

# Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode *Janbu* pada Lereng Lubang BMK 30 di CV Bara Mitra Kencana (BMK), Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat

Yori Amzeri<sup>1\*</sup>, Yoszi Mingsi Anaperta<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

\*[Yoriamzeri@gmail.com](mailto:Yoriamzeri@gmail.com)

\*\*[Yosziperta@ft.unp.ac.id](mailto:Yosziperta@ft.unp.ac.id)

**Abstract.** CV Bara Mitra Kencana is a company engaged in the mining sector, located in the city of Sawahlunto with mining materials in the form of coal. Administratively, the mining business permit area for production operations is located in Tanah Kuning, Batu Tanjung Village, Sawahlunto City, West Sumatra Province with an area of 70.53 hectares. On December 18, 2020 to February 18, 2020, to be precise, in the area behind the workers' mes and in front of the BMK 30 tunnel door with a height of 24 meters, with a slope of 73°. With these slope conditions, it has the potential to endanger existing workers and hinder production. Slope constituent material is sandstone rock material. The results of the physical and mechanical properties of the rock showed that the original bulk density was 22.65 kN / m<sup>2</sup>, the saturation weight value was 24.22 kN / m<sup>2</sup>, the dry density value was 20.69 kN / m<sup>2</sup>, cohesion (c) 39 mPa and shear angle in (ø) 44.08°. The analysis of the value of the safety factor (FK) and the recommendation of the actual slope geometry using the Janbu simplified method with a height of 24m and a slope of 73° was obtained by FK of 1.222. For the recommendation of slope geometry in a saturated state using the Janbu simplefied method with a height of 24m and a slope of 69°, the FK obtained is 1.257. From the value of the safety factor (FK) the recommendations obtained can be concluded that the slopes are stable.

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

## 1. Pendahuluan

CV Bara Mitra Kencana merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan batubara di Kota Sawahlunto. Kegiatan penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang bawah tanah dengan metode *room and pillar*. Dalam kegiatan penambangan, masalah kestabilan lereng sangat banyak ditemukan, misalnya lereng pada lubang tambang, penimbunan *overburden*, dan lain lain. 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 kerja Dalam keadaan tidak terganggu (alamiah), batuan atau tanah umumnya berada dalam keadaan stabil atau seimbang. Perubahan kestabilan lereng dapat terjadi akibat pengangkatan, penurunan, penggalian, penimbunan, erosi, atau aktivitas lain disekitar lereng tambang tersebut. Untuk mengatasi perubahan itu, lereng akan berusaha untuk mencapai kondisi stabil yang baru secara alamiah. Cara ini biasanya berupa proses degradasi atau pengurangan beban, terutama dalam longsoran-longsoran atau gerakan-gerakan lain sampai tercapai keadaan kesetimbangan yang baru<sup>[1]</sup>

Berdasarkan pengamatan pada saat melakukan observasi yang telah dilakukan pada akhir agustus 2020 di CV Bara Mitra Kencana, penulis menemukan adanya rekahan dan runtuhannya di badan dan bibir lereng lokasi penambangan lubang BMK 30. CV Bara Mitra Kencana memiliki kondisi batuan yang tergolong lunak (*soft*). Pengamatan di lapangan pada titik BMK 30 didapatkan data tinggi lereng = 24m, kemiringan = 73° dengan penyusunan batuan berupa batupasir, jika terkena oleh air yang jenuh berakibat akan mengurangi daya dukungnya. Saat ini CV. Bara Mitra Kencana belum pernah melakukan kajian geoteknik mengenai kestabilan lereng pada area lereng BMK 30. 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 dapat menyebabkan kerugian nantinya apabila terjadi longsor, seperti kegiatan penambangan yang terganggu, jalan yang tertimbun, mes dan tempat pekerja beristirahat yang terletak tepat di depan lereng BMK 30, lubang tambang yang ditutupi oleh material longsoran, biaya yang akan dikeluarkan untuk membersihkan longsoran, bahkan bisa menyebabkan kerugian korban jiwa.



**Gambar 1. Lereng lubang BMK 30 CV Bara Mitra Kencana**

Oleh karena itu diperlukan kajian analisis kestabilan lereng untuk memperoleh desain lereng yang stabil sehingga kegiatan operasional penambangan dapat berjalan dengan aman. Disini penulis juga menggunakan metode Janbu untuk mencari kemantapan lereng di BMK 30 dikarenakan metode ini dapat membantu untuk mencari faktor keamanan lereng berupa batuan yang terlupakan. Dikarenakan kestabilan lereng yang tidak terkontrol dapat berdampak pada dua faktor sosial atau keselamatan dan faktor ekonomi<sup>[2]</sup>.

## 2. Tinjauan Pustaka

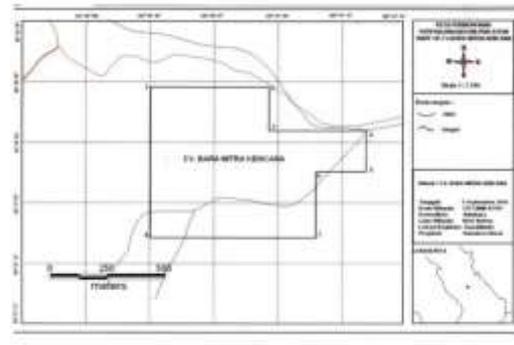
### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi tambang dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat dari Kota Padang dengan jarak tempuh  $\pm 117$  KM ke Kota Sawahlunto (waktu tempuh normal  $\pm 3$  jam) serta menuju ke lokasi tambang dengan jarak tempuh  $\pm 3$  KM. 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). Kemudian CV BMK mengajukan permohonan Penciutan Wilayah Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi CV. Bara Mitra Kencana Nomor 05.106.Perindagkopnaker Tahun 2011 dari semula luasan Wilayah IUP 70,53 Hektar dicitutkan menjadi seluas 49,61 Hektar, dalam rangka kegiatan operasional CV. Bara Mitra Kencana. Secara geografis daerah penambangan tersebut terletak pada koordinat  $100^{\circ} 47' 18,39'' - 100^{\circ} 46' 48,10''$  Bujur Timur (BT) dan  $00^{\circ} 37' 08,22'' - 00^{\circ} 36' 58,36''$  Lintang Selatan (LS). Diatas lahan 49.61 Ha tersebut juga dibangun berbagai fasilitas penunjang kelancaran operasional kegiatan, baik berupa areal tertutup seperti *base camp*, kantor, *workshop* (bengkel), maupun areal terbuka, jalan masuk tambang, dan *overburden*, serta kolam pengendap. Dari eksplorasi diketahui jumlah cadangan sumber daya batubara terdapat pada lahan seluas 49.61 Ha mencapai 1.225.000 Ton. Umur penambangan efektif di proyeksikan akan berlangsung selama sepuluh tahun dengan sistem tambang bawah tanah.



**Gambar 2. Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah Wilayah IUP OP Batubara CV BARA MITRA KENCANA**

Sementara itu peta lokasi IUP OP batubara CV. Bara Mitra Kencana, Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, kecamatan Talawi disajikan pada Gambar 3.



Sumber : CV Bara Mitra Kencana

**Gambar 3. Peta Lokasi Wilayah IUP OP CV. Bara Mitra Kencana**

### 2.2 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<sup>[3]</sup>. Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan atau tanah adalah dengan faktor keamanan.

Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut :

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

Dimana :

F = faktor kestabilan lereng

R = gaya penahan, berupa resultan gaya-gaya yang membuat lereng tetap stabil

F<sub>p</sub> = gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor

Pada keadaan :

FK > 1,25 = longsor jarang terjadi (lereng relative stabil)

- $1,07 < FK < 1,25$  = longsor pernah terjadi (lereng labil)  
 $FK > 1,07$  = longsor sering terjadi (lereng kritis)

### 2.3 Rock Mass Rating

Klasifikasi geomekanika *Rock Mass Rating* (RMR) dikembangkan oleh Bieniawski<sup>[4]</sup>, yang selanjutnya mengalami modifikasi beberapa kali. Batas dari wilayah struktural biasanya serupa dengan ciri struktur utama seperti patahan, *dike*, zona *shear*, dan lain sebagainya

Sistem klasifikasi massa batuan dengan RMR dari Bieniawski (1973) menggunakan enam parameter dasar untuk pengklasifikasian dan evaluasi hasil uji. Keenam parameter tersebut membantu perkiraan lebih lanjut hasil analisis stabilitas sampai permasalahan khusus geomekanika batuan. Keenam parameter yang digunakan untuk menentukan nilai RMR meliputi kuat tekan uniaksial (*uniaxial compressive stress*, UCS), *rock quality designation* (RQD), spasi diskontinuitas, keadaan diskontinuitas, keadaan air tanah dan orientasi diskontinuitas<sup>[5]</sup>.

### 2.4 Klasifikasi Longsoran

Berdasarkan proses longsoranya, longsor batuan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

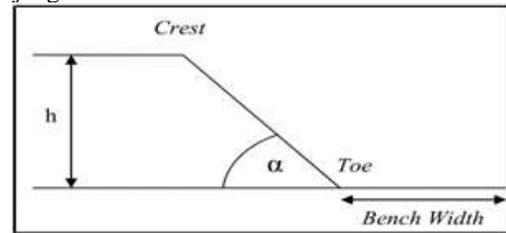
- Longsoran Bidang (*Plane Failure*)  
Longsoran bidang merupakan suatu longsor batuan yang terjadi sepanjang bidang luncur yang dianggap rata..
- Longsoran Baji (*Wedge Failure*)  
Longsoran baji terjadi pada batuan yang mempunyai lebih dari satu bidang lemah atau bidang diskontinu yang bebas, dengan sudut antara kedua bidang tersebut membentuk sudut yang lebih besar dari sudut geser dalamnya.
- Longsoran Guling (*Toppling Failure*)  
Longsoran guling terjadi pada lereng yang terjal pada batuan keras dengan bidang-bidang diskontinu yang hampir tegak atau tegak, dan longsor dapat berbentuk blok atau bertingkat
- Longsoran Busur (*Circular Failure*)  
Jenis longsor ini adalah yang paling umum terjadi di alam (tipikal longsor tanah/*soil*). Pada batuan yang keras, jenis longsor ini hanya dapat terjadi jika batuan tersebut sudah lapuk dan mempunyai bidang-bidang diskontinu yang rapat (*heavily jointed*).

### 2.5 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

#### 2.5.1 Geometri Lereng

Geometri Lereng yang perlu diketahui adalah : Tinggi Lereng, Sudut Kemiringan Lereng, dan Lebar

Jenang.



Gambar 4. Geometri Lereng

#### 2.5.2 Penyebaran Batuan

Adapun sifat fisik dan mekanik yang mempengaruhi kestabilan pada suatu lereng yaitu : Porositas batuan, Kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kohesi dan sudut geser dalam.

### 2.6 Metode Janbu

Merupakan Metode kesetimbangan batas Menganalisis lereng bidang gelincir tidak berbentuk busur lingkaran ( Non Circular ) juga dapat dianalisa menggunakan metode Janbu. Bidang longsor pada analisa metode Janbu ditentukan berdasarkan zona lemahnya yang terdapat pada masa batuan<sup>[5]</sup>. Metode janbu memberikan faktor keamanan yang logis jika diterapkan pada bidang gelincir yang landai (biasanya pada batuan).

### 3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. 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 dilapangan.

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 31 Agustus - 07 September 2020 dan kemudian akan dilanjutkan kegiatan pengambilan data yang dilakukan mulai tanggal 15 Oktober sampai 23 November 2020.

Pengambilan data dilaksanakan di wilayah penambangan CV. Bara Mitra Kencana. Penelitian kemudian dibatasi dan difokuskan pada lereng BMK 30 CV. Bara Mitra Kencana.

Data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Dimana data primer meliputi geometri lereng aktual, sampel batuan untuk uji sifat fisik dan mekanik batuan. Dalam mendapatkan beberapa data primer ini yang pertama melakukan pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan alat berupa meteran untuk mendapatkan lebar lereng, GPS untuk mendapatkan koordinat dan ketinggian lereng, dan kompas untuk mendapatkan nilai kemiringan atau *dip* dari lereng,. Data sekunder merupakan data-data yang disiapkan dan diperoleh dari perusahaan atau sumber lain. Data sekunder bersumber dari laporan penelitian terdahulu dari

perusahaan, brosur perusahaan, dari data instansi yang terkait dan juga dari beberapa literatur, seperti peta topografi, peta geologi, peta lokasi.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Data Penelitian

#### 4.1.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian terletak di area Lereng Lubang BMK 30 CV Bara Mitra Kencana dilakukan pada titik koordinat seperti pada tabel 1, yang merupakan titik lokasi penelitian, sedangkan lokasi penelitian terlihat pada Gambar 5.

**Tabel 1. Koordinat Lokasi Penelitian**

No	Titik	Koordinat	
		X	Y
1	A	06987,14	993176,2



**Gambar 5. 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 pasir (*sandstone*).

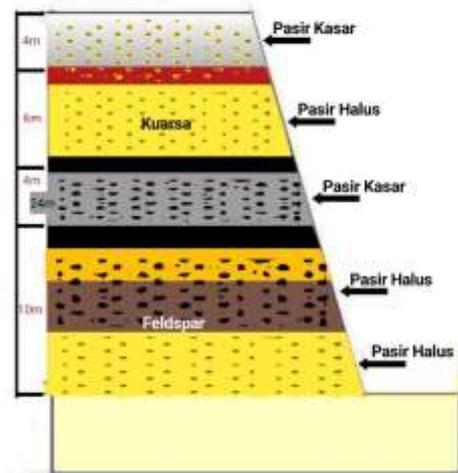
#### 4.1.2 Kondisi Lereng

Penelitian dilakukan pada area Lubang BMK 30 CV Bara Mitra Kencana terletak pada elevasi 344 mdpl sampai elevasi 311. Secara umum lapisan penyusun lereng relative mengikuti kemiringan batu bara dengan nilai *strike* dan *dip* rata-rata adalah N 82° E/73°.

Pada *area* Lubang BMK 30 CV Bara Mitra Kencana secara umum lapisan penyusun lereng terdiri dari batuan pasir ( *sandstone* ). Pada lokasi lereng tersebut belum pernah mengalami longsor. Melihat keadaan lereng yang tinggi dan memiliki kemiringan yang lumayan curam memungkinkan terjadinya longsor yang membahayakan para pekerja,mes peristirahatan yang terdapat di bawah lereng dan terdapat tunnel BMK 30 yang sedang beroperasi.



**Gambar 6. Kondisi Lereng Lokasi Penelitian**



**Gambar 7. Kondisi Lereng Lokasi Penelitian 2 Dimensi**

Pemodelan lereng tambang yang akan dianalisis dengan memasukan faktor-faktor geometri, jenis batuan, batas dan bidang diskontuinitas, sifat fisik dan mekanik batuan, tegangan insitu, pembebanan dan kondisi batas, sehingga dapat menggambarkan dan mewakili keadaan lereng tambang mendekati keadaan sebenarnya dilapangan.

### 4.2 Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan yang digunakan pada penelitian ini adalah klasifikasi *Rock Mass Rating (RMR)*. Dalam penerapannya klasifikasi ini membutuhkan bebrapa parameter yang telah diketahui berapa jumlah bobot yang dijumlahkan sehingga total bobot tersebut dapat menentukan kelas massa batuan berdasarkan teori Bieniawski. Parameter *rock mass rating* yang digunakan sebagai parameter berdasarkan tabel Bieniawski (1989) adalah:

#### 4.2.1 Kuat Tekan (*point load indeks*)

Hasil dari perhitungan *point load indeks* merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam tabel Bieniawski. Hasil rata-rata uji *point load indeks* dari 3

sampel batuan *sandstone* yaitu bernilai 1,5 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 32,36 MPa. Hal ini sejalan dengan teoritis yang menyatakan bahwa nilai *point load indeks* untuk jenis batu sedimen *sandstone* berkisar antara 1-8 Mpa dan *uniaxial compressive strength* berkisar antara 20 – 170 Mpa.

Jika di input kedalam Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) maka diperoleh bobot sebesar 4.

4.2.2 RQD

RQD merupakan suatu penandaan atau peneilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan kekar. Perhitungan RQD bisa didapat dari perhitungan langsung dari singkapan yang mengalami rekahan-rekahan

$$RQD = 100 (0,1 \lambda + 1) e^{-\lambda}$$

$\lambda$  = jumlah kekar/panjang *scanline*

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  $\lambda$  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 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai RQD

No	Rata-rata spasi /m	$\lambda$	RQD (%)
0-1 m	0,33	3,00	96,31
1m-2m	0,42	2,40	97,54
2m-3m	0,75	1,33	99,19
3m-4m	0,36	2,78	96,79
4m-5m	0,19	5,26	90,17
5m-6m	0,62	1,61	98,83
6m-7m	0,63	1,58	98,88
7m-8m	0,45	2,22	97,87
8m-9m	0,39	2,55	97,26
9m-10m	0,50	2,02	98,22
Rata-Rata			97,10

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data RQD yang dilakukan di input kedalam Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diperoleh hasil pembobotan RQD sebesar 20.

4.2.3 Spasi discontinuitas

*Spasi* merupakan jarak antara bidang lemah dengan arah tegak lurus terhadap bidang lemah tersebut. *Spasi* bidang *diskontinuitas* dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Spasi Bidang Diskontinuitas

Jarak		Frekuensi	Rata Rata Spasi/m
Dari (m)	Ke (m)		
0	1	3	0,33
1	2	4	0,42
2	3	2	0,75
3	4	3	0,36
4	5	3	0,19
5	6	4	0,62
6	7	3	0,63
7	8	2	0,45
8	9	3	0,39
9	10	3	0,5
Rata-Rata spasi			0,464

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data *spasi diskontinuitas* yang telah dilakukan maka diperoleh rata-rata antar kekar pada lereng sebesar 0,464 m atau 46,4 cm. Jika di input ke Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diperoleh bobot sebesar 10

4.2.4 Kondisi diskontinuitas

4.2.4.1 Kekerasan

Kekerasan permukaan bidang diskontinu merupakan parameter yang penting untuk menentukan kondisi bidang diskontinu. Suatu permukaan yang kasar akan dapat mencegah terjadinya pergeseran antar kedua bidang diskontinu. Dari hasil pengukuran kekar yang telah dilakukan diperoleh informasi bahwa tingkat kekerasan bidang diskontinuitas berada pada kelas agak kasar, jika di input kedalam Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diberi bobot 3.

Tabel 4. Data Kondisi Bidang Diskontinui Kekerasan

Jarak		Joint Frekuensi
Dari (m)	Ke (m)	
		Kekerasan
0	1	agak kasar
1	2	agak kasar
2	3	agak kasar
3	4	agak kasar
4	5	agak kasar
5	6	agak kasar
6	7	agak kasar
7	8	agak kasar
8	9	agak kasar
9	10	agak kasar
Bobot		3

4.2.4.2 Kemenerusan

Merupakan panjang dari suatu bidang *diskontinuitas* yang menjadi titik-titik bidang lemah dari suatu lereng. Disepanjang kemenerusan bidang diskontinuitas ini terdapat kekar. Dari hasil pengukuran kekar yang telah dilakukan diperoleh

informasi bahwa pada lokasi penelitian memiliki panjang rata-rata 0,591 m, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa rata-rata kemenerusan < 1 m jika di input kedalam Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diberi bobot 6.

**Tabel 5. Data Kondisi Bidang Diskontiniu Kemenerusan**

Jarak		Joint Frekuensi
Dari (m)	Ke (m)	Lebar Rongga
0	1	0,53
1	2	0,3
2	3	0,3
3	4	0,7
4	5	0,3
5	6	0,2
6	7	0,2
7	8	0,3
8	9	0,3
9	10	0,16
Rata-Rata		0,329
Bobot		4

4.2.4.3 Lebar Rongga

Lebar rongga merupakan jarak antara kedua permukaan bidang *diskontinuitas*. Jarak ini biasanya diisi oleh material lainnya atau bisa juga diisi oleh air. Makin besar jarak antar bidang diskontinu maka makin lemah bidang diskontinuitas tersebut. Lebar rongga dapat kita lihat di sepanjang bidang *diskontinuitas* atau di kemenerusan kekar. Dari hasil pengukuran kekar yang telah dilakukan diperoleh informasi bahwa pada lokasi penelitian memiliki lebar bukaan sedang dengan rata-rata 0,329 mm yang berkisar antara 0,1-1 mm, jika di input kedalam Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diberi bobot 4.

**Tabel 6. Data Kondisi Bidang Diskontiniu Lebar Rongga**

Jarak		Joint Frekuensi	Ket
Dari (m)	Ke (m)	Panjang Diskontinuitas (m)	
0	1	0,823	< 1 m
1	2	0,173	< 1 m
2	3	0,461	< 1 m
3	4	0,616	< 1 m
4	5	0,486	< 1 m
5	6	1,25	> 1 m
6	7	0,496	< 1 m
7	8	0,206	< 1 m
8	9	0,532	< 1 m
9	10	0,874	< 1 m
Rata-Rata		0,591	< 1 m
Bobot		6	

4.2.4.4 Tingkat Pelapukan

Tingkat pelapukan menunjukkan derajat pelapukan bidang *diskontinuitas*. Biasanya tingkat pelapukan

ini terjadi akibat adanya pengaruh dari air, suhu, dan cuaca. Berdasarkan data yang diperoleh pada lokasi penelitian, pelapukan batuan tergolong cukup lapuk (*moderately weather*), jika di input kedalam Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diberi bobot 3.



**Gambar 8. Kondisi Batuan pada Lereng saat Pengamatan**

4.2.4.5 Material Pengisi

Material pengisi antara dua bidang diskontinu ini dapat mempengaruhi stabilitas bidang diskontiniu. Material pengisi kekar ini biasanya di isi oleh material itu sendiri atau dari material lain. Untuk isian (*gouge*) saat pengujian dilapangan tidak terdapat pengisi pada rongga, jika di input kedalam Tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diberi bobot 6.

Berdasarkan hasil pengambilan data kekar dan pengolahan sebelumnya dapat disimpulkan secara keseluruhan pada tabel 7, dimana data di input dari tabel-tabel parameter kondisi *discontinuitas*.

**Tabel 7. Kondisi Bidang Diskontiniu**

Jarak		Joint Frekuensi				
Dari (m)	Ke (m)	Panjang Diskontinuitas	Lebar Rongga	Kekerasan	Isian	Pelapukan
0	1	<1 m	0,53	Agak Kasar	None	Moderately weathered
1	2	<1 m	0,3	Agak Kasar	None	Moderately weathered
2	3	<1 m	0,3	Agak Kasar	None	Moderately weathered
3	4	<1 m	0,7	Agak Kasar	None	Moderately weathered
4	5	<1 m	0,3	Agak Kasar	None	Moderately weathered
5	6	<1 m	0,2	Agak Kasar	None	Moderately weathered
6	7	<1 m	0,2	Agak Kasar	None	Moderately weathered
7	8	<1 m	0,3	Agak Kasar	None	Moderately weathered
8	9	<1 m	0,3	Agak Kasar	None	Moderately weathered
9	10	<1 m	0,16	Agak Kasar	None	Moderately weathered
Bobot		6	4	3	6	3

4.2.5 Kondisi air tanah

Debit aliran air tanah atau tekanan air tanah akan mempengaruhi kekuatan massa batuan. Berdasarkan pengamatan secara visual di area penelitian didapat

hasil kondisi air tanah pada lereng digolongkan kepada kondisi lembab.

Apabila hasil pengamatan ini di input ke Tabel *rock mass rating system* (Bieniawski, 1989) di dapat hasil pembobotan muka air tanah yaitu sebesar 10.

4.2.6 Orientasi discontinuitas

Orientasi *discontinuitas* merupakan *strike* atau *dips discontinuitas (dips/dips direction)*. 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 N178°E dengan nilai *dips* rata-rata 68°, 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 8 berikut:

**Tabel 8. Klasifikasi Kelas Massa Batuan berdasarkan RMR-Sistem (Bieniawski, 1989)**

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

Berdasarkan hasil perhitungan klasifikasi massa batuan diatas maka diketahui nilai *rock mass rating (RMR)* di area kajian yakni sebesar 66 . Berikut adalah arti dari nilai *rock mass rating (RMR)* tersebut:

**Tabel 9. Nilai Kelas Batuan**

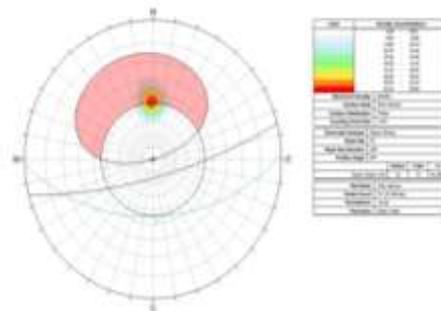
Parameter Klasifikasi RMR Sistem			
No	Parameter	Rating	
1	<i>Point Load Indeks</i>	4	
2	RQD	20	
3	<i>Spasi Discontinuitas</i>	10	
4	Kondisi Bidang <i>Discontinuitas</i>	Kekerasan	3
		Kemenerusan	6
		Lebar Rongga	4
		Tingkat Pelapukan	3
		Material Pengisi	6
5	Muka Air Tanah	10	
6	<i>strike dan Dip Of Joint Set</i>	0	
Total Rating		66	
Nomor Kelas Massa Batuan		II	

4.3 Pengolahan Data Kekar

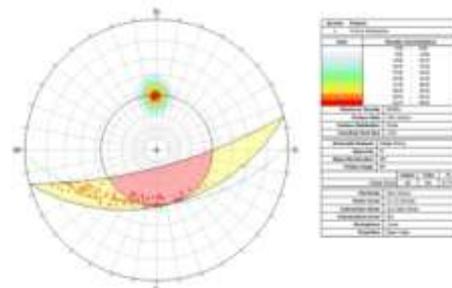
Setelah data bidang *discontinuitas* yang telah diambil dari hasil pengamatan dilapangan berupa *strike*, *dip*, *dip direction* serta kondisi bidang *diskontinu* menggunakan metode *scanline* maka selanjutnya adalah melakukan pengolahan data

dengan menggunakan perangkat lunak *Stereonets Dips* untuk melihat orientasi penyebaran bidang *diskontinuitas* pada *stereonets*. Pengamatan lereng dilokasi penelitian menggunakan *scanline point station* sehingga mendapat model dan arah longoran pada bidang *scanline point station* tersebut. Untuk menentukan pola set *diskontinuitasnya* dilakukan berdasarkan penyebaran orientasi bidang *diskontinu* pada bidang *stereonet*. Bidang-bidang *diskontinu* yang membentuk satu kelompok dikelompokkan dalam satu set bidang *diskontinu*. Kemudian dilakukan pengeplotan kedudukan set *diskontinuitasnya*, orientasi lereng berupa *dip* dan *dip directionnya* serta sudut geser dalamnya pada *stereonet* .Maka dari hasil pengeplotan tersebut nantinya dapat diketahui potensi potensi longoran paada masing-masing *scanline* dengan *carapoint station* berdasarkan kriteria pola utama longoran yang dikemukakan Hoek dan Bray pada tahun 1981.

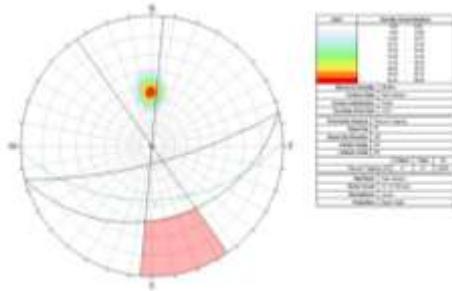
Dari pengamatan dan pengukuran bidang *diskontinu* terhadap *scanline* dengan *point station* dapat diketahui bahwa kedudukan lereng pengamatan adalah N 82°E/73° . Setelah seluruh data kekar diambil maka dilakukan proses pengelompokan data kekar dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Stereonets* dan *Dips*. Untuk mendapatkan set *diskontinuitas* pada kekar, berikut ditampilkan pada gambar 9.



**Gambar 9. Hasil Plot Diskontinuitas Sclanline Planar Sliding ( No Limits )**



**Gambar 10. Hasil Plot Diskontinuitas Sclanline Wedge Sliding**



Gambar 11. Hasil Plot Diskontinuitas Sclanline Flexural Toppling

Tabel 10. Hasil Plot Diskontinuitas

Hasil Plot Discontinuitas	
Longsor	Stereonet Dips
Planar Sliding (No Limits)	61,29%
Wedge Sliding	27,77%
Flexural Toppling	0,00%

4.4 Pemodelan Lereng

Pengambilan data dilakukan di Lubang BMK 30 CV Bara Mitra Kencana dimaksudkan untuk mengetahui kemantapan lereng yang didesain berdasarkan data parameter geoteknik dari hasil *measuring* stratigrafi untuk mendapatkan lithologi lereng tersebut.

Selanjutnya dari masing-masing sampel dilakukan analisa dan pengujian laboratorium geoteknik untuk mendapatkan sifat fisik dan sifat mekanik dari batuan di daerah penelitian yang akan digunakan sebagai parameter geoteknik. Parameter yang di dapat dari hasil pengujian laboratorium geoteknik berupa nilai bobot isi tanah atau batuan ( $\gamma_n$ ) dengan satuan  $gr/cm^3$ , nilai kohesi (c) dari batuan dengan satuan (MPa), sudut geser dalam (dengan satuan derajat ( $^{\circ}$ )) dan nilai kuat tekan *Point Load Test*. Nilai kohesi dan sudut geser dalam didapat dari *Direct Shear Strength*. Sifat fisik dan mekanik dari batuan didapatkan dengan pengujianlaboratorium. Pengujiandilakukan di Laboratorium Mekanika Batuan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Kemudian juga dilakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian Lubang BMK 30 CV Bara Mitra Kencana untuk menentukan kondisi-kondisi bidang diskontinu secara langsung dari lereng yang telah dibuat untuk kegiatan penambangan. Parameter yang diamati secara langsung dilapangan adalah arah orientasi lereng yang dibentuk atau *strike* dan *dip* lereng, nilai dari *strike* dan *dip* bidang diskontinu, nilai spasi dari bidang diskontinu, kondisi air tanah, kekerasan dari bidang diskontinu (*roughness*), isian dari bidang diskontinu (*gouge*), ada atau tidaknya bukaan pada bidang diskontinu (*aperture*), kondisi pelapukan (*weathered*). Pembuatan pemodelan

lereng dibuat berdasarkan pengamatan langsung pada singkapan atau badan lereng yang telah terbuka, dimana secara umum lapisan penyusun lereng relatif mengikuti kemiringan batubara dengan nilai *stiker* dan *dip* rata-rata adalah  $N 82^{\circ}E/73^{\circ}$ .

Setelah semua parameter-parameter didapat baik itu parameter seperti dari hasil geometri lereng dan hasil dari pengujian laboratorium geoteknik serta data lapangan maka dilakukan pengolahan statistik untuk menentukan nilai rata-rata, nilai tengah, nilai maksimal dan minimal untuk tiap-tiap parameter dengan nilai *confident level* sebesar 85% yang dimaksudkan untuk mengeliminasi nilai statistik di luar nilai-nilai dalam satu set data yang terlalu besar atau terlalu kecil, nilai tersebut mungkin terjadi dikarenakan adanya gangguan gangguan dari luar danmungkin juga karena faktor kesalahan manusia sehingga dapat merusak populasi data.

4.5 Parameter Pengujian Laboratorium Geoteknik

Pengujian laboraorium geoteknik meliputi banyak pengujian diantaranya adalah *direct shear strength test* dan *point load test* untuk pengujian mekanik batuan untuk mendapatkan nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam batuan serta untuk mendapatkan nilai kuat tekan batuan utuh sedangkan untuk pengujian sifat fisik batuan didapat nilai indeks plastisitas, nilai bobot isi batuan dan nilai permeabilitas dari batuan tersebut.

4.5.1 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*). Hasil pengujian bobot isi ditunjukkan oleh tabel 11 di bawah ini.

Tabel 11. Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

No. Sampel	$W_n$	$W_w$	$W_s$	$W_o$	bobot isi asli	bobot isi kering	bobot isi jenuh
	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	( $gr/cm^3$ )	( $gr/cm^3$ )	( $gr/cm^3$ )
1	19,35	20,36	12,09	17,13	2,339	2,071	2,461
2	19,28	20,27	11,91	17,67	2,306	2,113	2,424
3	18,74	20,71	12,57	17,57	2,302	2,158	2,544
Rata-rata					2,316	2,114	2,476

Analisis sampel batuan :

Sampel 1 :

a. Bobot isi asli

$$\frac{W_n}{W_w - W_s} = \frac{19,35 \text{ gr}}{20,36 - 12,09 \text{ gr}} = 2,339 \text{ gr/cm}^3$$

b. Bobot isi jenuh

$$\frac{W_w}{W_w - W_s} = \frac{20,36 \text{ gr}}{20,36 - 12,09 \text{ gr}} = 2,461 \text{ gr/cm}^3$$

c. Bobot isi kering

$$\frac{W_o}{W_w - W_s} = \frac{17,13 \text{ gr}}{20,36 - 12,09 \text{ gr}} = 2,071 \text{ gr/cm}^3$$

Bedasarkan Website Densities of Sedimentary Rocks kekuatan batuan Sandstone berkisar 1,61 – 2,76.

4.5.2 Pengujian Sifat Mekanik Batuan

4.5.2.1 Pengujian Point Load index

Pada pengujian *point load index* batuan yang dilakukan di laboratorium teknik pertambangan Universitas Negeri Padang didapatkan data berupa diameter sampel batuan (D) dan nilai konus bawah yang dibaca pada alat (P). Lalu untuk mendapatkan parameter lainnya, maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Mencari nilai gaya (F)

Untuk mencari nilai F pada pengujian *point load indeks* maka digunakan rumus  $F = (\frac{D}{50})0,45$  untuk sampel berukuran dengan satuan diameter (mm) dan  $F = (\frac{D}{5})0,45$  untuk sampel berukuran dengan satuan diameter (cm).

2. Mencari nilai *index strenght* (Is)

Untuk mendapatkan nilai *index strength* (Is) batuan, dapat menggunakan rumus  $Is = F (\frac{P}{D^2})$ .

3. Mencari nilai kuat tekan ( $\sigma_c$ )

Untuk mendapatkan nilai tekan ( $\sigma_c$ ) dari batuan dapat menggunakan persamaan  $23 \times Is$ .

Pengujian Point Load index dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan ( $\sigma_c$ ) dari material. Berdasarkan hasil rata-rata uji *point load* dari 3 sampel batuan *sandstone* didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 32,367 MPa.

Tabel 12. Hasil Uji Point Load Index

No	Parameter				
	D (cm)	F	P (Kg)	Is (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Sigma c$ (Mpa)
1	2,7	0,76	139,6	14,512	32,711
2	2,9	0,78	152,6	14,2	32,008
3	2,7	0,76	138,2	14,367	32,383
rata-rata				14,3596	32,3673

Analisis PLI Mencari nilai Gaya F :

a. Sampel 1

$$F = (\frac{D}{50})0,45$$

$$F = (\frac{2,7}{50})0,45$$

$$F = 0,76$$

b. Sampel 2

$$F = (\frac{D}{50})0,45$$

$$F = (\frac{2,9}{50})0,45$$

$$F = 0,78$$

c. Sampel 3

$$F = (\frac{D}{50})0,45$$

$$F = (\frac{2,7}{50})0,45$$

$$F = 0,76$$

Analisis PLI Mencari Is :

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 0,098 \text{ mPa}$$

a. Sampel 1

$$Is = F (\frac{P}{D^2})$$

$$Is = 0,76 (\frac{139,6}{2,7^2})$$

$$Is = 14,51 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,098$$

$$Is = 1,42 \text{ mPa}$$

b. Sampel 2

$$Is = F (\frac{P}{D^2})$$

$$Is = 0,78 (\frac{152,6}{2,9^2})$$

$$Is = 14,20 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,098$$

$$Is = 1,39 \text{ mPa}$$

c. Sampel 3

$$Is = F (\frac{P}{D^2})$$

$$Is = 0,75 (\frac{138,2}{2,7^2})$$

$$Is = 14,37 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,098$$

$$Is = 1,41 \text{ mPa}$$

4.5.2.2 Pengujian Kuat Geser Batuan

Pengujian kuat geser langsung ditujukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dalam bentuk nilai puncak (*peak*) dan residual. Dalam penelitian ini penulis melakukan pengujian kuat geser batuan sebanyak 3 buah sampel. Dalam hasil bacaan alat uji geser dapat dilihat pada tabel 13 di bawah ini :

Tabel 13. Hasil Bacaan Alat Kuat Geser Langsung

Sampel 1		
Beban Normal	1 Ks	
Panjang	7,5	
Lebar	3,4	
Kondisi	Perubahan Geser (mm)	Gaya Geser (KN)
	Maju	1
2		0,5
3		0,6
4		0,7
5		0,8
6		0,8
7		0,9
8		1
9		1,1
Mundur	9	0,5
	8	0,6
	7	0,7
	6	0,7
	5	0,7
	4	0,8
	3	0,9
	2	0,9
	1	1

Didapatkan pembacaan alat uji kuat langsung dengan nilai gaya geser selama mundur. Maka nilai yang akan diperoleh dalam perhitungan hanya mendapatkan nilai tegangan residu dari sampel tersebut. Maka proses perhitungan bisa dilihat sebagai berikut :

1. Tegangan Normal

Untuk mendapatkan hasil tegangan normal bisa dengan cara mengkalikan antara beban normal yang diberikan diawal pengukuran dengan luas dari sampel batuan.

$$\begin{aligned} \text{Luas Sampel} &= 38,07 \text{ cm}^2 \\ \text{Beban Normal} &= 1 \text{ Kn} \times 38,07 \text{ cm}^2 \\ \text{Beban Normal} &= 101,97 \text{ Kg} \\ \text{Tegangan Normal} &= \frac{\text{Beban Normal}}{\text{Luas}} \\ &= \frac{101,97}{38,07} \\ &= 2,687 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,098 \\ &= 0,262 \text{ mPa} \end{aligned}$$

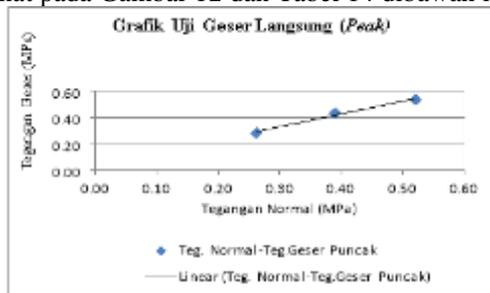
2. Gaya Geser (Sr)

Nilai Gaya yang diperoleh dari bacaan alat uji geser langsung ini merupakan nilai rata-rata antara nilai gaya geser dalam keadaan maju dengan nilai gaya geser dalam keadaan mundur. Nilai gaya geser dalam keadaan maju diperoleh dalam bacaan yaitu 0,8 Kn yang dikonferensikan ke Kilogram bernilai 81,576 Kg. Untuk nilai gaya geser dalam keadaan mundur dari bacaan alat 0,7 Kn jika dikonferensikan ke Kilogram bernilai 71,379 Kg. Untuk nilai tegangan geser residual dari batuan tersebut bisa menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Geser Residual} &= \frac{\text{Nilai Gaya Geser (kg)}}{\text{Luas Sampel}} \\ &= \frac{75 \text{ Kg}}{38,07 \text{ cm}^2} \\ &= 1,97 \text{ kg/cm}^2 \times 0,098 \\ &= 0,193 \text{ mPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Geser Puncak} &= \frac{\text{Nilai Gaya paling Tinggi}}{\text{Luas Sampel}} \\ &= \frac{110,765}{38,07} \\ &= 2,90 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,098 \\ &= 0,285 \text{ mPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat geser langsung dapat dilihat pada Gambar 12 dan Tabel 14 dibawah ini :



Gambar 12. Grafik Hasil Uji Kuat Geser

Tabel 14. Hasil Uji Kuat Geser

No. Sampel	Tegangan Normal (σn) (kg/cm)	Tegangan Geser Residual (σR)	Tegangan Geser Puncak (σP)
1	0,262	0,193	0,285
2	0,390	0,357	0,434
3	0,521	0,434	0,536

Tabel 15. Hasil Pengolahan Uji Kuat Geser

Tegangan Geser	Kohesi (Mpa)	Sudut Geser Dalam (°)
Puncak	39	44,08

Analisis Hasil Pengolahan Uji Kuat Geser

$$\begin{aligned} \text{Kohesi (c)} &= y = 0,9684 x + 0,0397 \\ &= 0,397 \text{ kg/cm}^2 \times 0,098 \\ &= 0,0398 \text{ MPa} \times 1000 \\ &= 39 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\text{Sudut geser dalam} = \text{Tan}^{-1} .0,9684 = 44,080^\circ$$

4.6 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 material adalah nilai rata-rata yang didapatkan dari hasil pengujian laboratorium. Untuk parameter kohesi dan sudut geser dalam digunakan nilai puncak dari hasil pengujian.

Tabel 16. Input Data Properties Material

Lithology	Bobot Isi Asli (KNm <sup>3</sup> )	Bobot Isi Jenuh (KNm <sup>3</sup> )	Bobot Isi Kering (KNm <sup>3</sup> )	Kohesi (KNm <sup>-2</sup> )	Friction Angle (°)
Sandstone	22.65	24.22	20.69	39	44.08

Sumber : Pengujian laboratorium penulis

4.7 Analisis Kestabilan Lereng

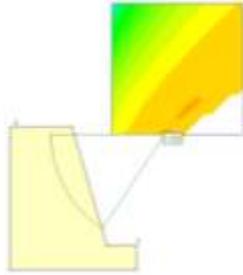
Analisis kestabilan lereng merupakan suatu perhitungan untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial yaitu dengan cara menghitung besarnya pengaruh pergeseran pada batuan. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode kesetimbangan batas yaitu metode *Janbu Simplified* dimana penggambaran disajikan dalam bentuk tabel atau grafik. Serta penyelesaian perhitungan dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (*software Roscience Slide*). Nilai Faktor Keamanan Statis Minimum berdasarkan pada Kepmen ESDM No. 1827 Tahun 2018 untuk menilai stabilitas model lereng tunggal (*Single slope*) yang dapat diterima ialah (FK) ≥ 1,25. Untuk mendapatkan rancangan lereng yang optimum, lereng dianalisis dengan target FK >1,25 dengan pemilihan tinggi lereng utamanya dipengaruhi oleh kemampuan alat gali yang akan digunakan. Untuk tambang terbuka skala besar, tinggi lereng yang umum dipilih adalah 10–18 m, dengan tinggi tgbaling umum 15 m (Read & Stacey, 2009: 239, Hustrulid et al. 2001: 27 dalam Edi Setiawan 2016 ).

4.7.1 Lereng Aktual

Berdasarkan proses pengambilan data lapangan diperoleh hasil dari geometri lereng aktual yaitu dengan ketinggian lereng 24 m dan kemiringan lereng 73°.

4.7.1.1 Lereng Keadaan Asli

Keadaan faktor keamanan lereng aktual dapat dilihat pada gambar 13 berikut :



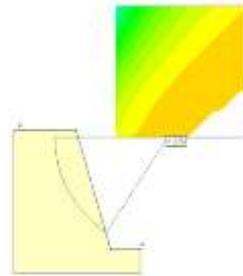
Sumber : Software Slide 6.0 Penulis

**Gambar 13. Faktor Keamanan Lereng Aktual**

Berdasarkan pengambilan data pada 18 Januari 2021 diketahui faktor keamanan (FK) lereng secara aktual tersebut menunjukkan lereng dalam keadaan tidak aman. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Software slide 6.0* diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dalam kondisi aktual yaitu 1,222.

4.7.1.2 Lereng Keadaan Kering

Faktor keamanan lereng pada saat keadaan kering bisa dilihat pada gambar 14 dibawah ini.

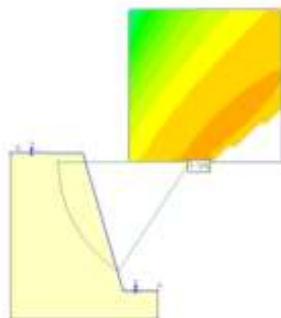


**Gambar 14. Faktor Keamanan Lereng Aktual Keadaan Kering**

Berdasarkan analisis menggunakan *Software slide 6.0* diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dalam kondisi kering yaitu 1,276.

4.7.1.3 Lereng Keadaan Jenuh

Faktor keamanan lereng pada saat keadaan kering bisa dilihat pada gambar 15 dibawah ini.



**Gambar 15. Faktor Keamanan Lereng Jenuh**

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Software slide 6.0* diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dalam kondisi jenuh yaitu 1,175. Melihat dari ketiga keadaan lereng ini, diperlukan adanya perbaikan pada geometri lereng agar faktor keamanan dari lereng bisa berada pada keadaan yang aman. Maka ketiga hasil Faktor Keamanan (FK) dari masing-masing kondisi lereng dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 18. Faktor Keamanan Lereng Aktual 73°**

Lereng Aktual 73°	
Keadaan	Nilai FK
Asli	1,222
Kering	1,276
Jenuh	1,175

4.7.2 Lereng Rekomendasi

Analisis kestabilan lereng pada area penelitian diperlukan agar keadaan dari lereng tersebut menjadi aman. Maka dilakukanlah analisis kestabilan lereng dengan bantuan *software slide 6.0* menggunakan metode *janbu simplified* untuk mempermudah perhitungan faktor keamanan (FK) dari lereng tersebut.

Oleh karena itu, penulis akan melakukan modifikasi atau perubahan pada geometri lereng. Sudut lereng yang aman untuk tinggi lereng tertentu dipengaruhi oleh karakteristik material penyusun lereng.

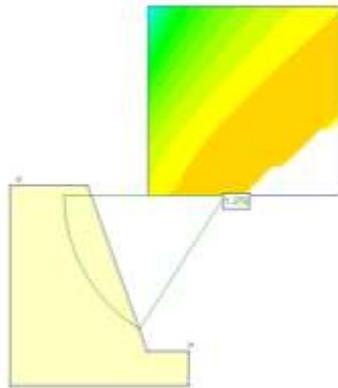
4.7.2.1 Lereng Rekomendasi Menggunakan 1 Single Slope

Berdasarkan modifikasi geometri lereng tambang yang dilakukan dalam keadaan jenuh berdasarkan hasil analisis *software slide 6.0* didapat hasil tinggi lereng 24 m dan kemiringan lereng menjadi 69° lalu diterapkan ke semua keadaan lereng, seperti lereng dalam keadaan asli 71°, lereng dalam keadaan kering 76°, dan lereng dalam keadaan jenuh 69° .

Alasan mengapa penulis mengambil kemiringan pada lereng menjadi 69°, karena FK yang paling mendekati aman ( $FK \geq 1,25$ ) yaitu dengan kemiringan 69°, lalu perbandingan ini hanya diambil pada lereng jenuh, karena pada lereng jenuhlah FK terendah berada dibanding lereng pada kondisi asli, dan lereng pada kondisi aktual, perbandingannya dapat dilihat pada tabel 19 berdasarkan hasil analisis *software slide 6.0*

Rekomendasi untuk lereng tunggal pada saat dalam kondisi asli untuk nilai FK aman dengan tinggi lereng tunggal 24 meter dan sudut sebesar 71° dapat dilihat pada gambar 16 berikut.

4.7.2.1.1 Lereng Keadaan Asli



Sumber : Software Slide 6.0 Penulis  
**Gambar 16. Modifikasi, FK Lereng dengan 1 Single Slope Keadaan Asli**

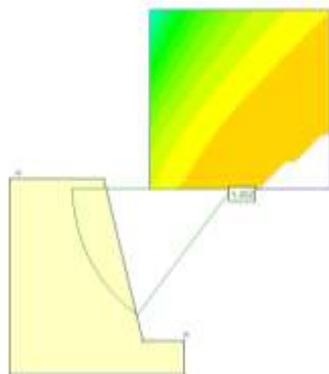
**Tabel 19. Data Percobaan Kemiringan Rekomendasi Lereng Asli**

Lereng Modifikasi kondisi asli			
kemiringan (°)	Ketinggian (m)	Lebar (m)	FK
65	24	12.4	1,373
66	24	12.4	1,353
67	24	12.4	1,335
68	24	12.4	1,319
69	24	12.4	1,302
70	24	12.4	1,288
71	24	12.4	1,270
72	24	12.4	1,245
73	24	12.4	1,222
74	24	12.4	1,213
75	24	12.4	1,201

Berdasarkan modifikasi geometri lereng tambang yang dilakukan dalam keadaan aktual berdasarkan hasil analisis software *slide 6.0* didapat hasil faktor keamanan (FK) 1,270 dengan tinggi lereng 24 dan kemiringan lereng menjadi 71° maka keadaan lereng tambang menjadi aman.

4.7.2.1.2 Lereng Keadaan Kering

Rekomendasi untuk lereng tunggal dalam kondisi kering untuk mendapatkan nilai FK aman dengan tinggi lereng 24 meter dan sudut sebesar 76° dan hasil input data didapatkan nilai FK 1,252 seperti pada gambar 17 berikut.



Sumber. Software Slide 6.0 Penulis  
**Gambar 17. Modifikasi FK Lereng dengan 1 Single Slope Keadaan Kering**

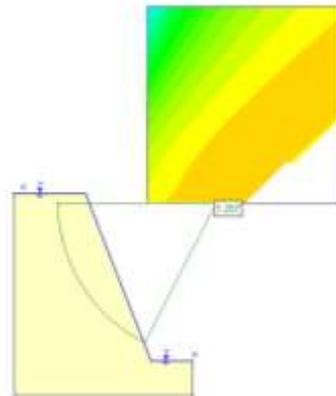
**Tabel 20. Data Percobaan Kemiringan Rekomendasi Lereng Kering**

Lereng Modifikasi kondisi kering			
kemiringan (°)	Ketinggian (m)	Lebar (m)	FK
65	24	12.4	1,428
66	24	12.4	1,413
67	24	12.4	1,38
68	24	12.4	1,374
69	24	12.4	1,355
70	24	12.4	1,341
71	24	12.4	1,325
72	24	12.4	1,309
73	24	12.4	1,289
74	24	12.4	1,28
75	24	12.4	1,267
76	24	12.4	1,252

Berdasarkan modifikasi geometri lereng tambang yang dilakukan dalam keadaan kering berdasarkan hasil analisis *software slide 6.0* didapat hasil tinggi lereng 24 m dan kemiringan lereng menjadi 76°.

4.7.2.1.3 Lereng Keadaan Jenuh

Rekomendasi untuk lereng tunggal dalam kondisi jenuh untuk mendapatkan nilai FK aman dengan tinggi lereng 24 meter dan sudut sebesar 69° dan hasil input data didapatkan nilai FK 1,257 seperti pada gambar 18 berikut.



**Gambar 18. Modifikasi FK Lereng dengan 1 Single Slope Keadaan Jenuh**

**Tabel 21. Data Percobaan Kemiringan Rekomendasi Lereng Jenuh**

Lereng Modifikasi kondisi jenuh			
kemiringan (°)	Ketinggian (m)	Lebar (m)	FK
65	24	12.4	1,326
66	24	12.4	1,306
67	24	12.4	1,289
68	24	12.4	1,273
69	24	12.4	1,257
70	24	12.4	1,239
71	24	12.4	1,215
72	24	12.4	1,191
73	24	12.5	1,175
74	24	12.6	1,16
75	24	12.7	1,159

Bedasarkan ketiga hasil Faktor Keamanan (FK) dari masing-masing kondisi lereng dapat dilihat pada tabel 22 berikut.

**Tabel 22. Nilai Faktor Keamanan Lereng Modifikasi**

Lereng Modifikasi (°)	
Keadaan dan kemiringan	Nilai FK
Asli 71°	1,270
Kering 76°	1,252
Jenuh 69°	1,257

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

- Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik material batuan
  - Pengujian sifat fisik
    - Nilai rata-rata bobot isi asli yaitu sebesar 22,65 kN/m<sup>2</sup>
    - Nilai rata-rata bobot isi jenuh yaitu sebesar 24,22 kN/m<sup>2</sup>
    - Nilai rata-rata bobot isi kering yaitu sebesar 20,69 kN/m<sup>2</sup>
  - Pengujian sifat mekanik
    - Nilai  $\sigma_c$  adalah 32,367 Mpa.
    - Nilai kohesi (c) adalah 39
    - Nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) adalah 44,08°.
- Bedasarkan 6 parameter klasifikasi massa batuan dengan metode RMR, maka didapatkan nilai pembobotan 66 dan batuan ini digolongkan pada kelas II dengan kualitas batuan baik.
- Potensi longsoran yang mungkin akan terjadi berdasarkan arah *strike* dan *dip* bidang discontinui menunjukkan adanya potensi longsoran bidang dengan persentase kemungkinan 61,29%
- Hasil rekomendasi lereng berupa:
  - Rekomendasi lereng dalam keadaan natural dengan ketinggian 24 m dan kemiringan lereng 71°, maka didapatkan nilai FK 1,270
  - Rekomendasi lereng dalam keadaan kering dengan ketinggian 24 m dan kemiringan lereng 76°, maka didapatkan nilai FK 1,252
  - Rekomendasi lereng dalam keadaan jenuh dengan ketinggian 24 m dan kemiringan lereng 69°, maka didapatkan nilai FK 1,257

### 5.2 Saran

- Perubahan geometri lereng ini perlu dilakukan agar pada saat melakukan proses penambangan para karyawan yang ada merasa aman dan nyaman.
- Pengontrolan, pemeliharaan dan pengawasan terhadap keadaan sekitar lereng harus sering diperhatikan untuk mengurangi atau menghindari hal yang tidak diinginkan.

- Perlu ketelitian dalam pengambilan data dilapangan dan proses pengujian dilaboratorium dan pengolahan data pada *software* lainnya agar hasil diperoleh lebih detail dan akurat.

## 6. Daftar Pustaka

- 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 & Pendidikan*. Vol. 10 No. 1
- Anderson, M.G, Richards, K. S., 1987. *Slope Stability Geotechnical Engineering and Geomorphology*.
- Arif Irwandy. 2015. *Geoteknik Tambang*. Bandung. ITB.
- Bates, R.L.& Jackson, J.A. 1987. *Glossary of Geology, 1997, 3<sup>rd</sup> edition*. American Geological Institute: Virginia.
- Bieniawski, Z.T., 1973. *Engineering Classification of Jointed Rock Mass*. Transaction of the South of African Intitution of Civil Engineering.
- Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-60172-1.
- Ersyad,F.,Yulhendra,D., & Prabowo,H. (2018). Kajian Teknis dan Ekonomis Perancangan Design Kemajuan Penambangan Quarry Batukapur pada Bulan April-Agustus 2017 di Front III B-IV B Bukit Karang Putih PT. Semen Padang. *Bina Tamban*, 3(3),1185-1291.
- 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, Hal. 1-9.
- Fikri, M. A., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis Stabilitas Lereng pada Pit Tambang Air Laya Barat Section C-C'PT Bukit Asam (Persero) Tbk., Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 3(2), 835-649.
- Hasria, H., Anshari, E., Muliddin, M., & Ningrat, H. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode *Slope Mass Rating* (SMR) Di Kecamatan Wolasi Kabupaten Konawe Selatan. *Physical and Social Geography Research Journal*, 1(2), 9-18.
- Hoek, E. and Bray, J.W. 1981. *Rock Slope Engineering, Revised 3rd edition*. The Institution of Mining and Metallurgy: London.
- Haribulan, Renhard, Pierre H.Gosal,dan Hendiek H.Karongkong 2019 "KAJIAN

- KERENTANAN FISIK BENCANA LONGSOR DI KECAMATAN TOMOHON UTARA” Jurnal Spasial Vol 6.No.3.*
- [13] Heriyadi, Rizaldi Bambang. 2020. “Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode *Bishop* yang Disederhanakan Pada Area Blok Bukit Tambun PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto” *Jurnal Bina Tambang*, Vol.5, No. 4.
- [14] 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.
- [15] Mirsandi, M., Irvani, I., & Fahraini, F. (2017). Penilaian Tingkat Kestabilan Lereng Batuan Granit Menggunakan Metode Slope Mass Rating (SMR) dan Analisis Kinematika di PT Mandiri Karya Makmur. *MINERAL*, 2(2), 90-99.
- [16] Nuryanto,Sri Wulandari.2017. “Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Kesetimbangan Batas (*Limit Equilibrium*) dan Elemen Hingga (*Finite Element* )” *Jurnal Desain Konstruksi*,Vol 16 No.1.
- [17] Nata, Refky Ady, dan Alfi Sabri. 2020 “*Block Punch Index (BPI) dan Point Load Index (Pli) Untuk Memprediksi Nilai Kuat Tekan Batuan Penyusun Lereng Tambang Guna Mencegah Terjadinya Longsor di CV. Bara Mitra Kencana, Sawahlunto.*
- [18] Pane, Riski Adelina, dan Yoszi M. Anaperta. 2019. “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.
- [19] Pasole, D., Patanduk, J., & Wong, I. L. K. (2020). Analisis Stabilitas Lereng Disposal Menggunakan Metode Bishop, Janbu, dan Ordinary. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(3), 144-153.
- [20] Paramesywara, Teguh Samudera, dan Budhi Setiawan. 2014 “*Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Rmr, Smr, Dan Kesetimbangan Batas Pada Tambang Terbuka Kabupaten Belitung Timur*”.
- [21] Saputra, Rizki Aldi, dan Bambang Heriyadi “*Analisis Klasifikasi Massa Batuan dan Potensi Longsor Pada Area Pit Timur Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.*” *Jurna Bina Tambang*,Vol 4,No 3.
- [22] Septian,R., Heriyadi,B., & Prabowo, H. (2018). Analisis Kestabilan Lereng Jalan Tambang di PT. Sumbar Calcium Pratama Jorong Atas Halaban, Nagari Halaban, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 3(2), 893-903.
- [23] Syakinah, Hasibuan. 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.
- [24] Syam, Muhammad Amin, Heryanto, dan Tommy Trides. 2018. “Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Nilai Slope Mass Rating di Desa Sukamaju, Tenggara Seberang, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur “ *Jurnal Geocelebes Vol. 2 No.2.*
- [25] Septian, Rully, Bambang Heriyadi, dan Heri Prabowo. 2018. Analisis kestabilan lereng jalan tambang di pt. Sumbar calcium pratama jorong atas halaban, nagari halaban, kecamatan lareh sago halaban, kabupaten lima puluh kota, provinsi sumatera barat. *Jurnal Bina Tambang*. Vol.3, No. 2.
- [26] Torkis Zudri,Ahmat.2019. “Analisis Kestabilan Lereng Jalan Tambang di Area Zona 4 PT.Bintang Sumatra Pasifik di Koto Alam Kabupaten 50 Kota”. *Jurnal Bina Tambang*, Vol 4, No.4.
- [27] Wulandari, Agusti, Shalaho Dina Devy, dan Hamzah Umar. 2016. “Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode *Rock Mass Rating* Dan *Slope Mass Rating* Pada Tambang Batupasir di Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur” *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, Vol.4, No.1.