

Analisis Klasifikasi Massa Batuan dengan Metode *Rock Mass Rating* dan *Slope Mass Rating* untuk Kestabilan Lereng pada Pit Utara PT Alam Semesta Sukses Batubara

Anggi Saputra*, Heri Prabowo

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* anggispr07@gmail.com

Abstrak. Penambangan dapat dilakukan dengan tambang tertutup dan terbuka, sistem penambangan terbuka membutuhkan analisis lereng yang efektif untuk diterapkan. Pada PT Alam Semesta Sukses Batubara, telah terjadi beberapa gejala ketidakstabilan lereng seperti erosi pada dinding lereng, terbentuknya lubang pada *bench* lereng, dan beberapa kali telah terjadi longsoran dalam skala kecil yang berupa longsoran blok batuan, dan menengah yaitu longsoran dengan jarak beberapa meter. Metode yang dapat dipakai yaitu dengan metode geomekanika dan analisis tingkat kestabilan sebuah lereng. Metode geomekanika ini meliputi data *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Slope Mass Rating* (SMR) yang bisa ditentukan dengan perhitungan data pemboran dan juga dari uji laboratorium. Penelitian ini berguna pada saat mendeskripsikan kondisi, klasifikasi dan kestabilan lereng. Berdasarkan hasil perhitungan RMR yang dilakukan yaitu lereng 1 dengan bobot RMR yaitu 62 poin kelas II. Pada lereng 2 dengan bobot RMR yaitu 72 poin, kelas II. Pada lereng 3 didapatkan nilai bobot total dari RMR yaitu 73 poin kelas II. Lereng 1, 2 dan 3 sama dengan deskripsi batuan baik, nilai kohesi dari kelas massa batumannya yaitu berada pada interval 300-400 kPa, dan sudut geser dalam interval 35°-45°. Berdasarkan hasil perhitungan SMR yang dilakukan yaitu pada lereng 1 nilai SMR yaitu 55,7 poin, kelas III dengan deskripsi normal, masih tergolong stabil sebagian, longsoran potensialnya baji dan kekar, kemudian stabilisasi secara sistematis. Pada lereng 2 nilai SMR yaitu 65,7 poin, kelas II dengan deskripsi baik, masih tergolong stabil, longsoran potensialnya blok batuan, dan stabilisasi secara okasional. Pada lereng 3 didapatkan nilai SMR yaitu 73,9 poin, kelas II deskripsi sama dengan lereng sebelumnya.

Kata kunci: RQD, RMR, massa batuan, SMR, kestabilan lereng

Abstract. Mining can be carried out in closed and open mines, open mining systems require effective slope analysis to be implemented. At PT Alam Semesta Sukses Batubara, there have been several symptoms of slope instability such as erosion on the slope walls, the formation of holes in the slope bench, and several times there have been small-scale landslides in the form of rock block slides, and medium-sized ones, namely landslides several meters away. The methods that can be used are geomechanical methods and analysis of the level of stability of a slope. This geomechanical method includes RMR (Rock Mass Rating) and SMR (Slope Mass Rating) data which can be determined by calculating drilling data and also from laboratory tests. This research is useful when describing the condition, classification and stability of slopes. Based on the results of the RMR calculation carried out, namely slope 1 with an RMR weight of 62 class II points. On slope 2 with an RMR weight of 72 points, class II. On slope 3, the total weight value of RMR is 73 class II points. Slopes 1, 2 and 3 are the same as the description of good rock, the cohesion value of the rock mass class is in the interval 300 - 400 kPa, and the friction angle is in the interval 35° - 45°. Based on the results of the SMR calculations carried out, on slope 1 the SMR value is 55.7 points, class III with a normal description, still classified as partially stable, the potential landslide is wedge and strong, then stabilizes systematically. On slope 2, the SMR value is 65.7 points, class II with a good description, still classified as stable, potential landslides are rock blocks, and stabilization is occasional. On slope 3, the SMR value was 73.9 points, class II description was the same as the previous slope.

Keywords: RQD, RMR, rock mass, SMR, slope stability

Tanggal Diterima: 13/08/2024; Tanggal Direvisi: 23/08/2024; Tanggal Disetujui: 23/08/2024; Tanggal Dipublikasi: 23/08/2024

1. Pendahuluan

Penambangan menggunakan metode tambang terbuka memerlukan adanya perencanaan dari lereng yang efektif dalam proses penambangan. Lereng yang tidak stabil akan mengalami longsoran yang bisa merugikan perusahaan mulai dari segi ekonomi, manusia, produksi dan akan merambat ke bagian lainnya. Oleh karena itu, perlu dilakukannya kajian yang mendalam terkait kestabilan lereng agar perusahaan tidak mengalami kerugian. Metode yang dapat dipakai yaitu dengan metode analisis geomekanika. Metode geomekanika dibagi menjadi 2 yaitu data *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Slope*

Mass Rating (SMR) yang diperoleh dari hasil menghitung data pemboran dan pengujian di laboratorium agar dapat mengetahui sifat fisik dari sampel [1]. Data dari semua parameter yang diperlukan didapatkan dari pengamatan langsung bukaan lereng terhadap kondisi bidang diskontinuitas yang ada serta kondisi atau keadaan lereng di lapangan. Dalam penelitian ini tidak menggunakan uji labor, namun digantikan dengan menggunakan manual indeks berdasarkan kondisi batuan di lapangan. Data RMR yang diperlukan dalam menganalisis klasifikasi massa batuan, diperoleh dari hasil analisis dan penjumlahan nilai

pembobotan dari setiap parameter *RMR* yaitu *Uniaxial Compressive Strength (UCS)*, *Rock Quality Designation (RQD)*, *spacing of discontinuities*, *condition of discontinuities*, *groundwater condition*, *orientation of discontinuities* [2, 3]. Kemudian untuk mendapatkan tingkat kestabilan lereng, perlu dilakukan kajian menggunakan metode *SMR*. Bobot *SMR* dihasilkan dari hasil perhitungan bobot *RMR*, dan untuk selanjutnya digunakan sebagai pedoman untuk melakukan pembobotan *SMR* yang sama dengan parameter dari *SMR* [2, 4].

Kajian tentang geoteknik tambang atau kestabilan lereng sangat penting dan mempengaruhi operasional penambangan. Hal ini disebabkan karena, kondisi lereng yang tidak stabil dapat mengganggu kegiatan operasional tambang bahkan bisa menimbulkan *fatality* yang tentunya tidak diinginkan oleh perusahaan. Jadi, penulis memutuskan untuk mengkaji terkait kestabilan lereng untuk mencegah longsor lereng terjadi. Penelitian ini dikerjakan untuk mendapatkan kelas dari massa batuan, kestabilan, longsor dan juga stabilisasi serta model desain dari lereng efektif yang bisa diaplikasikan menjadi pedoman pada saat pengambilan bahan galian didasarkan dari hasil perhitungan bobot *SMR*. Hasil dari kajian ini diharapkan bisa memberikan masukan dan rekomendasi dari penulis ke perusahaan terkait geometri lereng yang sesuai untuk kestabilan lereng.

2. Kajian Teori

2.1 Lereng

Lereng merupakan bentuk muka bumi, dimana memiliki sudut kemiringan terhadap bidang datar yang bisa terjadi secara alami dan juga buatan dengan penggalian atau penimbunan. Contoh dari lereng alami yaitu seperti lereng pada perbukitan dan lain sebagainya, sedangkan contoh dari lereng buatan yaitu dapat meliputi: hasil penggalian dan penimbunan, berm dan dinding-dinding pada tambang *open pit* [5]. Lereng dapat dibagi menjadi dua macam, yakni lereng alam (natural) dan lereng buatan. Lereng alami merupakan lereng yang terjadi disebabkan oleh fenomena alamiah yang ada karena proses geologi. Sedangkan lereng buatan merupakan sebuah lereng yang disebabkan karena adanya wilayah penggalian pada saat kegiatan merancang mulai dari ukuran jalan dan sebagainya.

Pada penelitian ini, lereng yang menjadi kajian adalah lereng buatan, yaitu lereng galian tambang pada penambangan batubara. Pada suatu galian tambang batubara terdapat tiga bagian yaitu[6]:

- High wall* merupakan permukaan pada area kerja tambang *open pit* yang terkhusus pada tambang batubara tambang *open pit*, permukaan atau lereng di bagian yang lebih tinggi dari suatu kontur tambang terbuka.
- Low wall* merupakan bagian dari bukaan *overburden* batubara pada metode tambang

terbuka. *Low wall* juga dapat ditentukan dengan arah yang searah dengan arah kemiringan batubara.

- Sidewall* merupakan dinding di wilayah bagian samping dari bagaian *high wall* dan *low wall*.

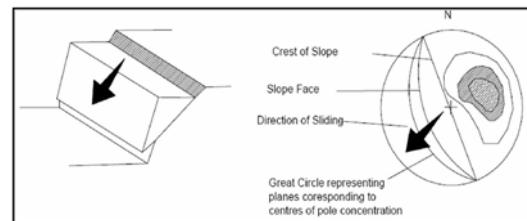


Gambar 1. Bagian Lereng Tambang Batubara

2.2 Jenis-jenis Longsor

- Longsor Bidang (*Plane Failure*)

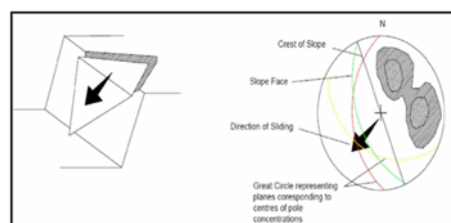
Terbentuk pada jenis batuan yang memiliki bidang luncur bebas dengan mengarah ke arah lereng dan juga bidang luncurnya pada bidang diskontinuitas. Kejadian lainnya yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor bidang yaitu bila nilai sudut kemiringan lereng memiliki nilai yang lebih tinggi dari sudut kemiringan bidang luncur serta nilai sudut geser dalam yang nilainya lebih rendah dibandingkan sudut bidang luncurnya.



Gambar 2. Longsor Bidang

- Longsor Baji (*Wedge Failure*)

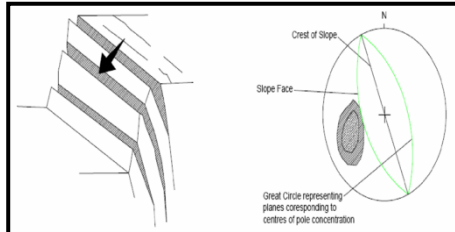
Terbentuk pada saat terdapatnya dua buah bidang lemah atau lebih yang saling berpotongan sehingga mengakibatkan adanya baji terhadap lereng. Longsor jenis baji bisa dibagi menjadi dua bentuk longsor, yakni longsor tunggal (*single sliding*) dan longsor ganda (*double sliding*). Luncuran yang terjadi hanya pada salah satu bidang saja termasuk ke dalam longsor tunggal, sedangkan luncuran yang terjadi pada perpotongan kedua bidang biasanya terjadi pada longsor ganda.



Gambar 3. Longsor Baji

c. Longsor Guling (*Toppling Failure*)

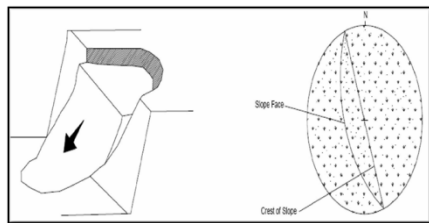
Terbentuk di lereng dengan sudut kemiringan tinggi dan batuan dengan kekerasan yang tinggi serta bentuk dari struktur diskontinuitasnya yakni berbentuk kolom. Longsor guling akan terbentuk jika diskontinuitas-diskontinuitas yang ada berbanding terbalik dengan sudut lereng.



Gambar 4. Longsor Guling

d. Longsor Busur (*Circular Failure*)

Terbentuk di material atau batuan dengan karakteristik lepas (*loose material*). Bidang longsor yang terbentuk yakni berbentuk busur. Batuan hancuran yang ada di sebuah wilayah timbunan yang memiliki dimensi yang besar biasanya dominan terjadi longsor dengan jenis busur lingkaran [7].

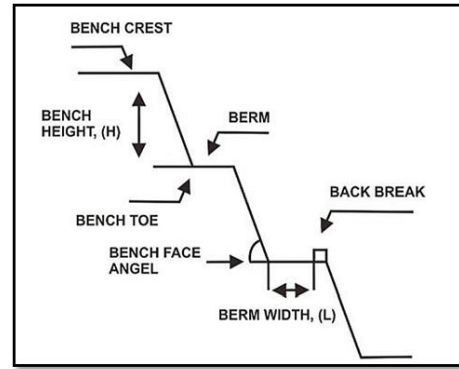


Gambar 5. Longsor Busur

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

a. Geometri Lereng

Tambang terbuka terdiri dari sekumpulan lereng yang meliputi lereng yang tunggal dan lereng secara keseluruhan yang memiliki dimensi tinggi dan sudut kemiringan tertentu. Tinggi lereng adalah jarak vertikal dari bidang kaki (*bench toe*) hingga puncak lereng (*bench crest*), sedangkan sudut lereng adalah sudut yang dibuat antara garis yang menghubungkan kaki dan puncak lereng dengan garis horizontal (*bench face angle*) [8].



Gambar 6. Geometri Lereng Tambang

b. Kegiatan Manusia

Kegiatan manusia salah satunya *drilling* dan juga *blasting* dapat mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan gaya-gaya dalam sehingga akan menyebabkan bertambahnya gaya geser dan mengurangi kestabilan lereng. Pada proses kegiatan penggalian di suatu lereng akan menyebabkan terjadinya perubahan gaya-gaya pada lereng yang mengakibatkan terganggunya tingkat kestabilan dari suatu lereng dan akhirnya dapat menyebabkan lereng tersebut mengalami kelongsoran.

c. Struktur Geologi

Struktur geologi dapat terdiri dari sesar (*fault*), kekar (*joint*), perlipatan (*fold*), bidang pelapisan (*bedding plane*), dan rekahan (*crack*). Struktur geologi merupakan diskontinuitas-diskontinuitas yang ada sekaligus menjadi area mengalirnya air sehingga bisa menurunkan tingkat kestabilan lereng.

d. Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Faktor ini dapat mempengaruhi tingkat kestabilan lereng yaitu bobot isi, porositas, dan kandungan air. Pengujian di laboratorium dilakukan untuk mendapatkan nilai sifat fisik dan mekanik batuan atau secara umum yaitu properties batuan. Nilai gaya penggerak akan semakin bertambah besar, jika nilai bobot isi suatu batuan juga besar.

e. Kandungan Air

Faktor ini dapat mempengaruhi nilai dari tekanan air pori. Semakin besar nilai kandungan air, akan berbanding terbalik dengan kekuatan geser. Jika tekanan air pori semakin besar dapat mengakibatkan lereng akan menjadi lebih mudah untuk mengalami kelongsoran [9].

2.4 Rock Mass Rating (RMR)

Sistem klasifikasi massa batuan *RMR* menggunakan lima parameter utama. Pembobotan (*rating*) setiap parameter dijumlahkan untuk memperoleh nilai total dari *RMR*. Metode ini sudah diakui dan sering digunakan dalam kegiatan geologi teknik [10]. Berikut penjelasan dari lima parameter utama dalam *RMR*, yaitu:

a. Kekuatan Batuan Utuh (*Intact Rock*)

Parameter yang pertama ini dapat dinyatakan dengan nilai *Uniaxial Compressive Strength (UCS)* dan *Point Load Index (PLI)*. *UCS* merupakan kekuatan intack rock yang didapatkan dari hasil pengujian kuat tekan uniaksial. Selain itu, *UCS* juga bisa ditentukan dengan menggunakan manual indeks yang diambil dari observasi kondisi lereng langsung ke lapangan[11]. Berikut adalah tabel manual indeks dari hasil pengamatan lereng di lapangan, yaitu:

Tabel 1. Manual Indeks *UCS* dan *PLI*

Deskripsi	Uji Lapangan	UCS (MPa)	PLI (MPa)
Sangat Lemah Sekali	Bisa digores dengan kuku	0,25-1	-
Sangat Lemah	Bisa digores dengan pisau	1-5	-
Lemah	Sulit dipotong dengan pisau untuk membentuk bongkahan segitiga	5-25	-
Sedang	Dapat digores dengan pisau hanya pada permukaan saja	25-50	< 1
Kuat	Batu di tangan pecah dengan sekali pukulan palu geologi	50-100	2-4
Sangat Kuat	Perlu beberapa kali pukulan palu untuk memecah batuan utuh	100-250	4-10
Sangat Kuat Sekali	Sulit pecah dipukul dengan palu, pukulan harus berulang kali	> 250	> 10

b. *Rock Quality Designation (RQD)*

Parameter *RQD* dapat dihitung dengan pengamatan pada hasil pemboran yang telah diambil, kemudian tidak menghitung *log* bor dengan panjang yang kurang dari 10 cm dan menjadikan lebihnya menjadi persen dari panjang sebuah pemboran. Selain itu, metode *scanline* bisa dipakai sebagai alternatif dalam menentukan nilai *RQD* lereng langsung di lapangan. Frekuensi diskontinuitas dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$Frekuensi \lambda = \frac{\sum Diskontinuitas}{Panjang Scanline} \quad (1)$$

Setelah mendapatkan nilai frekuensi bidang diskontinuitas dari hasil observasi atau pengamatan di lapangan, nilai frekuensi itu dapat digunakan dalam perhitungan nilai *RQD*. Rumus yang bisa digunakan adalah:

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda + 1) \quad (2)$$

c. Spasi Bidang Lemah

Merupakan spasi antara dua bidang lemah yang saling berdekatan dalam *scanline* yang sama. Bidang lemahnya dapat berbentuk kekar, perlapisan. Berikut rumus yang dapat digunakan untuk menghitung nilai spasi atau jarak dari diskontinuitas, yaitu:

$$Spasi Diskontinuitas = \frac{Panjang Scanline}{\sum Diskontinuitas} \quad (3)$$

d. Kondisi Bidang Diskontinuitas

Kondisi bidang lemah bisa diperoleh dari hasil pendeskripsian setiap diskontinuitas yang didapatkan dari hasil pengamatan di lapangan. Kondisi bidang lemah ditentukan oleh karakteristik, dimana ada lima karakteristik bidang diskontinuitas yang dapat mendeskripsikan kondisi dari bidang diskontinuitas, yaitu kemenerusan diskontinuitas (*persistence*), jarak antar permukaan dari bidang diskontinuitas atau celah (*separation*), tingkat kekasaran kekar atau bidang dsikontinuitas (*roughness*), material pengisi diskontinuitas (*infilling/gouge*), dan tingkat kelapukan diskontinuitas (*weathering*) [12].

e. Kondisi Air Tanah

Keberadaan air tanah bisa mempengaruhi nilai kuat geser antara dua buah permukaan bidang lemah. Nilai parameter dari air tanah bisa dianalisis dengan metode pengamatan langsung di lapangan. Nilai kondisi air tanah ditentukan dengan deskripsi kering, lembab, basah, menetes, dan mengalir[13].

Untuk menghitung nilai *RMR*, kelima parameter yang ada di atas dapat diberikan bobot untuk setiap parameternya, dan setelah itu dilakukan penjumlahan menjadi bobot nilai total dari *scanline* bidang diskontinuitas. Pemberian nilai bobot parameter *RMR* tersebut berdasarkan Tabel 2 *RMR* di bawah ini, yaitu:

Tabel 2. Pembobotan *RMR*

No.	Parameter	Selang Nilai							
1.	Kuat Tekan	<i>PLI</i> (MPa)	> 10	(4 - 10)	(2 - 4)	(1 - 2)	Pakai <i>UCS</i>		
	Batuan Utuh	<i>UCS</i> (MPa)	> 250	(100 - 250)	(50 - 100)	(25-50)	(5 - 25)	(1 - 5)	< 1
	Bobot		15	12	7	4	2	1	0
2.	<i>RQD</i> (%)		90 -100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	25		
	Bobot		20	17	13	8	3		
3.	Jarak Diskontinuitas (m)		> 2	0,6 - 2	0,2 - 0,6	0,06 - 0,2	< 0,06		
	Bobot		20	15	10	8	5		

No.	Parameter	Selang Nilai					
		<i>Roughness</i>	Sangat Kasar	Kasar	Sedikit Kasar	Halus	<i>Slikesided</i>
4.	Kondisi Diskontinuitas	Bobot	6	5	3	1	0
		<i>Separation</i>	Tidak Ada	< 0,1 mm	0,1 – 1 mm	1 – 5 mm	> 5 mm
		Bobot	6	5	4	1	0
		<i>Continuity</i>	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m
		Bobot	6	4	2	1	0
		<i>Weathering</i>	Tidak lapuk	Sedikit Lapuk	Lapuk	Sangat Lapuk	Hancur
		Bobot	6	5	3	1	0
		<i>Filling</i>	Tidak Ada	Keras < 5 mm	Keras > 5 mm	Lunak < 5 mm	Lunak > 5 mm
5.	Kondisi Air Tanah	Bobot	6	4	2	2	0
		Aliran/10 m panjang terowongan (Lt/min)	Tidak Ada	< 10	(10 - 25)	25 - 125	> 125
		Tekanan air kekar/maks. Tegangan utama	0	< 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	> 0,5
		Kondisi Umum	Kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir
		Bobot	15	10	7	4	0

Tabel 3. Kelas Massa Batuan

Bobot	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V
Deskripsi	Batuan Sangat Baik	Batuan Baik	Batuan Sedang	Batuan Buruk	Batuan Sangat Buruk

Tabel 4. Arti Kelas Batuan

Nomor Kelas	I	II	III	IV	V
Stand Up Time Rata-rata	20 tahun	1 tahun	1 minggu untuk 5 m span	10 jam untuk 2,5 m span	30 menit untuk 1 m span
Kohesi Massa Batuan	<400	300-400	200-300	100-200	< 100
Sudut Geser Dalam	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°

2.5. Slope Mass Rating (SMR)

Romana (1985) pada karya Syam, M. A. dkk. (2018) telah melakukan perubahan metode klasifikasi RMR dalam menganalisis kestabilan, dimana perlu memasukkan faktor penyesuaian arah orientasi dari lereng dan metode ekskavasi [14]. Parameter yang diperlukan dalam klasifikasi metode SMR ini yakni, terdiri dari:

- Arah kemiringan (*dip direction*) dari permukaan lereng (α_s);
- Arah kemiringan (*dip direction*) diskontinuitas (α_j);

- Sudut kemiringan dari diskontinuitas (β_j) dan kemiringan lereng (β_s).

Hasil SMR bisa didapatkan menggunakan cara perhitungan hasil dari RMR, nilai faktor penyesuaian orientasi kekar, dan metode ekskavasi pada lereng tambang. Berikut rumus yang dapat digunakan untuk menghitung nilai SMR, yaitu:

$$SMR = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \tag{4}$$

Dimana F_1 merupakan sudut diantara α_j dengan α_s , F_2 merupakan tangensial sudut dari β_j , F_3 merupakan sudut diantara β_s dengan β_j , dan F_4 yaitu metode ekskavasi pada lereng.

Tabel 5. Nilai Pembobotan Diskontinuitas

Kasus	Syarat	Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Buruk	Sangat Buruk
P	$ \alpha_j - \alpha_s $					
T	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $	> 30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	< 5°
P/T	F_1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
P	$ \beta_j $	< 20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	> 45°
P	F_2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
T	F_2	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	> 10°	10°-0°	0°	0°-(-10°)	< -10°
T	$\beta_j - \beta_s$	< 110°	110°-120°	> 120°	-	-
P/T	F_3	0	-6	-25	-50	-60

Tabel 6. Nilai Bobot Metode Ekskavasi Lereng

Metode	Alami	Presplitting	Smooth Blasting	Mechanical	Defficient Blasting
F_4	15	10	8	0	-8

Tabel 7. Deskripsi Kelas SMR

SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Kelas	V	IV	III	II	I
Deskripsi	Sangat Buruk	Buruk	Normal	Baik	Sangat Baik
Kestabilan	Sangat Tidak Stabil	Tidak Stabil	Stabil Sebagian	Stabil	Sangat Stabil
Longsor	Bidang	Bidang dan Baji	Baji dan Kekar	Blok Batuan	Tidak Ada
Stabilisasi	Reekskavasi	Koreksi Lereng	Sistematis	Okasional	Tidak Ada

3. Metodologi Penelitian

3.1 Sumber Data

Pada kajian ini termasuk penelitian yang bersifat kuantitatif yang mana datanya bersifat data hasil pengukuran dan perhitungan baik secara langsung, tentang informasi yang disajikan dalam bentuk angka-angka.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

a. Studi Literatur

Studi literatur ini dikerjakan dengan cara membaca teori yang berkaitan dengan kajian penelitian dari sumber bacaan seperti jurnal, buku, laporan Praktik Lapangan industri (PLI) terdahulu, laporan penelitian tugas akhir dan lain sebagainya. Hal ini menjadi dasar dan patokan serta sebagai referensi bagi peneliti dalam melaksanakan penelitian.

b. Observasi dan Pengamatan Lapangan

Observasi dilaksanakan secara langsung ke lokasi pengamatan untuk pengambilan data yang dibutuhkan. Target kegiatan observasi yaitu agar bisa menggambarkan sebuah hal yang ingin dianalisis pada studi kasus atau kajian yang diangkat. Dalam pengamatan lapangan juga memerlukan instrumen pengamatan yang merupakan alat yang digunakan untuk mengambil data di lapangan.

c. Dokumentasi

Dokumentasi ini bisa dikerjakan dengan cara melakukan pengambilan data yang diperlukan yang bersumber dari dokumen perusahaan seperti peta-peta, data perencanaan, dan lain sebagainya. Data yang didapatkan ini akan digunakan untuk keperluan pengolahan data sesuai penelitian yang diangkat.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kekuatan Batuan Utuh

a. Lereng 1

Berdasarkan pengamatan lapangan, batuan pada bidang diskontinuitas tersebut dapat digores dengan kuku. Sehingga masuk ke dalam golongan batuan yang “Sangat Lemah Sekali” dan nilai dari uji UCS-nya yaitu antara 0,25–1 MP (bobot 0).

b. Lereng 2

Berdasarkan pengamatan lapangan, batuan pada bidang diskontinuitas tersebut sulit dipotong dengan pisau untuk membentuk bongkahan segitiga. Sehingga masuk ke dalam kategori “Lemah” dan nilai UCS yaitu 5,0–25 MPa (bobot 2).

c. Lereng 3

Berdasarkan pengamatan lapangan, batuan pada bidang diskontinuitas tersebut sulit dipotong dengan pisau untuk membentuk bongkahan segitiga. Sehingga masuk ke dalam kategori “Lemah” dan nilai UCS yaitu 5,0–25 MPa (bobot 2).

4.2 RQD (Rock Quality Designation)

a. Lereng 1

$$\begin{aligned} RQD &= 100e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda + 1) \\ &= 100e^{-0,1(1,666)}(0,1(1,666) + 1) \\ &= \mathbf{98,757\%} \end{aligned}$$

b. Lereng 2

$$\begin{aligned} RQD &= 100e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda + 1) \\ &= 100e^{-0,1(0,9)}(0,1(0,9) + 1) \\ &= \mathbf{99,618\%} \end{aligned}$$

c. Lereng 3

$$\begin{aligned} RQD &= 100e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda + 1) \\ &= 100e^{-0,1(1,077)}(0,1(1,077) + 1) \\ &= \mathbf{99,46\%} \end{aligned}$$

4.3 Spasi atau Jarak Bidang Diskontinuitas

a. Lereng 1

$$\begin{aligned} \text{Spasi Diskontinuitas} &= \frac{\text{Panjang Scanline}}{\sum \text{Diskontinuitas}} \\ &= \frac{6}{10} = \mathbf{0,6 m} \end{aligned}$$

b. Lereng 2

$$\begin{aligned} \text{Spasi Diskontinuitas} &= \frac{\text{Panjang Scanline}}{\sum \text{Diskontinuitas}} \\ &= \frac{10}{9} = \mathbf{1,11 m} \end{aligned}$$

c. Lereng 3

$$\begin{aligned} \text{Spasi Diskontinuitas} &= \frac{\text{Panjang Scanline}}{\sum \text{Diskontinuitas}} \\ &= \frac{13}{14} = \mathbf{0,928 m} \end{aligned}$$

4.4 Kondisi Bidang Diskontinuitas

a. Lereng 1

Tabel 8. Hasil Pengamatan Diskontinuitas L1

Kekasaran	Sedikit Kasar
Separasi	Tidak Ada
Kemenerusan	10–20 m
Pelapukan	Sangat Terlapukkan
<i>Filling</i>	Tidak Ada

b. Lereng 2

Tabel 9. Hasil Pengamatan Diskontinuitas L2

Kekasaran	Kasar
Separasi	< 1 mm
Kemenerusan	> 20 m
Pelapukan	Sedikit Terlapukkan
<i>Filling</i>	Tidak Ada

c. Lereng 3

Tabel 10. Hasil Pengamatan Diskontinuitas L3

Kekasaran	Kasar
Separasi	< 1 mm
Kemenerusan	10–20 m
Pelapukan	Sedikit Terlapukkan
<i>Filling</i>	Tidak Ada

4.5 Kondis Umum Air Tanah

a. Lereng

Berdasarkan pengamatan pada bidang diskontinuitas di lapangan, didapatkan bahwa kondisi air tanah dari bidang diskontinuitas pada lereng 1 yaitu “Lembab”. Hal ini didapatkan karena pada saat tangan ditempelkan pada permukaan bidang diskontinuitas, tangan terasa dingin. (Bobot 10)

b. Lereng 2

Berdasarkan pengamatan pada bidang diskontinuitas di lapangan, didapatkan bahwa rata-rata kondisi air tanah dari bidang diskontinuitas pada lereng 2 yaitu “Kering”. Hal ini didapatkan karena pada saat tangan ditempelkan pada permukaan bidang diskontinuitas, tangan tidak terasa dingin dan sedikit terasa panas. (Bobot 15)

c. Lereng 3

Berdasarkan pengamatan pada bidang diskontinuitas di lapangan, didapatkan bahwa rata-rata kondisi air tanah dari bidang diskontinuitas pada lereng 3 yaitu “Kering”. Hal ini didapatkan karena pada saat tangan ditempelkan pada permukaan bidang diskontinuitas, tangan tidak terasa dingin dan sedikit terasa panas. (Bobot 15)

4.6 Perhitungan Nilai RMR, Klasifikasi, dan Deskripsi Batuan

a. Lereng 1

Tabel 11. Hasil Pembobotan RMR Lereng 1

No.	Parameter	Nilai	Bobot
1.	Nilai <i>PLI</i> / <i>UCS</i> (MPa)	Sangat Lemah Sekali	0
2.	<i>RQD</i> (%)	98,76%	20
3.	Jarak Diskontinuitas (mm)	0,6 m	15
4.	<i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	3
	<i>Separation</i>	Tidak Ada	6
	Kondisi Diskontinuitas <i>Continuity</i>	10–20 m	1
	<i>Weathering</i>	Sangat Terlapukkan	1
	<i>Filling</i>	Tidak Ada	6
5.	Kondisi Air Tanah	Lembab	10
Jumlah Bobot			62

Tabel 12. Hasil Klasifikasi Batuan Lereng 1

Bobot	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V
Deskripsi	Batuan Sangat Baik	Batuan Baik	Batuan Sedang	Batuan Buruk	Batuan Sangat Buruk

b. Lereng 2

Tabel 13. Hasil Pembobotan RMR Lereng 2

No.	Parameter	Nilai	Bobot
1.	Nilai <i>PLI</i> / <i>UCS</i> (MPa)	Sangat Lemah Sekali	0
2.	<i>RQD</i> (%)	98,76%	20
3.	Jarak Diskontinuitas (mm)	0,6 m	15
4.	<i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	3
	<i>Separation</i>	Tidak Ada	6
	Kondisi Diskontinuitas <i>Continuity</i>	10–20 m	1
	<i>Weathering</i>	Sangat Terlapukkan	1
	<i>Filling</i>	Tidak Ada	6
5.	Kondisi Air Tanah	Lembab	10
Jumlah Bobot			62

Tabel 14. Hasil Klasifikasi Batuan Lereng 2

Bobot	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V
Deskripsi	Batuan Sangat Baik	Batuan Baik	Batuan Sedang	Batuan Buruk	Batuan Sangat Buruk

c. Lereng 3

Tabel 15. Hasil Pembobotan RMR Lereng 3

No.	Parameter	Nilai	Bobot
1.	Nilai <i>PLI</i> / <i>UCS</i> (MPa)	Sangat Lemah Sekali	0
2.	<i>RQD</i> (%)	98,76%	20
3.	Jarak Diskontinuitas (mm)	0,6 m	15
4.	Kondisi Diskontinuitas <i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	3
	<i>Separation</i>	Tidak Ada	6

No.	Parameter	Nilai	Bobot
	Continuity	10–20 m	1
	Weathering	Sangat Terlapukkan	1
	Filling	Tidak Ada	6
5.	Kondisi Air Tanah	Lembab	10
Jumlah Bobot			62

Tabel 16. Hasil Klasifikasi Batuan Lereng 3

Bobot	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V
Deskripsi	Batuan Sangat Baik	Batuan Baik	Batuan Sedang	Batuan Buruk	Batuan Sangat Buruk

4.7 Perhitungan Nilai F1, F2, F3, dan F4

a. Lereng 1

$$\begin{aligned}
 F_1 &= |\alpha j - \alpha s| \\
 &= |262^\circ - 51^\circ| \\
 &= |-211^\circ| \\
 &= 211^\circ \text{ (Bobot = 0, 15)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_2 &= |\beta j| \\
 &= |32^\circ| \\
 &= 32^\circ \text{ (Bobot = 0, 7)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \beta j - \beta s \\
 &= 32^\circ - 64^\circ \\
 &= -32^\circ \text{ (Bobot = -60)}
 \end{aligned}$$

$F_4 = \text{mechanical}$ dengan alat berat (bobot 0)

b. Lereng 2

$$\begin{aligned}
 F_1 &= |\alpha j - \alpha s| \\
 &= |231^\circ - 58^\circ| \\
 &= |-173^\circ| \\
 &= 173^\circ \text{ (Bobot = 0, 15)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_2 &= |\beta j| \\
 &= |32^\circ| \\
 &= 32^\circ \text{ (Bobot = 0, 7)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \beta j - \beta s \\
 &= 32^\circ - 53^\circ \\
 &= -21^\circ \text{ (Bobot = -60)}
 \end{aligned}$$

$F_4 = \text{mechanical}$ dengan alat berat (bobot 0)

c. Lereng 3

$$\begin{aligned}
 F_1 &= |\alpha j - \alpha s| \\
 &= |232^\circ - 61^\circ| \\
 &= |-171^\circ| \\
 &= 171^\circ \text{ (Bobot = 0, 15)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_2 &= |\beta j| \\
 &= |53^\circ| \\
 &= 53^\circ \text{ (Bobot = 1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \beta j - \beta s \\
 &= 53^\circ - 52^\circ \\
 &= 1^\circ \text{ (Bobot = -6)}
 \end{aligned}$$

$F_4 = \text{mechanical}$ dengan alat berat (bobot 0)

4.8 Perhitungan Nilai SMR, Klasifikasi, dan Deskripsi Lereng

a. Lereng 1

$$\begin{aligned}
 SMR &= RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \\
 &= 62 + (0,15 \times 0,7 \times -60) + 0
 \end{aligned}$$

$$= 55,7$$

Berdasarkan nilai *SMR* yang didapatkan, maka lereng ini termasuk ke golongan kelas III dengan deskripsi normal. Untuk kestabilan lereng tergolong stabil sebagian, jenis longsornya berupa baji dan kekar, dan stabilisasi yang bisa dilakukan yaitu secara sistematis.

b. Lereng 2

$$\begin{aligned}
 SMR &= RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \\
 &= 72 + (0,15 \times 0,7 \times -60) + 0 \\
 &= 65,7
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai *SMR* yang didapatkan, maka lereng ini termasuk ke golongan kelas II dengan deskripsi lereng baik. Untuk kestabilan lereng tergolong stabil sebagian, jenis longsornya berupa baji dan kekar, dan stabilisasi yang bisa dilakukan yaitu secara sistematis.

c. Lereng 3

$$\begin{aligned}
 SMR &= RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \\
 &= 73 + (0,15 \times 1 \times 6) + 0 \\
 &= 73,9
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai *SMR* yang didapatkan, maka lereng ini masuk ke dalam kelas II dengan deskripsi baik. Untuk kestabilan lereng tergolong stabil, jenis longsornya berupa blok batuan, dan stabilisasi yang bisa dilakukan yaitu secara okasional atau berkala.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan *RMR* yang dilakukan sebagai berikut:

- Pada lereng 1 didapatkan nilai bobot total dari *RMR* yaitu 62 poin, masuk ke dalam kelas II termasuk ke dalam batuan baik, rentang nilai kohesi massa batuan 300–400 kPa, dengan nilai phi atausudut geser dalam antara 35°–45°.
- Pada lereng 2 didapatkan nilai bobot total dari *RMR* yaitu 72 poin, masuk ke kelas II dengan deskripsi batuan baik, rentang nilai kohesi massa batuan 300–400 kPa, dan sudut geser dalam antara 35°–45°.
- Pada lereng 3 didapatkan nilai bobot total dari *RMR* yaitu 73 poin, masuk ke kelas II dengan deskripsi batuan baik, rentang nilai kohesi massa batuan 300–400 kPa, dan sudut geser dalam antara 35°–45°.

Berdasarkan hasil perhitungan *SMR* yang dilakukan sebagai berikut :

- Pada lereng 1 didapatkan nilai *SMR* yaitu 55,7 poin, sehingga masuk ke kelas III dengan deskripsi normal, masih tergolong stabil sebagian, longsoran potensialnya baji dan kekar, kemudian stabilisasi secara sistematis.
- Pada lereng 2 didapatkan nilai *SMR* yaitu 65,7 poin, sehingga masuk ke kelas II dengan deskripsi baik, masih tergolong stabil,

longsoran potensialnya blok batuan, dan stabilisasi secara okasional.

- c. Pada lereng 3 didapatkan nilai *SMR* yaitu 73,9 poin, sehingga masuk ke kelas II dengan deskripsi baik, masih tergolong stabil, longsoran potensialnya blok batuan, dan stabilisasi secara okasional.

5.2 Saran

- Sebelum pergi ke lapangan untuk pengambilan data, sebaiknya pahami dulu semua materi dan teori yang berkaitan dengan topik penelitian agar pada saat mengambil data berjalan secara lancar.
- Dalam kegiatan pengambilan data, lakukan secara teliti, serius, fokus, tidak banyak bercanda, dan utamakan K3 tambang serta persiapkan semua alat dan bahan terlebih dahulu termasuk memahami cara penggunaan alat yang akan digunakan di lapangan.
- Pada saat pengambilan data, perhatikan keadaan di sekeliling kita, karena berada di lereng yang sangat berbahaya, dan pilih lereng yang aman untuk tempat pengambilan data, serta jangan berdiri di sekitar tepi lereng.
- Sebaiknya geometri lereng aktual diperhatikan lagi karena tidak sesuai dengan geometri lereng yang sudah direncanakan sebelumnya.
- Perlu adanya perawatan dan stabilisasi terhadap lereng yang ada, karena kebanyakan lereng sudah banyak terdapat gejala ketidakstabilan seperti pengikisan lereng oleh air hujan, terbentuknya lubang pada *bench*, terdapat retakan pada *bench*, dan ada beberapa titik merembesnya air.

Referensi

- [1] Sjoberg. 1997. *Estimating Rock Mass Strength Using the Hoek – Brown Failure Criterion and Rock Mass Classification*. Sweden: Lulea University of Technology Division of Rock Mechanics.
- [2] Paramesywara T.S. & Setiawan B. Tahun 2021. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode RMR, SMR, dan Kesetimbangan Batas pada Tambang Terbuka Kabupaten Belitung Timur*. Palembang : Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan.
- [3] Bieniawski, Z. T., 1989. *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: S.N.
- [4] Romana, M. R., 1993. *A Geomechanical Classification for Slopes: Slope Mass Rating*. Spain: Universitas Politecnica Valencia.
- [5] Putra, S., & Heriyadi, B. 2019. *Analisis Balik Kestabilan Lereng Penampang A dan Penampang B Area Lowwall Tambang Batubara pada Pit X PT. Kideco Jaya Agung Kecamatan Batu Sopang Kabupaten Paser*

Provinsi Kalimantan Timur. Bina Tambang, 4(1), 59-70.

- [6] Prabowo, H., Barlian, E., Syah, N., & Sastra, A. T. (2023, May). *Slope stability analysis at coal mining sites in Central Kalimantan*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1173, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.
- [7] Hoek, E and Bray, J.W. 1981. *Rock Slope Engineering*. London: Institution of Mining and Metallurgy.
- [8] Prabowo, H., Suryani, I., & Sabilillah, I. (2024, February). *Slope stability analysis at disposal mine area using Morgenstern price method*. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3001, No. 1). AIP Publishing.
- [9] Hasan, B. M., & Heriyadi B. 2021. *Analisis Balik Kestabilan Lereng Tambang Batubara Pit RTS-C Sisi Barat WUP Roto-Samurangau PT. Kideco Jaya Agung, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur*. Padang: Jurnal Bina Tambang, Vol. 5, No. 1.
- [10] Putri, Milia. 2017. *Klasifikasi Massa Batuan dan Analisis Potensi Longsoran Pit South Osela pada Elevasi 705 mdpl PT J Bolaang Mongondow Sulawesi Utara*. Padang : Laporan Praktek Lapangan Industri FT UNP.
- [11] Heriyadi, B., Prengki, I., & Prabowo, H. (2019, November). *Analysis of Collapse Load and Open Hole Evaluation Based on Rock Mass Rating (RMR) Method in Underground Mining*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1387, No. 1, p. 012104). IOP Publishing.
- [12] HL, D. A. H., Anaperta, Y. M., Prabowo, H., & Taufik, S. M. (2024). *Analysis of Slope Stability in the Coal Mining Area of KUD Sinamar Sakato, Jorong Sinamar, Nagari Sinamar, Asam Jujuhan, Dharmasraya, West Sumatera*. Bina Tambang, 9(1), 61-68.
- [13] Rinaldo, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). *Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat*. Bina Tambang, 3(3), 1163-1173.
- [14] Syam, Muhammad Amin, dkk. 2018. *Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Nilai Slope Mass Rating di Desa Sukamaju, Tenggara Seberang, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*. Samarinda: Jurnal Geoeceles Vol. 2 No. 2, Oktober 2018, 53-63.