

Analisis Stabilitas Lereng Terhadap Longsoran Pada Titik Rencana Lubang Bukaan THC 04 CV. Tahiti Coal, Sangkar Puyuh, Sawahlunto, Sumatera Barat.

Pandu Poernaddie Iswara^{1*}, Yoszi M. Anaperta¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*pandu.poernaddie@gmail.com

Abstract. Based on observations made on the slopes in the THC 04 CV. Tahiti Coal, found rock slope which has a height of 30 meters, slope angle is 80° and has many weak plane structures that can cause landslides. Therefore it is necessary to analyze the rock mass and the stability of the slope. From the analysis that has been done, the rock mass classification value is 53, with medium quality and safety factor value at saturation condition is 1,141, original condition is 1,380, dry condition is 1,443. So it can be concluded that the slope condition is stable, except when saturated. Therefore, improvements need to be made in the form of reducing the slope angle to 66° and 67°, so that the value of the saturated slope safety factor changes to 1.256.

Keywords: Open pit, slope, landslide, rock mass, safety factor.

1. Pendahuluan

CV. Tahiti Coal merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan, Lahan yang di kelola CV. Tahiti Coal dahulunya merupakan Tanah Ulayat Kolok, Sijantang. Yang mana pada awal tahun 2005 PT. Bukit Asam sebagai perusahaan yang terlebih dahulu melaksanakan kegiatan penambangan, melakukan pelepasan lahan kepada Pemerintah Daerah Sawahlunto. Saat ini, sedang dilakukan aktifitas penambangan dan akan membuat perencanaan lubang bukaan. Sementara ini dilakukan penambangan tambang terbuka (*strip mining*) hingga menemukan titik rencana lubang bukaan untuk tambang bawah tanah (*underground mining*).

Saat tinjauan lapangan terdapat lereng longsor pada daerah penambangan terbuka dan terhambatnya aktifitas penambangan dan penentuan titik di koordinat 0°37'27"S - 100°45'27"E untuk pintu lubang tambang bawah tanah pada tanggal Kamis 25 Juni 2020. Dan pada tinjauan selanjutnya pada tanggal 14 November 2020 didapatkan tinggi lereng 30 m dengan sudut kemiringan 80°. Adanya rekahan-rekahan atau bidang lemah pada lereng di koordinat 0°37'27"S - 100°45'27"E yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng.

Berdasarkan uraian dan gambar diatas tentang faktor kemanan lereng pada penambangan batubara CV. Tahiti Coal pada wilayah izin usaha penambangan, Sangkar Puyuh Sawahlunto, Provinsi Sumatra Barat akan diketahui berapa besarnya faktor keamanan dari

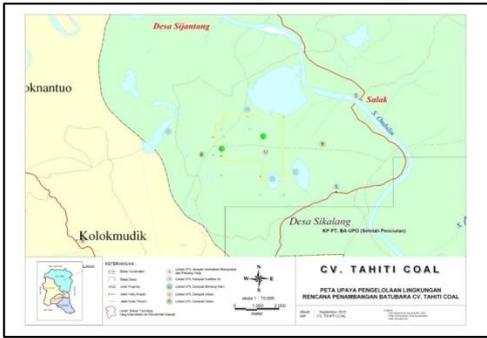
geometri lereng yang ada saat ini, disamping menganalisis faktor keamanan dari geometri lereng yang direncanakan. Sehingga akan diperoleh pilihan geometri lereng alternatif, bila memungkinkan adanya geometri lereng yang lebih optimal. Dalam upaya untuk meminimalkan kerugian yang ditimbulkan oleh longsoran ini untuk perusahaan ini, maka diperlukan geometri lereng yang stabil yang diperoleh dengan melakukan survey lapangan, pengambilan sampel, kemudian dilakukan penelitian data di laboratorium.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kesampaian Lokasi Penelitian

Lokasi penambangan CV. Tahiti Coal secara administratif terletak di Desa Sijantang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. Secara Geografis, wilayah Izin Usaha Pertambangan CV. Tahiti Coal terletak pada koordinat 100°45'06" - 100°45'32" Bujur Timur (BT) dan 00°37'20" - 00°37'51" Lintang Selatan (LS).

Lokasi penambangan dapat dicapai dari Kota Padang ke Kota Sawahlunto dengan jarak tempuh 117,0 Km. Dari Sawahlunto untuk menuju lokasi harus menempuh jalan ± 9,5 Km. Untuk lebih jelasnya lokasi kesampaian daerah CV. Tahiti Coal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Kesampaian Daerah PT. AIC Jaya

2.2 Iklim dan Curah Hujan

Keadaan iklim di lokasi penambangan termasuk iklim tropis dengan suhu udara panas pada siang hari dan cukup dingin pada malam hari, dengan suhu berkisar 22°-33°C.

Sepanjang tahun terdapat dua musim yang terjadi secara bergantian yaitu musim hujan dan lembab yang biasanya terjadi pada bulan Oktober sampai April dan musim kemarau dan panas dengan sekali hujan yang biasanya terjadi pada bulan April sampai Oktober.

2.3 Dasar Teori

2.3.1 Pengertian Lereng

Lereng adalah sebuah permukaan tanah yang terbuka, yang berdiri membentuk sudut tertentu terhadap sumbu horizontal, atau permukaan tanah yang memiliki dua elevasi yang berbeda dimana permukaan tanah tersebut membentuk sudut^[1]. Dari proses terbentuknya, sebuah lereng dapat terjadi secara alamiah dan buatan manusia.

2.3.2 Bagian-bagian Lereng

Tambang terbuka tersusun atas sekumpulan lereng yang terdiri dari lereng tunggal (*single slope*) dan lereng keseluruhan (*overall slope*) dengan dimensi tinggi dan sudut tertentu. Pada lereng keseluruhan juga terdapat daerah yang menghubungkan antar lereng yang disebut jenjang penahan (*catch berm*) dan bagian lereng untuk jalan tambang yang disebut *ramp*^[2].

2.3.3 Kelongsoran Lereng Tambang

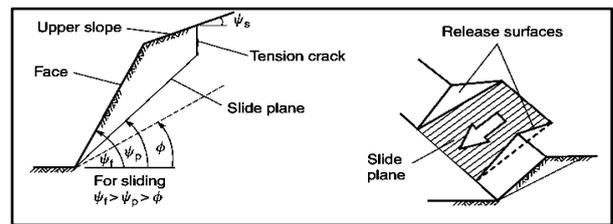
Kelongsoran lereng terjadi ketika gaya-gaya penggerak, yang menyebabkan material bergerak ke bawah, lebih besar daripada gaya penahannya^[3].

Pada umumnya material di alam dalam keadaan stabil dengan distribusi tegangan dalam keadaan setimbang (*equilibrium*). Adanya penggalian untuk penambangan menyebabkan terjadinya distribusi tegangan baru. Semakin dalam tambang digali, zona tanpa tegangan ini akan semakin besar sehingga runtuh dapat menjadi lebih buruk^[4].

2.3.4 Jenis-jenis Longsoran Lereng

a. Longsoran Bidang (*Plane Failure*)

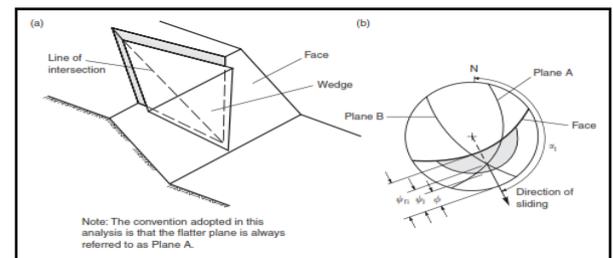
Longsoran bidang terjadi pada batuan yang mempunyai bidang luncur bebas (*day light*) yang mengarah ke lereng dan bidang luncurnya pada bidang diskontinu seperti sesar, kekar, liniasi atau bidang perlapisan. Fenomena lainnya yang memicu longsoran jenis ini yaitu bila sudut lereng lebih besar dari sudut bidang luncur serta sudut geser dalam lebih kecil dari sudut bidang luncurnya. Biasanya terjadi pada permukaan lereng yang cembung dengan kemiringan bidang kekar rata-rata hampir atau searah dengan kemiringan lereng^[5].



Gambar 2. Geometri Longsoran Bidang

b. Longsoran Baji (*Wedge Failure*)

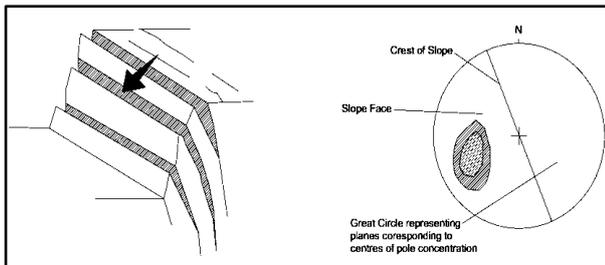
Longsoran baji terjadi pada batuan yang mempunyai lebih dari satu bidang lemah atau bidang diskontinu yang bebas, dengan sudut antara kedua bidang tersebut membentuk sudut yang lebih besar dari sudut geser dalamnya. Fenomena yang paling sering terjadi adalah garis perpotongan dua bidang kekar mempunyai kemiringan ke arah kemiringan lereng^[5].



Gambar 3. Geometri Longsoran Baji

c. Longsoran Guling (*Toppling Failure*)

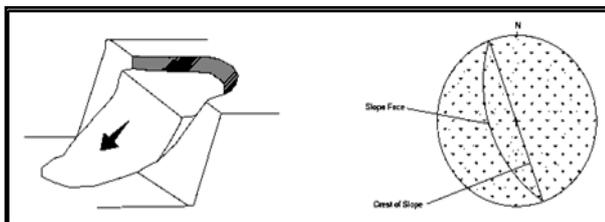
Longsoran guling terjadi pada lereng yang terjal pada batuan keras dengan bidang-bidang diskontinu yang hampir tegak atau tegak, dan longsoran dapat berbentuk blok atau bertingkat. Longsoran guling umumnya terjadi pada lereng yang terjal dan pada batuan yang keras dengan struktur bidang lemahnya yang berbentuk kolom. Longsoran guling yang akan terjadi pada suatu lereng batuan yang arah kemiringannya berlawanan dengan kemiringan bidang-bidang lemahnya^[6].



Gambar 4. Geometri Longsoran Guling

d. Longsoran Busur (*Circular Failure*)

Jenis longsoran ini adalah yang paling umum terjadi di alam (tipikal longsoran tanah/*soil*). Pada batuan yang keras, jenis longsoran ini hanya dapat terjadi jika batuan tersebut sudah lapuk dan mempunyai bidang-bidang diskontinu yang rapat (*heavily jointed*), atau menerus sepanjang sebagian lereng sehingga menyebabkan longsoran geser di permukaan^[6].



Gambar 5. Geometri Longsoran Busur

2.3.5 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

a. Geometri Lereng

Geometri lereng mencakup tinggi lereng dan sudut kemiringan lereng. Lereng yang terlalu tinggi menjadi tidak mantap dan cenderung mudah longsor dibandingkan lereng yang tidak terlalu tinggi bila susunan batuanya sama. Demikian juga sudut kemiringan lereng, lereng akan menjadi kurang mantap jika kemiringannya besar.

b. Aktifitas Manusia

Aktifitas seperti penggalian, pembuatan jalan tambang, dan bendungan dapat menyebabkan perubahan keseimbangan gaya-gaya pada lereng sehingga akan menyebabkan bertambahnya gaya geser dan mengurangi kestabilan lereng.

c. Struktur Geologi

Kondisi geologi yang dapat mempengaruhi kemantapan lereng meliputi:

- Struktur material penyusun lereng.
- Orientasi mineral dan stratigrafi.
- Bidang-bidang diskontinuitas.
- Tingkat pelapukan

d. Keberadaan Air Tanah

Air tanah memiliki tekanan air pori (*pore water pressure*) yang dapat menimbulkan gaya angkat (*uplift force*) sehingga menurunkan kekuatan geser dan mengakibatkan lereng mudah longsor.

e. Sifat Fisik Batuan

- Bobot isi batuan. Semakin besar bobot isi batuan, maka gaya penggerak yang akan menyebabkan kelongsoran juga semakin besar^[7].
- Porositas, merupakan perbandingan antara volume pori dengan volume butiran seluruhnya. Batuan yang mempunyai porositas tinggi akan lebih banyak menyerap air dan akan mengisi pori-pori batuan^[8].
- Derajat kejenuhan, merupakan perbandingan antara volume air pori dengan dengan volume isi pori seluruhnya^[9]. Semakin jenuh suatu batuan, maka semakin banyak air yang dikandungnya, keberadaan air dalam batuan ini dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran.

f. Sifat Mekanik Batuan

- Kohesi, merupakan kekuatan tarik menarik antara butiran batuan yang dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas^[10]. Kohesi batuan akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar.
- Sudut geser dalam, merupakan sudut yang terbentuk dari hubungan tegangan normal dan tegangan geser didalam material batuan^[10]. Semakin besar sudut geser dalam suatu material, maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan.

2.3.6 Klasifikasi Massa Batuan

Sistem klasifikasi massa batuan menggunakan enam parameter dasar untuk pengklasifikasian dan evaluasi hasil uji. Keenam parameter yang digunakan untuk menentukan nilai RMR meliputi:

a. Kuat Tekan Batuan

Nilai kuat tekan dari material batuan utuh dapat ditentukan melalui pengujian yang dilakukan di laboratorium berdasarkan uji kuat tekan uniaksial (*uniaxial compressive strength*) atau pengujian beban titik (*point load test*) batuan. Nilai kuat tekan batuan dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\alpha = 23 \text{ Is} \quad (1)$$

Setelah didapatkan nilai dari kuat tekan batuan, selanjutnya diberikan bobot seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemberian Bobot Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Batuan

Grade	Deskripsi	Kuat Tekan (MPa)	Bobot
R6	Batuan kuat sekali	> 250	15
R5	Batuan sangat kuat	100 – 250	12
R4	Batuan kuat	50 – 100	7
R3	Batuan kuat menengah	25 – 50	4
R2	Batuan lemah	10 – 25	2
R1	Batuan sangat lemah	2 – 10	1
R0	Batuan lemah sekali	1 – 2	0

b. Rock Quality Designation (RQD)

RQD merupakan suatu penandaan atau penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan kekar. Perhitungan RQD bisa didapat dari perhitungan langsung dari singkapan batuan yang mengalami retakan-retakan^[11].

$$RQD = 100 (0.1 \lambda + 1) e^{-0.1 \lambda} \tag{2}$$

$$\lambda = \text{jumlah kekar/panjang scanline} \tag{3}$$

Pembobotan nilai RQD dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Pemberian Bobot Berdasarkan Nilai RQD

RQD (%)	Kualitas Batuan	Bobot
< 25	Sangat jelek (<i>very poor</i>)	3
25 – 50	Jelek (<i>poor</i>)	8
50 – 75	Sedang (<i>fair</i>)	13
75 – 90	Baik (<i>good</i>)	17
90 – 100	Sangat baik (<i>excellent</i>)	20

c. Spasi Diskontinuitas

Spasi merupakan jarak antara bidang lemah dengan arah tegak lurus terhadap bidang lemah tersebut. Klasifikasi spasi diskontinuitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks Spasi Diskontinuitas

Keadaan Diskontinu	Spasi (m)	Bobot
Sangat lebar	> 2	20
Lebar	0,6 – 2	15
Sedang	0,2 – 0,6	10
Rapat	0,06 – 0,2	8
Sangat rapat	< 0,06	5

d. Kondisi Diskontinuitas

- Kekasaran (*Roughness*)
Kekasaran permukaan bidang diskontinu merupakan parameter yang penting untuk menentukan kondisi bidang diskontinu. Suatu permukaan yang kasar akan dapat mencegah terjadinya pergeseran antara kedua permukaan bidang diskontinu.
- Kemenerusan (*Persistence*)
Kemenerusan merupakan panjang dari suatu bidang diskontinuitas.
- Lebar Rongga (*Separation*)
Lebar rongga merupakan jarak antara kedua permukaan bidang diskontinu. Jarak ini biasanya diisi oleh material lainnya atau bisa juga diisi oleh air. Makin besar jarak ini, semakin lemah bidang diskontinu tersebut.
- Tingkat Pelapukan (*Weathering*)
Tingkat pelapukan menunjukkan derajat kelapukan permukaan diskontinuitas.
- Material Pengisi (*Infilling*)
Material pengisi antara dua permukaan bidang diskontinuitas mempengaruhi stabilitas bidang diskontinu tersebut.

Tabel 4. Pemberian Bobot Klasifikasi Kondisi Kekar

Parameter	Rating				
	Sangat kasar	Kasar	Sedikit kasar	Halus	Sangat halus
Kekasaran	6	5	3	1	0
Panjang	<1 m	1–3 m	3–10 m	10–20 m	>20 m
	6	4	2	1	0
Lebar rongga	Tidak ada	<0,1 mm	0,1–1,0 mm	1–5 mm	>5 mm
	6	5	4	1	0
Pelapukan	Tidak lapuk	Sedikit lapuk	Lapuk	Sangat lapuk	Hancur
	6	5	3	1	0
Pengisi	Tidak ada	Keras		Lunak	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
	6	4	2	2	0

e. Kondisi Airtanah

Debit aliran airtanah atau tekanan airtanah akan mempengaruhi kekuatan massa batuan. Oleh sebab itu perlu diperhitungkan dalam klasifikasi massa batuan. Kondisi airtanah yang ditemukan pada pengukuran kekar diidentifikasi sebagai salah satu kondisi berikut: kering (*completely dry*), lembab (*damp*), basah (*wet*), terdapat tetesan air (*dripping*), atau terdapat aliran air (*flowing*).

f. Orientasi Diskontinuitas

Nilai *strike* dan *dip* merepresentasikan orientasi dan kemiringan dari bidang diskontinuitas. Nilai *strike* dan *dip* pada pekerjaan rekayasa batuan berhubungan dengan prediksi stabilitas massa batuan dan arah penggalian, serta sangat berperan untuk memberikan penilaian kuantitatif bidang diskontinuitas yang kritis pada penggalian terowongan dan rekayasa lereng pada batuan. Nilai orientasi bidang diskontinuitas terhadap lereng memiliki variasi penilaian kualitatif dan kuantitatif yang sedikit berbeda antara satu dengan lainnya.

2.3.7 Geological Strength Index (GSI)

GSI adalah suatu indeks yang berhubungan dengan kekuatan massa batuan yang terkekarkan dan menghasilkan uji mutu massa batuan untuk perkiraan langsung kekuatan dan kekakuan batuan utuh dan rekahan. GSI mencirikan massa batuan berdasarkan pengamatan struktur (ukuran blok dan bentuk) dan kondisi permukaan diskontinuitas (pelapukan, derajat kekasaran dan alterasi). Ukuran blok dan bentuk menunjukkan geometri massa batuan keseluruhan dan proporsi volume massa batuan yang ditempati oleh diskontinuitas. Nilai GSI berkisar dari 0 hingga 100, dimana nilai GSI 100 adalah setara dengan massa batuan utuh^[12].

Untuk massa batuan berkualitas sangat baik (RMR>25) nilai GSI dapat diperkirakan secara langsung dari RMR Bieniawski dengan bobot air tanah diberikan bobot 10 (kering) dan faktor penyesuaian untuk orientasi kekar diberi bobot 0 (sangat menguntungkan). RMR Bieniawski tidak dapat digunakan untuk menentukan nilai GSI massa batuan dengan kualitas buruk. Jika RMR Bieniawski digunakan, maka:

$$GSI = RMR - 5 \tag{4}$$

2.3.8 Analisis Kestabilan Lereng Penelitian

Analisis tingkat kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan nilai faktor keamanan pada lereng di daerah penelitian. Faktor keamanan dapat dinyatakan dengan *f_k* yang memberikan gambaran nilai suatu lereng dan dapat dikategorikan ke dalam 3 jenis^[13], seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hubungan Nilai *f_k* Lereng Dengan Intensitas Longsor

Nilai <i>f_k</i> Lereng	Intensitas Longsor
<i>f_k</i> < 1,07	Longsor sering terjadi (kritis)
1,07 < <i>f_k</i> < 1,25	Longsor pernah terjadi (labil)
<i>f_k</i> > 1,25	Longsor jarang terjadi (stabil)

Adapun cara yang dilakukan untuk mendapatkan nilai *f_k* lereng tersebut adalah dengan menggunakan *software slide 6.0*.

Rocscience slide adalah salah satu *software* geoteknik yang mempunyai spesialisasi sebagai *software* perhitungan kestabilan lereng. Pada dasarnya *rocscience slide* adalah salah satu program didalam paket perhitungan geoteknik *rocscience* yang terdiri dari *swedge*, *roclab*, *phase2*, *roclplane*, *unwedge*, dan *rocdata*. Secara umum langkah analisis kestabilan lereng dengan *rocscience slide* adalah pemodelan, identifikasi metode dan parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, *running* / kalkulasi, dan interpretasi nilai faktor keamanan.

2.3.9 Usaha Mencegah Terjadinya Longsor

a. Memperkecil Gaya Penggerak

- Mengurangi Ketinggian Lereng
Pengurangan ketinggian lereng dilakukan dengan membuang sebagian massa tanah atau batuan di bagian atas hingga lereng tersebut diperkirakan aman. Pekerjaan ini dapat dilakukan dengan peralatan mekanis seperti *backhoe*, *bulldozer* dan *truck*^[14].
- Memperkecil Kemiringan Lereng
Usaha mencegah kelongsoran dapat juga dilakukan dengan memperkecil kemiringan lereng. Sudut lereng awal adalah α dan setelah dilandaikan menjadi β ^[14].
- Menurunkan Muka Airtanah dan Mengendalikan Air Pada Permukaan Lereng
Ada dua cara yang biasa dilakukan untuk menurunkan muka air tanah, yaitu membuat sumur horizontal dan membuat sumur vertikal. Pada sumur vertikal, air tanah dikeluarkan dengan cara memompa, sedangkan pada sumur horizontal air tanah mengalir melalui saluran yang telah dibuat. Air permukaan dapat diatasi dengan membuat saluran pada bagian bawah lereng dan menutup rekahan. Dengan demikian air tidak akan merembes ke dalam tanah^[14].

b. Memperbesar Gaya Penahan

Peningkatan gaya penahan dapat dilakukan dengan menggunakan *counterweight*, yaitu dengan menambahkan tanah pada kaki lereng. Tanah yang ditambahkan kemudian dipadatkan dengan alat mekanis seperti *roller*^[14].

3. Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan (*applied research*) dan penelitian deskriptif. Penelitian terapan merupakan penelitian yang diarahkan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah^[15]. Sedangkan penelitian deskriptif adalah metode yang membicarakan beberapa kemungkinan untuk memecahkan masalah secara aktual dengan jalan mengumpulkan data, menyusun atau mengklasifikasikannya, menganalisis, dan menginterpretasikannya.

3.2 Objek Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada lereng THC 04 CV. Tahiti Coal Sangkar Puyuh, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Instrumentasi

3.3.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah pengambilan secara langsung ke lapangan/perusahaan tambang. Urutan pengumpulan data adalah sebagai berikut:

- Studi literatur, yaitu dengan mempelajari data-data perusahaan dan laporan penelitian terdahulu.
- Pengamatan langsung di lapangan

3.3.2 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder.

- Data primer diperoleh langsung dari lapangan dan uji laboratorium, yaitu berupa data geometri lereng, data diskontinuitas pada permukaan lereng, data sifat fisik batuan penyusun lereng dan data kuat tekan batuan.
- Data sekunder diperoleh dari studi literatur PT. AIC Jaya, untuk mendukung data-data penelitian seperti data profil perusahaan, peta topografi, peta geologi dan data curah hujan perusahaan.

3.3.3 Instrumentasi

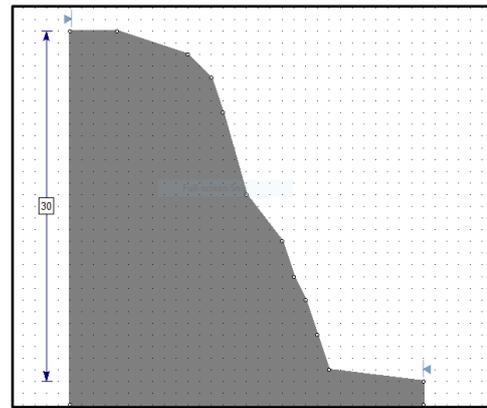
Adapun instrumentasi (peralatan) yang dibutuhkan selama penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Kompas geologi
- GPS
- Meteran
- Palu geologi
- Pemotong batu
- Neraca listrik
- Oven
- Mesin uji *point load*
- Kamera
- Laptop
- Alat tulis

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Geometri Lereng

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, diketahui lereng berada pada koordinat S = 00°37'27" dan E = 100°45'27", dengan elevasi 227 mdpl. Setelah dilakukan pengukuran di lapangan didapatkan geometri lereng dengan tinggi 30 m, panjang 48 m, dan sudut kemiringan lereng adalah 80°.



Gambar 6. Geometri Lereng Penelitian

4.2 Sifat Fisik Batuan

Dari uji sifat fisik batuan yang telah dilakukan di laboratorium, didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Pengujian Sifat Fisik Batuan

Sampel	Wn (gram)	Ww (gram)	Ws (gram)	Wo (gram)
1	23,93	24,89	14,84	23,41
2	22,46	23,47	13,71	22,04
3	24,01	24,94	14,68	23,57

Setelah didapatkan nilai sifat fisik batuan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai bobot isi asli, bobot isi kering dan bobot isi jenuh batuan. Hasil dari pengolahan nilai sifat fisik batuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Sifat Fisik Batuan

Sampel	Bobot isi asli (gr/cm ³)	Bobot isi kering (gr/cm ³)	Bobot isi jenuh (gr/cm ³)
1	2,38	2,33	2,47
2	2,30	2,26	2,40
3	2,34	2,30	2,43
Rata-rata	2,34	2,30	2,43

4.3 Kuat Tekan Batuan

Dari uji beban titik (*point load*) batuan yang telah dilakukan di laboratorium, didapatkan hasil seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Pengujian Beban Titik Batuan

Sampel	Nilai W (cm)	Nilai D (cm)	Nilai Is (MPa)
1	3	3,9	2,71
2	3	3,9	2,60
3	3	3,9	2,66
Rata-rata			2,65

Maka, nilai kuat tekan batuan berdasarkan persamaan 1 adalah:

$$ac = C \times Is$$

$$ac = 21 \times 2,65 \text{ MPa}$$

$$ac = 55,76 \text{ MPa}$$

4.4 Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan yang digunakan pada penelitian ini adalah klasifikasi *Rock Mass Rating (RMR)*. Dalam penerapannya klasifikasi ini membutuhkan beberapa parameter yang telah diketahui pada penjelasan sebelumnya. Setiap parameter tersebut memiliki nilai atau bobot yang dijumlahkan sehingga total bobot tersebut dapat menentukan kelas massa batuan berdasarkan teori Bieniawski. Hasil penjumlahan nilai pembobotan untuk klasifikasi massa batuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Klasifikasi Massa Batuan

Parameter	Nilai	Bobot	
Kuat Tekan	55,76 MPa	7	
RQD	45,858 %	8	
Spasi	< 60 mm	5	
Kondisi Diskontinuitas	Kemenerusan	< 1 m	6
	Lebar Rongga	1 – 5 mm	1
	Kekasaran	Sedikit kasar	3
	Pengisi	Lunak	2
	Pelapukan	Tidak melapuk	6
Kondisi Air	Kering	15	
RMR		53	

Berdasarkan analisis klasifikasi massa batuan yang telah dilakukan menggunakan klasifikasi RMR, diperoleh nilai RMR batuan sebesar 53, sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan termasuk golongan III dengan kualitas massa batuan sedang.

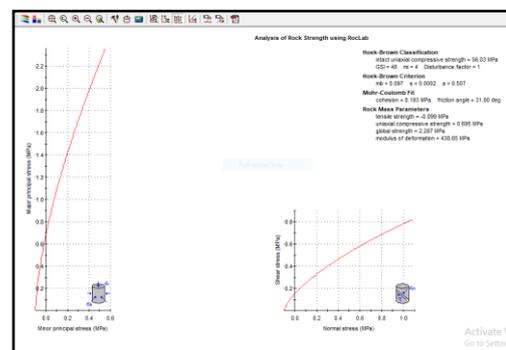
4.5 Analisis Nilai Kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam (φ) Batuan

Dalam menentukan nilai kohesi dan sudut geser dalam batuan, dilakukan menggunakan bantuan *software roclab*. Adapun parameter yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Parameter Analisis Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam Batuan

No	Parameter	Nilai
1	Kuat tekan batuan	55,76 Mpa
2	GSI	48
3	Jenis batuan (Mi)	4
4	<i>Disturbance factor (D)</i>	1

Setelah dimasukkan data dari parameter-parameter di atas, maka akan keluar nilai dari kohesi dan sudut geser dalam batuan seperti yang terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam Batuan Berdasarkan *Software Roclab*

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software roclab*, didapatkan nilai kohesi (c) batuan sebesar 0,193 MPa dan sudut geser dalam (φ) batuan sebesar 31,76°.

4.6 Analisis Tipe Longsoran Pada Lereng Area Penelitian

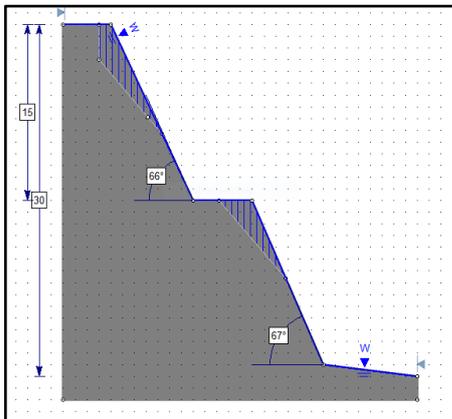
Analisis tipe longsoran dilakukan untuk mengetahui jenis longsoran yang mungkin terjadi pada lereng penelitian. Analisis ini dilakukan menggunakan metode analisis kinematik dengan bantuan *software dips6.008*. Adapun data yang dibutuhkan dalam analisis ini adalah nilai kemiringan lereng, nilai *strike* dan kemiringan bidang diskontinuitas dan nilai sudut geser dalam batuan. Setelah dilakukan *input* data pada *software dips 6.008*, maka akan keluar persentase dari longsoran lereng seperti yang terlihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

kondisi kering sebesar 1,443. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lereng area penelitian pada saat jenuh berada dalam kondisi tidak aman atau labil, sedangkan lereng pada saat asli dan kering berada dalam kondisi aman atau stabil.

4.8 Analisis Lereng Aman Pada Kondisi Jenuh

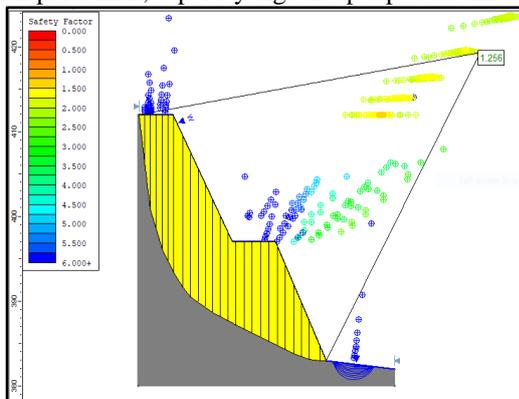
Berdasarkan perhitungan nilai f_k lereng yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa lereng berada dalam kondisi aman, kecuali pada saat lereng kondisi jenuh. Oleh karena itu, perlu diberikan rekomendasi geometri lereng aman untuk menghindari kelongsoran pada saat lereng berada dalam kondisi jenuh.

Perbaikan yang bisa dilakukan untuk menjaga kestabilan lereng adalah dengan mengubah geometri lereng menjadi 2 slopes, dengan kemiringan lereng bagian bawah adalah 67° dan lereng atas 66° . Dalam menganalisis geometri lereng yang sesuai, bisa dilakukan dengan menggunakan *software slide 6.0*, seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Rekomendasi Lereng Aman

Setelah dilakukan perbaikan pada geometri lereng, kita bisa mengetahui nilai faktor keamanan lereng setelah perbaikan, seperti yang terdapat pada Gambar 13.



Gambar 13. Nilai FK Jenuh Setelah Perbaikan

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai f_k lereng pada kondisi jenuh setelah perbaikan berubah dari 1,146 menjadi 1,256. Setelah melakukan perbaikan pada geometri lereng dengan cara mengubah lereng menjadi 2 slopes dengan kemiringan lereng bagian bawah adalah

67° dan lereng atas 66° dengan masing – masing f_k slope 1 adalah 2.304 dan f_k slope 2 adalah 2,209.

Jadi, setelah melakukan perbaikan pada geometri lereng dengan cara mengubah lereng menjadi 2 slopes terbukti dapat mengubah nilai f_k lereng yang awalnya 1,141 menjadi 1,256. Sehingga lereng menjadi tetap aman dan stabil, meskipun berada dalam kondisi jenuh.

4.9 Dampak-dampak Kelongsoran Lereng

Dampak kelongsoran (*consequences*) merupakan hasil lanjutan dari peristiwa longsor lereng tambang dan/atau alami, yang dapat menjadikan perusahaan tambang dihentikan operasinya sehingga mengalami kerugian finansial.

Dampak akibat kelongsoran lereng tambang terbuka sebagai berikut:

1. Cedera/fasilitas terhadap karyawan.
2. Kerusakan peralatan.
3. Dampak ekonomi pada produksi (produksi terhenti)
4. Kondisi tanggap darurat (*force majeure*) bila produksi tidak memenuhi kontrak penjualan.
5. Tindakan industrial, dapat terpicunya konflik/perselisihan mengenai hak, perselisihan kepentingan, perselisihan pemutusan hubungan kerja dan perselisihan antara pekerja/seikat buruh.
6. Dampak lingkungan, perubahan tatanan lereng yang telah di desain oleh *stakeholder* perencanaan tambang, yang berdampak perubahan desain baru dan realisasi dengan biaya yang besar.
7. Remediasi lereng: Lereng mungkin harus dipotong untuk mencegah longsor lanjutan akibat lereng bagian atas yang lebih curam, atau sistem support dibutuhkan.
8. Gangguan produksi: Hal ini mempengaruhi kontrak dan biaya pemenuhan terhadap kontrak.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Dari analisis klasifikasi massa batuan yang telah dilakukan menggunakan klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR), didapatkan nilai RMR batuan pembentuk lereng area penelitian sebesar 53. Sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan termasuk dalam golongan III dengan kualitas massa batuan sedang.
2. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software roclab*, didapatkan nilai kohesi (c) batuan sebesar 0,192 MPa dan sudut geser dalam (ϕ) batuan sebesar $31,76^\circ$.
3. Berdasarkan analisis jenis potensi longsor lereng area penelitian yang telah dilakukan menggunakan *software dips 6.008*, diperoleh hasil bahwa jenis potensi longsor yang mungkin terjadi pada lereng area penelitian adalah longsor bidang (*plane failure*) dengan persentase sebesar 75,14% dan longsor baji (*wedge failure*) dengan persentase sebesar 82,11%. Sehingga kemungkinan besar jenis

longsor yang terjadi adalah longsor baji dengan persentase 82,11%.

4. Dalam menentukan nilai faktor keamanan lereng area penelitian, dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan bantuan *software slide 6.0*. Berdasarkan analisis menggunakan *software slide 6.0*, didapatkan nilai faktor keamanan lereng area penelitian pada kondisi jenuh sebesar 1,141, kondisi asli sebesar 1,380, dan kondisi kering sebesar 1,443.
5. Dalam menjaga kestabilan lereng agar tetap aman atau stabil pada saat kondisi jenuh, perlu dilakukan perbaikan pada geometri lereng tersebut. Perbaikan yang direkomendasikan adalah dengan mengubah sudut kemiringan lereng yang awalnya 80° menjadi 2 slopes, dengan kemiringan lereng bagian bawah adalah 67° dan lereng atas 66°, sehingga dapat mengubah nilai fk lereng jenuh yang awalnya 1,141 menjadi 1,256.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan perbaikan pada geometri lereng tersebut, untuk menjaga agar kondisi lereng area penelitian tetap aman dan stabil.
2. Perlunya perhitungan dan penanganan kelongsoran lebih lanjut, guna untuk meningkatkan faktor aman lereng agar lereng tetap berada dalam kondisi aman dan stabil.

Daftar Pustaka

- [1] Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1).
- [2] Santoso, S. (2012). Panduan Lengkap SPSS Versi 20, Cetakan Kedua. *PT Elex Media Komputindo, Jakarta*.
- [3] Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice*. John Wiley & Sons.
- [4] Hustrulid, W. A., Kuchta, M., & Martin, R. K. (2013). *Open Pit Mine Planning and Design, Two Volume Set & CD-ROM Pack: VI: Fundamentals, V2: CSMine Software Package, CD-ROM: CS Mine Software*. CRC Press.
- [5] Duncan, C. W., & Christopher, W. M. (2004). *Rock slope engineering: civil and mining*.
- [6] Hoek, E., & Brown, E. T. (1980). *Underground excavations in rock*. CRC Press.
- [7] Ridwan, P., Arfiansyah, K., Kusumah, P. A., Amrullah, F., & Gani, R. M. G. (2018). Identifikasi Karakteristik dan Kualitas Andesit Sebagai Bahan Bangunan Daerah Batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat. *Geoscience Journal*, 2(3), 193-200.
- [8] Sudarsono, U., & Hasibuan, G. (2011). Karakteristik Geologi Teknik Tanah Residu Batuan Sedimen Kuarter Bawah Daerah Kertajati, Majalengka, Jawa Barat Engineering Geological Characteristics of the Residual Soil, Lower Quaternary Sediments in Kertajati Region, Majalengka, West Java. *Jurnal Geologi Indonesia*, 6(3), 177-189.
- [9] Rosari, A. A., & Arsyad, M. (2018). Analisis Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Batuan Karst Maros. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 13(3), 276-281.
- [10] Haris, V. T., Lubis, F., & Winayati, W. (2018). Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah Pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 123-130.
- [11] Hudson, J. A., & Harrison, J. P. (2000). *Engineering rock mechanics: an introduction to the principles*. Elsevier.
- [12] Marinos, P., & Hoek, E. (2000, November). GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. In *ISRM international symposium*. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering.
- [13] Bowles, J. E. (1986). *Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah:(mekanika Tanah)*. Erlangga.
- [14] Setyanto, S., Zakaria, A., & Permana, G. W. (2017). Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V. 8.2 (Studi Kasus: Ruas Jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala STA. 263+ 650). *Jurnal Rekayasa*, 20(2), 119-138.
- [15] Yusuf, A. M. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif & penelitian gabungan*. Prenada Media.
- [16]