerja di dalamnya. Secara umum kondisi air tanah yang dijumpai pada permukaan batuan dapat berupa kering, lembab, basah, menetes, dan mengalir.

3.2.6 Orientasi Diskontinuitas

Orientasi diskontinuitas merupakan strike atau dip diskontinuitas (dip/dip direction). Orientasi bidang diskontinuitas dilapangan didapat dengan mengukur strike/dip kekar dengan menggunakan kompas geologi. Orientasi bidang diskontinu dianggap menguntungkan jika berarah tegak lurus terhadap sumbu terowongan dan lereng, akan merugikan jika searah dengan sumbu terowongan dan lereng.

3.3 Kestabilan Lereng

Kestabilan dari suatu jenjang individual diokontrol oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada daerah tersebut, kondisi air tanah setempat, dan juga oleh teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi penambangan yang berbeda, dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum., untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng untuk memastikan lereng itu akan stabil.

Apabila kestabilan dari suatu jenjang dalam operasi penambangan meragukan, maka kestabilannya harus dinilai berdasarkan dari struktur geologi, kondisi air tanah dan factor pengontrol lainnya yang terjadi pada suatu lereng.

Kestabilan lereng baik lereng alami

maupun lereng buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa factor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsoran) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman).

Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor. Secara matematis factor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut :

$$F = \frac{R}{Fp}$$

3.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

3.4.1 Faktor-Faktor Pembentuk Gaya Penahan

1. Jenis batuan
2. Kekuatan batuan
3. Penyebaran batuan

3.4.2 Faktor-Faktor Pembentuk Gaya Penggerak

1. Geometri lereng
2. Bobot isi
3. Kandungan air tanah

3.4.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gaya Penahan

1. Proses bidang lemah
2. Bidang lemah
3. Iklim
4. Air

3.4.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gaya Penggerak

1. Aktivitas tektonik
2. Gempa atau sumber getaran yang lain
3. Penambahan beban akibat penimbunan
4. Penambahan air tanah
5. Pengeringan waduk

3.5 Klasifikasi Longsoran

Berdasarkan kedudukan bidang lemah pada batuan, longsoran yang sering terjadi adalah longsoran busur (circular failure) yaitu longsoran yang berbentuk busur biasanya terbentuk pada material yang umumnya homogen sedangkan pada material dengan

heterogenitas kompleks sering terjadi longsoran bidang (plane failure), longsoran baji (wedge failure) dan juga longsoran toppling.

3.5.1 Longsor Busur (Circukar Failure)

Longsor jenis ini banyak terjadi pada lereng tanah dan batuan lapuk atau sangat terkekalkan dan di lereng-lereng timbunan. Bentuk bidang gelincir pada longsor busur, sesuai dengan namanya, akan menyerupai busur bila digambarkan pada penampang melintang.

3.5.2 Longsor Bidang (Plane Failure)

Longsor bidang merupakan suatu longsor yang terjadi sepanjang bidang lurus yang dianggap rata. Bidang lurus tersebut dapat berupa sesar, rekahan (joint), maupun bidang perlapisan batuan longsor bidang relative jarang terjadi. Namun, jika ada kondisi yang menunjang terjadinya longsor bidang, longsor yang terjadi mungkin akan lebih besar (secara volume) dari pada longsor lain.

3.5.3 Longsor Baji (Wedge Failure)

Longsor baji dapat terjadi pada suatu batuan apabila terdapat lebih dari satu bidang lemah yang saling berpotongan. Subur perpotongan antara bidang lemah tersebut harus lebih besar dari sudut geser dalam batuanya tetapi lebih kecil dari kemiringan lereng. Dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Persyaratan yang harus terpenuhi untuk terjadinya longsor baji adalah bila sudut yang dibentuk garis potong kedua bidang lemah tersebut dengan bidang horizontal lebih kecil dari sudut lerengnya.

3.5.4 Longsor Guling (Toppling Failure)

Berdasarkan bentuk longsor guling ini terjadi apabila bidang-bidang lemah yang terdapat pada lereng mempunyai kemiringan yang berlawanan dengan kemiringan lereng. Longsor guling umumnya terjadi pada lereng yang terjal dan pada batuan yang keras, dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom.

3.6 Analisis Stereografis Metode Kinematik

Metode stereografis yang digunakan untuk mengetahui potensi keruntuhan lereng batuan adalah dengan teknik stereografis. Teknik stereografis merupakan metode grafis yang digunakan

untuk menunjukkan jurus dan kemiringan dari suatu bidang. Teknik stereografis banyak digunakan untuk membantu mengidentifikasi jenis keruntuhan yang mungkin terjadi. Pengeplotan secara bersamaan antara jurus dan kemiringan, baik muka lereng maupun bidang lemah pada suatu stereonet akan segera dapat diketahui jenis dan arah keruntuhannya.

3.7 Metode Kesetimbangan Batas

Metode Kesetimbangan batas merupakan metode yang cukup populer dan praktis dalam analisis kestabilan, dengan kondisi kestabilan dinyatakan dalam indeks faktor keamanan, yaitu dengan menghitung kesetimbangan gaya atau kesetimbangan momen, atau keduanya tergantung dari metode yang dipakai.

3.7.1 Metode Janbu yang disederhanakan

Metode Janbu adalah salah satu dari metode yang banyak digunakan untuk menganalisis kemandapan lereng yang memiliki permukaan bidang gelincir tidak berupa busur lingkaran (non-sirkular). Metode ini menggunakan suatu faktor koreksi (f_0) untuk mengkoreksi bentuk bidang gelincir yang tidak berupa busur lingkaran. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$FK = \frac{f_0 \cdot \frac{EX}{1 + \frac{Y}{FS}}}{EZ + Q}$$

Keterangan :

$$X = (c + (\gamma \cdot h - \gamma_w \cdot hw) \tan \phi) (1 + \tan 2a) \Delta x$$

$$Y = \tan a \tan \phi$$

$$Z = \gamma \cdot h \cdot \Delta x \cdot \tan a$$

$$Q = \frac{1}{2} \times \gamma_w \cdot Z^2$$

FK = faktor keamanan

Fo = faktor koreksi

Y = bobot isi material (ton/m³)

Yw = bobot isi air (ton/m³)

A = kemiringan bidang lurus (°)

φ = sudut geser dalam (°)

h = tinggi lereng (m)

Hw = tinggi lereng jenuh (m)

C' = Kohesi (MPa)

Z = Kedalaman Tegangan Tarik (m)

3.8 Metode Scan Line

Para geologiawan pada umumnya melakukan pengukuran rekahan dengan metode scanline. Metode scanline adalah sebuah garis pada permukaan batuan yang

digunakan untuk mengukur semua rekahan yang berpotongan dengan garis tersebut (Brady & Brown, 2004). Pada penelitian Herlambang (2014) disebutkan bahwa rekahan memiliki beberapa unsur, yaitu jenis, kedudukan, panjang, jarak atau spasi antar rekahan, bukaan, dan morfologi rekahan.

3.9 Safety Factor (Faktor Keamanan)

Analisis tingkat kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan nilai factor keamanan pada lereng di daerah penelitian. Faktor keamanan dapat dinyatakan dengan FK yang memberikan gambaran nilai suatu lereng dikategorikan ke dalam 3 jenis seperti pada tabel 1 (Bowles, J. E., 1984) dibawah ini :

Tabel 1. Nilai FK dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang

Nama Lereng	Kejadian / Intensitas Longsor
FK<1,07	Longsor sering terjadi (lereng kritis)
1,07<FK<1,25	Longsor pernah terjadi (lereng labil)
FK>1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Sumber: Bowles, J. E., 1984

3.10 Bobot isi Batuan (Densities of Sedimentary Rock)

Tabel 2. Range Bobot Isi Asli

Rock Type Sedimentary Rock	Density Range (g/cm ³)
Claystone	1.63-2.60
Siltstone	1.80-2.20
Soil	1.20-2.40
Sand	1.70-2.30
Sandstone	1.61-2.76
Shale	1.77-3.330
Limestone	1.93-2.90
Dolomite	2.28-2.90
Chalk	1.52-2.60
Halite	2.10-2.60
Gypsum	2.20-2.60

Sumber: http://pgp.geosci.xyz/content/physical_properties/tables/density_sedimentary.html

4. Metode Penelitian

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 31 Agustus –

7 September 2020 dan kemudian akan dilanjutkan kegiatan pengambilan data yang dilakukan mulai tanggal 15 Oktober sampai 23 November 2020.

Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan (*Applied Research*), yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk mengaplikasikan teori yang didapat dibangku perkuliahan terhadap kondisi aktual di lapangan.

Data primer adalah data yang diambil langsung dari pengamatan lapangan seperti geometri lereng aktual, bidang diskontinu, *measuring* stratigrafi, sampel tanah dan batuan untuk uji sifat fisik dan mekanik, data hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan. Sedangkan data sekunder meliputi peta topografi dan peta geologi regional, deskripsi umum perusahaan dan teori relevan.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Data

5.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini terletak di area BMK-14 CV. Bara Mitra Kencana dilakukan pada titik koordinat, yang merupakan titik lokasi penelitian.

Tabel 3. Koordinat Lokasi Penelitian

No	Titik	Koordinat	
		X	Y
1	A	069°84'83"	993°17'96"

Lokasi penelitian untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Dilihat dari geologi regional yang diberikan perusahaan dan berdasarkan hasil *measuring* stratigrafi yang telah dilakukan oleh penulis, yang menjadi material utama

penyusun lapisan tersebut adalah batu lempung (claystone).

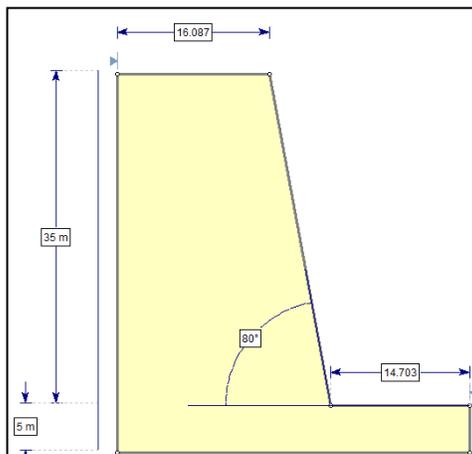
5.1.2 Kondisi Lereng

Penelitian dilakukan pada area BMK-14 CV. Bara Mitra Kencana yang terletak pada elevasi 344 mdpl sampai elevasi 311 mdpl. Secara umum lapisan penyusun lereng relatif mengikuti kemiringan batubara dengan nilai *strike* dan *dip* rata-rata adalah N 210°E/80°.

Pada area BMK-14 CV. Bara Mitra Kencana telah terjadi kelongsoran pada tahun 2020 yang diakibatkan ketidakstabilan lereng yang dikarenakan belum melakukan kajian geoteknik. Untuk menghindari terulangnya longsor maka dilakukannya evaluasi terhadap geometri lereng yang akan melakukan analisis kestabilan lereng. Berikut bentuk lokasi penelitian, geometri lereng dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 dibawah ini.



Gambar 4. Kondisi lereng Penelitian



Gambar 5. Geometri Lereng BMK-14

5.2 Klasifikasi Massa Batuan

5.2.1 RQD

RQD merupakan suatu penandaan atau penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan kekar.

Untuk mendapatkan nilai RQD memerlukan beberapa data yang berupa jarak antar kekar (spasi) dalam satu scanline, semua jarak antar kekar (spasi) per meter dijumlahkan lalu dicari rata-rata jarak antar kekar (spasi). Setelah mendapatkan rata-rata jarak antar kekar, selanjutnya untuk mendapatkan nilai dari λ dengan cara satu dibagi dengan nilai rata-rata per scanline, setelah itu baru masukkan ke dalam rumus yang telah ada untuk mendapatkan nilai RQD per scanline. Hasil perhitungan RQD dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai RQD

No	Rata-Rata Spasi/m	λ	RQD%
0-1 m	0,2575	3,883495146	94,15443065
1m-2m	0,2025	4,938271605	91,16621842
2m-3m	0,46	2,173913043	97,95313754
3m-4m	0,64	1,5625	98,89930347
4m-5m	0,54	1,851851852	98,48300917
5m-6m	0,5575	1,793721973	98,57131037
6m-7m	0,69	1,449275362	99,04596127
7m-8m	0,6675	1,498127341	98,98383372
8m-9m	0,685	1,459854015	99,03265696
9m-10	0,6275	1,593625498	98,85735616
Rata-Rata			97,51472177

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data RQD yang dilakukan jika di input kedalam Tabel 9 Rock Mass Rating System (Bieniawski, 1989) pada halaman 26, maka diperoleh hasil pembobotan RQD sebesar 20. Agar pembobotan yang diperoleh lebih tepat berdasarkan intervalnya maka digunakan metode ekstrapolasi linear.

5.2.2 Spasi Diskontinuitas

Spasi merupakan jarak antara bidang lemah dengan arah tegak lurus terhadap bidang lemah tersebut. Spasi bidang diskontinuitas dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Spasi Bidang Diskontinuitas

Jarak		Joint Frekuensi	Rata-Rata Spasi/m
Dari (m)	Ke (m)		
0	1	6	0,2575
1	2	6	0,2025
2	3	6	0,46
3	4	6	0,64
4	5	6	0,54
5	6	6	0,5575
6	7	6	0,69
7	8	6	0,6675
8	9	6	0,685
9	10	6	0,6275
Rata-Rata			0,53275

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data *spasi diskontinuitas* yang telah dilakukan maka diperoleh rata-rata antar kekar pada lereng sebesar 0,532 m atau 53,2 cm. Jika di input ke Tabel 9 *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) pada halaman 26, maka diperoleh bobot sebesar 10. Agar pembobotan yang diperoleh lebih tepat berdasarkan intervalnya maka digunakan metode ekstrapolasi linear.

5.2.3 Air Tanah

Debit aliran air tanah atau tekanan air tanah akan mempengaruhi kekuatan massa batuan. Oleh sebab itu, perlu diperhatikan dalam klasifikasi massa batuan. Kondisi air tanah yang berada dilokasi penelitian ini dapat membawa material yang mudah terlarut dengan air sehingga menimbulkan pelapukan serta membuat licin bidang diskontinu. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada lereng tambang dengan cara visual. Berdasarkan pengamatan secara visual di area penelitian didapat hasil kondisi air tanah pada lereng digolongkan kepada kondisi lembab.

5.2.4 Orientasi Diskontinuitas

Orientasi bidang discontinuitas dilapangan didapat dengan mengukur strike dan dips kekar dengan menggunakan kompas geologi. Untuk menentukan arah orientasi strike dan

dips secara umum pada joint set penulis menggunakan software dips. Berdasarkan hasil pengelompokan strike dan dips berdasarkan software dips 6.00 di dapat hasil arah persebarannya N139° dengan nilai dips rata-rata 80°. Berdasarkan Tabel 9 halaman 26 dengan kemiringan 45°-90° diberi bobot 0.

Berdasarkan hasil dari pembobotan rock mass rating system yang telah di lakukan maka didapat hasil dari pembobotan klasifikasi massa batuan seperti pada tabel 18 berikut:

Tabel 6. Klasifikasi Kelas Massa Batuan Berdasarkan RMR-Sistem

Parameter Klasifikasi RMR Sistem			
No	Parameter	Rating	
1	<i>Point Load Indeks</i>	2	
2	RQD	20	
3	<i>Spasi Diskontinuitas</i>	10	
4	Kondisi Bidang <i>Diskontinuitas</i>	Kekerasan	3
		Kemenerusan	6
		Lebar Rongga	4
		Tingkat Pelapukan	3
		Material Pengisi	6
5	Muka Air Tanah	10	
6	<i>strike dan Dip Of Joint Set</i>	0	
Total Rating		64	
Nomor Kelas Massa Batuan		II	

Berdasarkan hasil perhitungan klasifikasi massa batuan diatas maka diketahui nilai rock mass rating (RMR) di area kajian yakni sebesar 64. Berikut adalah arti dari nilai rock mass rating (RMR) tersebut:

Tabel 7. Nilai Kelas Batuan

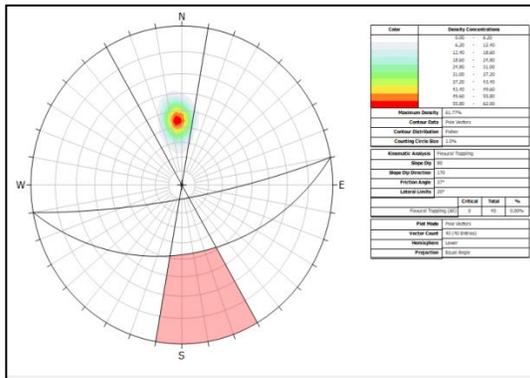
KELAS PEMBOBOTAN MASSA BATUAN					
Rating	100-80	80-61	60-41	40-21	<21
No Kelas	I	II	III	IV	V
Keterangan	Sangat Bagus	Bagus	Sedang	Buruk	Sangat Buruk

5.3 Analisis Potensi Longsoran pada Daerah Penelitian

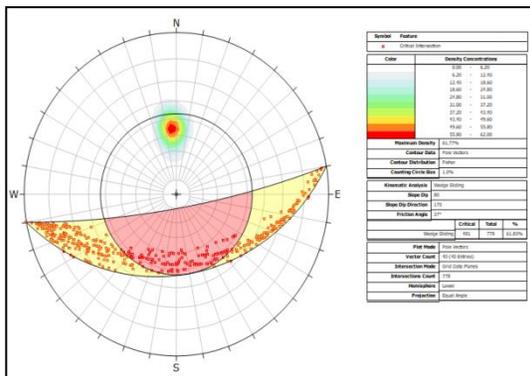
Pengamatan lereng dilokasi penelitian menggunakan scanline point station sehingga mendapat model dan arah longsoran pada bidang scanline point station

tersebut.

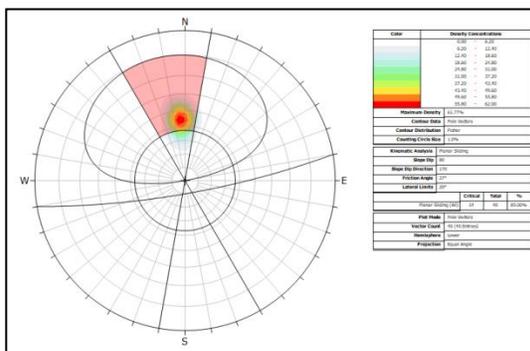
Dari pengamatan dan pengukuran bidang diskontinu terhadap scanline dengan point station dapat diketahui bahwa kedudukan lereng pengamatan adalah N 210°E/80°. Data strike, dip serta dip direction dari tiap-tiap kekar. Setelah seluruh data kekar diambil maka dilakukan proses pengelompokan data kekar dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Stereonets dan Dips. Untuk mendapatkan set diskontinuitas pada kekar, berikut ditampilkan pada gambar 6,7, dan 8 ini.



Gambar 6. Flexural Toppling



Gambar 7. Wedge Sliding



Gambar 8. Planar Sliding

Berdasarkan hasil plot bidang diskontinuitas berdasarkan software dips

maka didapat pula potensi longsoran yang akan terjadi pada daerah penelitian dapat disimpulkan seperti table 8 :

Tabel 8. Kesimpulan Hasil Plot Bidang Diskontinu

No	Jenis Longsoran	Persentase (%)
1	Planar Sliding	85
2	Flexural Toppling	0
3	Wedge Toppling	61.83

5.4 Pemodelan Lereng

5.4.1 Parameter Pengujian Laboratorium Geoteknik

5.4.1.1 Pengujian Sifat Fisik Batuan

Bobot isi merupakan salah satu parameter dari hasil uji sifat fisik yang penting dalam analisis kestabilan lereng. Nilai bobot isi dapat dibagi atas nilai bobot isi asli, bobot isi kering (dry density) dan bobot isi jenuh (saturated density).

Setelah dilakukan bobot isi asli, bobot isi kering, bobot isi jenuh secara keseluruhan maka dilakukan perekapan data tersebut. Jika di input kedalam tabel Hasil perekapan perhitungan dapat dilihat pada table 9 dibawah ini :

Tabel 9. Hasil Pengolahan Uji Sifat Fisik Batuan

No	UJI SIFAT FISIK	KODE SAMPEL			Rata-Rata (gr/cm ³)	KN/m ³
		1	2	3		
1	Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	1.849	1.989	1.920	1.919	18.80
2	Bobot Isi Kering (gr/cm ³)	1.626	1.809	1.664	1.700	16.66
3	Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	2.261	2.373	2.376	2.337	22.90

5.4.1.2 Sifat Mekanik Batuan

1. Point Load Index

Hasil Pengujian point load index dapat dilihat pada tabel 10 di bawah ini:

Tabel 10. Hasil Pengujian Point Load Index

No	Jarak Konus (D)	F	Beban P (Kg)	PLI Is (Kg/cm ²)	PLI (Mpa)
1	2,7	0,914568	39,26	4,93	0,48
2	2,8	0,92454	70,65	8,33	0,82
3	2,9	0,914568	45,78	4,98	0,49
Rata-Rata				6,08	0,59

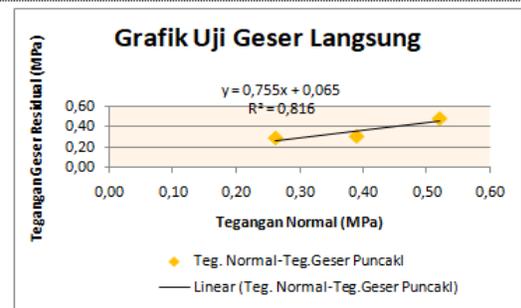
2. Pengujian Kuat Geser Batuan

Hasil pengujian kuat geser batuan dapat dilihat pada tabel 11 di bawah ini:

Faktor keamanan lereng pada saat keadaan kering bisa dilihat pada gambar 11 dibawah ini :

Tabel 11. Hasil Uji Kuat Geser

Tegangan Geser	Kohesi (Mpa)	Sudut Geser Dalam (°)
Puncak	65	37,05



Gambar 9. Grafik Hasil Uji Kuat Geser

3. Properties Material

Properties material meliputi bobot isi asli, bobot isi jenuh, kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). nilai yang dipakai sebagai data awal properties manual adalah nilai rata-rata yang didapatkan dari hasil pengujian laboratorium. Untuk parameter kohesi dan sudut geser dalam digunakan nilai puncak dari hasil pengujian.

Tabel 12. Input Data Properties Material

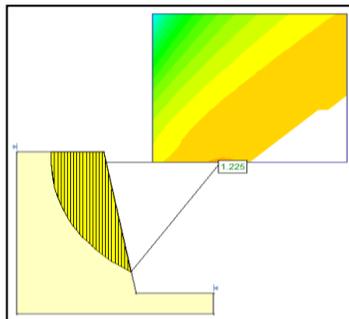
Lithology	Bobot Isi Asli (KN/m ³)	Bobot Isi Jenuh (KN/m ³)	Cohesion (KN/m ²)	Friction Angle (°)
Claystone	18,80	22,90	65	37,05

5.5 Analisis Kestabilan Lereng

5.5.1 Lereng Aktual

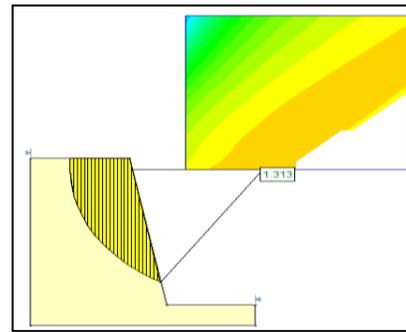
1. Lereng Keadaan Asli

Keadaan factor keamanan lereng actual dapat dilihat pada pada gambar 10 :



Gambar 10. Faktor Keamanan Lereng Aktual

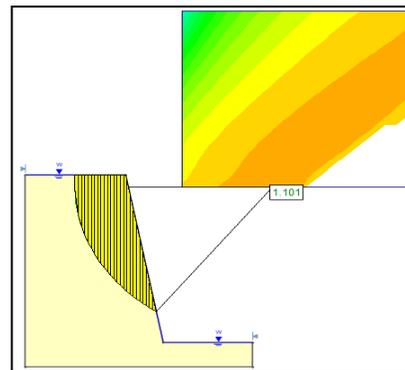
2. Lereng Keadaan Kering



Gambar 11. Faktor Keamanan dalam Keadaan Kering

3. Lereng Keadaan Jenuh

Faktor keamanan lereng pada saat keadaan jenuh ini bisa dilihat pada gambar 12 berikut.

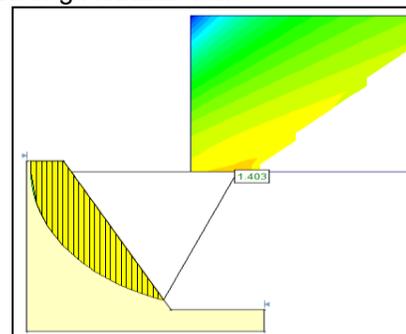


Gambar 12. Faktor Keamanan dalam Keadaan Jenuh

5.5.2 Lereng Rekomendasi

Rekomendasi untuk lereng tunggal pada saat dalam kondisi asli untuk mendapatkan nilai FK dengan tinggi lereng tunggal 35 meter dan sudut kemiringan 64o dapat dilihat pada gambar 13 berikut.

1. Lereng Keadaan Asli



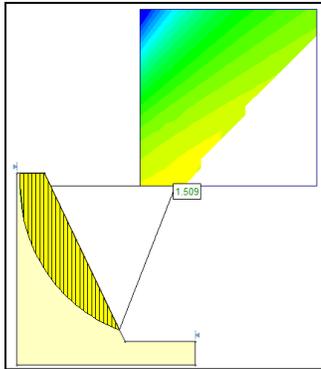
Gambar 13. Modifikasi FK Lereng Tunggal (Single Slope)

Berdasarkan modifikasi geometri lereng tambang yang dilakukan keadaan actual

berdasarkan hasil analisis Software Slide 6.0 didapat factor keamanan (FK) 1.403 dengan tinggi lereng 35 dan kemiringan lereng menjadi 64° maka keadaan lereng menjadi aman.

2. Lereng Keadaan Kering

Rekomendasi untuk lereng tunggal dalam kondisi kering untuk mendapatkan nilai FK aman dengan tinggi lereng 35 meter dan sudut sebesar 64° dan hasil input data didapatkan nilai FK 1.509 seperti pada gambar 14 berikut.



Gambar 14. Modifikasi Lereng Tunggal (Single Slope) Keadaan Kering

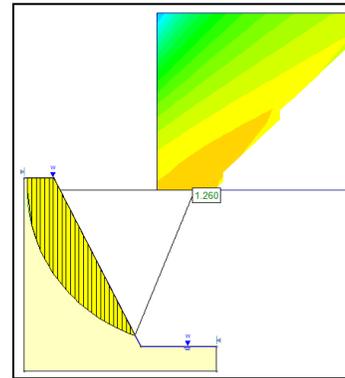
Berdasarkan modifikasi geometri lereng tambang yang dilakukan dalam keadaan kering berdasarkan hasil analisis software slide 6.0 dapat hasil tinggi lereng 35 meter dan kemiringan lereng 64° .

3. Lereng Keadaan Jenuh

Rekomendasi untuk lereng tunggal dalam kondisi jenuh untuk mendapatkan nilai FK aman dengan ketinggian lereng 35 meter dan sudut sebesar 64° dan hasil input data didapatkan nilai FK 1.260 bisa dilihat pada gambar 15 dan table 13 sebagai berikut :

Tabel 13. Data Percobaan Kemiringan Rekomendasi Lereng

Lereng Modifikasi Kondisi Jenuh			
Kemiringan ($^\circ$)	Ketinggian (m)	Lebar (m)	FK
67	35	16	1.219
66	35	16	1.231
65	35	16	1.243
64	35	16	1.260
63	35	16	1.282



Gambar 15. Modifikasi Lereng Tunggal (Single Slope) Keadaan Jenuh

Berdasarkan ketiga hasil Faktor Keamanan (FK) dari masing-masing lereng dapat dilihat pada table 14 berikut :

Tabel 14. Nilai Faktor Keamanan Lereng Modifikasi 64°

Lereng Modifikasi 64°	
Keadaan	Nilai FK
Asli	1.403
Kering	1.509
Jenuh	1.260

5.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan orientasi bidang diskontinu menggunakan analisis stereografis arah dan tipe longsor adalah longsor bidang.

Berdasarkan pengelompokan kelas massa batuan yang dilakukan untuk mengetahui klasifikasi massa batuan diperoleh hasil kelas batuan berada pada kelas II yang menunjukkan kualitas massa batuan dalam golongan baik.

Hasil analisis kestabilan lereng dalam keadaan actual dan dalam keadaan jenuh dengan geometri lereng yang memiliki tinggi 35 m dan kemiringan 80° , nilai bobot isi actual $18,80 \text{ KN/m}^3$, bobot isi kering $16,66 \text{ KN/m}^3$ dan $22,90 \text{ KN/m}^3$ untuk nilai bobot isi dalam keadaan jenuh dengan cohesi 65 KN/m^3 nilai sudut geser dalam $37,05^\circ$ memiliki factor keamanan dalam keadaan actual 1,225 dalam keadaan jenuh yang menunjukkan nilai 1,101 dan dalam kondisi kering nilai factor keamanannya 1,313.

Maka lereng dalam keadaan actual dan jenuh dalam keadaan tidak aman dan sedangkan dalam keadaan kering menunjukkan lereng dalam keadaan aman. Berdasarkan Bowles, J. E., 1984 faktor keamanan (FK) lereng agar menjadi stabil

faktor keamanan lereng tersebut menjadi 1,25 dilakukan permodelan agar lereng tersebut memiliki faktor keamanan 1,25 dengan cara menurunkan kemiringan lereng tersebut. Untuk lereng dalam keadaan aktual nilai FK setelah dimodifikasi menjadi 64o maka nilai FK asli menjadi 1,403 sedangkan dalam keadaan kering nilai FK menjadi 1,509 dan dalam keadaan jenuh nilai FK menjadi 1,260.

6. Kesimpulan Dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian batuan yang dilakukan dan pengamatan lapangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai hasil uji sifat fisik dan mekanik batuan sebagai masukan parameter geoteknik yaitu nilai bobot isi asli aktual 18,80 Kn/m³, bobot isi jenuh 22,90 Kn/m³, dan dalam keadaan kering 16,66 Kn/m³ nilai kohesi 65 KN/m³ nilai sudut geser dalam 37,05°.
2. Klasifikasi massa batuan berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) didapat hasil 6 parameter yaitu :
 - a. Point Load Indeks bernilai 6,25 berbobot 2.
 - b. RQD bernilai 97,514% berbobot 20
 - c. *Spasi Diskontinuitas* bernilai 0,532 m atau 53,2 cm berbobot 10
 - d. Kondisi bidang *Discontinuitas*
 - 1) Kekerasan Bidang *Diskontinuitas* berbobot 3
 - 2) Kemenerusan Bidang *Diskontinuitas* berbobot 6
 - 3) Lebar Rongga berbobot 4
 - 4) Tingkat pelapukan batuan berbobot 3
 - 5) Dan material pengisi berbobot 6
 - e. Kondisi Air Tanah bernilai 10.
 - f. Orientasi *Diskontinuitas*, berdasarkan jurus dengan kemiringan 45°-90° maka bernilai 0.
3. Potensi longsoran yang mungkin terjadi berdasarkan arah *strike* dan *dips* bidang diskontinu menunjukkan adanya potensi longsoran *Planar*

Sliding dengan persentasi kemungkinan 85%.

4. Nilai factor keamanan pada lereng tambang dilokasi penelitian dalam keadaan asli atau aktual yaitu 1.225. Sedangkan dalam keadaan jenuh yaitu 1.101 dan dalam keadaan kering 1.313.
5. Rekomendasi lereng dalam keadaan aktual dengan menggunakan metode *janbu simplified* dengan ketinggian 35 m kemiringan 80°, berupa menjadi ketinggian 35 m dengan kemiringan 64° maka akan diperoleh FK dalam keadaan asli atau aktual 1.403, dalam keadaan jenuh dengan FK 1.260 dan dalam keadaan kering FK 1.509.

6.2 Saran

1. Perubahan geometri lereng ini perlu dilakukan agar dapat melakukan proses penambangan para karyawan yang ada merasa aman dan nyaman.
2. Pengontrolan, pemeliharaan, dan pengawasan terhadap keadaan sekitar lereng harus sering diperhatikan untuk mengurangi atau menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.
3. Perlunya ketelitian dalam pengambilan data lapangan dan proses pengujian dilaboratorium dan pengolahan data pada *software* lainnya agar hal yang diperoleh lebih detail dan akurat.

Daftar Pustaka

- [1] Ali, Rinal Khaidar, dkk. 2017. "*Analisis Peningkatan Faktor Keamanan Lereng Pada Areal Bekas Tambang Pasir Dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati*". *Promine Journal*, Vol. 5 (1), page 10 – 19.
- [2] Anaperta, Yoszi Mingsi. 2017. "*Evaluasi Kestabilan Lereng Tambang di Pit Tambang Air Laya (Tal) Barat Sekuen Januari 2017 Penampang C-C' PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan*". *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan* Vol. 10, No. 1.
- [3] Arief, S, 2007. *Dasar-Dasar Analisis Kestabilan Lereng*. Sorowako : PT. INCO.
- [4] Arif, Irwandy. 2015. *Geoteknik Tambang*. Bandung: ITB.
- [5] Atiiqah, Fuzi, 2020. "*Analisis Kestabilan Lereng Front IV Pit Limit Di Area Penambangan Batu Kapur PT. Semen*

- Padang Sumatera Barat*". Jurnal Bina Tambang, Vol. 5, No.3.
- [6] Bates, R.L& Jackson, J.A. 1987. *Glossary of Geology*, 1997. 3rdedition. American Geological Institute: Virginia.
- [7] Bieniawski, Z.T., 1973. *Engineering Classification of Jointed Rock Mass*. Transaction of the South of African Intitution of Civil Engineering.
- [8] Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-60172-1.
- [9] Bowles, J. E., 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, McGraw-Hill Book Company, USA.
- [10] Brady, B. H. G. and Brown, E. T. 2004. *Rock Mechanics*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- [11] Deere, D.U. 1989. *Rock quality designation (RQD) after 20 years*. U.S. Army Corps Engrs. Contract Report GL-89-1. Vicksburg, MS: Waterways Experimental Station.
- [12] Duncan, J.M. 2000. *Factors of safety and reliability in geotechnical engineering*. J. Geotechnical & geoenvironmental Engineering.
- [13] Faradibah, Nabila, Yayuk Apriyanti, dan Irvani. 2016. "Analisis kestabilan lereng menggunakan metode slope mass rating (SMR) dan software geoslope/W 2007 pada tambang air laya selatan lokasi suban di PT Bukit Asam (persero) Tbk".Jurnal Mineral. Vol 1 No.1.
- [14] Hasibuan, Syakinah. 2020. "Analisis Balik Kestabilan Lereng Bekas Disposal Area dengan Menggunakan Metode Bishop di Tambang PT. Nusa Alam Lestari di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat".Jurnal Bina Tambang Vol. 5, No. 4.
- [15] Herlambang, A. 2014. *Analisis Distribusi Rekahan dan Stilolyte Menggunakan Data Singkapan dan Data Sumur Pada Batugamping Formasi Rajamandala di Area Cikamuning, Padalarang, Jawa Barat, Indonesia*. Bandung.
- [16] Hoek, E. and Bray, J.W. 1981. *Rock Slope Engineering, Revised 3rd edition*. The Institution of Mining and Metallurgy: London.
- [17] Hoek, E., dan Brown, E. T.2002. *Hoek and Brown Failure Criterion - 2002 Edition*. Rocscience Inc: Canada
- [18] ISRM. 1980. *Suggested Methods for The Qualitative Description of Discontinuities in Rock*. Int. Journal Rock Mechanics, Mining Sciences & Geomechanical Abstr. 17.
- [19] Korah, Thyac ,Turangan A. E., dan Alva N. Sarajar. 2014. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Janbu (Studi Kasus : Kawasan Citraldan). *Jurnal Sipil Statistik*. Vol.2 No.1.
- [20] L, Robert Bates and Julia A. Jackson. 1984. *Dictionary of geological terms*. American Geological Institute
- [21] Muntaha Mohammad. 2016. "Studi Kestabilan Lereng Alam Tambang Terbuka (Studi kasus: lereng tambang batu kapur Lamongan dan Madura)". Jurnal. Aplikasi Teknik Sipil. Vol 14 No 1.
- [22] Pane, Riski Adelina, dan Yoszi Mingsi Anaperta. 2019. Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*. Vol.4, No. 3.
- [23] Rajagukguk, Octavian Cherianto Parluhutan., dkk. 2014. "Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop". Jurnal Sipil Statik Vol 2 No 3. HLM. 139-147.
- [24] Saputri, Oktaviana, Bambang Heriyadi & Yoszi Mingsi Anaperta. 2017. "Analisis Kestabilan Lereng Untuk Sistem Penambangan Overburden (Soil) Di Area lup 412 Ha Bukit Tajarang Indarung Pt. Semen Padang Sumatera Barat"