

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE JANBU SIMPLIFIED PADA LERENG CBP-03 PT. CAHAYA BUMI PERDANA, KECAMATAN TALAWI, KOTA SAWAHLUNTO, SUMATERA BARAT

Excell Vicky Satria^{1*}, Yoszi Mingsi Anaperta^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*excellvickysatria@gmail.com

**yoszimingsianaperta@yahoo.com

Abstract. PT. Cahaya Bumi Perdana merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dan telah berinvestasi di Kota Sawahlunto. Bahan galian yang telah ditambang adalah batubara. Secara administrasi lokasi KP Eksploitasi tersebut berada di Kumanis, Desa Tumpuk Tengah, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat dengan luas 103,10 Ha. Pada PT. Cahaya Bumi Perdana, terdapat lereng dengan ketinggian sekitar ± 35 m dengan kemiringan 75° dengan material penyusun batuan terlapukkan (siltstone) yang berkemungkinan akan terjadinya longsor, dengan kondisi lereng tersebut berpotensi membahayakan pekerja dan menghambat produksi. Berdasarkan data hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan siltstone mendapatkan nilai bobot isi asli $21,87 \text{ KN/m}^3$, nilai bobot isi jenuh $22,14 \text{ KN/m}^3$, nilai bobot isi kering $20,85 \text{ KN/m}^3$, kohesi (c) = 0.0434 Mpa dan sudut geser dalam (ϕ) = 45° . Analisis nilai faktor keamanan (FK) dan rekomendasi geometri lereng aktual menggunakan metode Janbu simplified dengan ketinggian 35 m dan kemiringan 62° sehingga di peroleh FK sebesar 1,313. Untuk rekomendasi geometri lereng dalam keadaan jenuh menggunakan metode Janbu simplified dengan ketinggian 35 m dan kemiringan 62° diperoleh FK sebesar 1.307.

Keywords: Sifat Fisik, Sifat Mekanik Batuan, Geometri Lereng, Janbu Simplified, Faktor Keamanan

1. Pendahuluan

PT. Cahaya Bumi Perdana (CBP) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa pertambangan yang melakukan penambangan batubara dengan luas WIUP PT. CBP $\pm 71,96$ Ha. Jenis penyangga yang digunakan oleh PT. CBP adalah penyangga kayu. Dari susunan pemasangan penyangganya, penyangga kayu berbentuk three pieces set. Three pieces set terdiri dari tiga bagian utama yaitu satu bagian atas (cap) dan dua bagian samping tiang (side post).

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam sistem operasi tambang adalah faktor-faktor geoteknik pada litologi batuan di daerah penambangan. Karena pada saat proses desain suatu lereng sangat banyak faktor - faktor yang mempengaruhi dan harus diinput sebagai

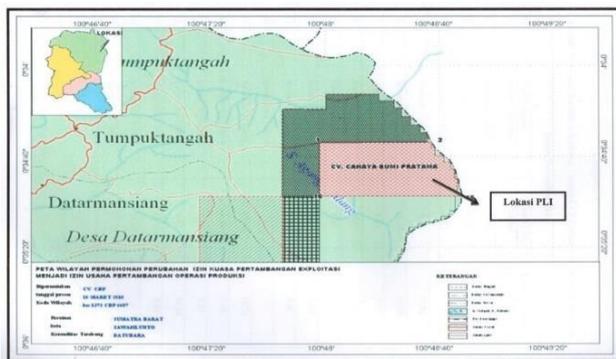
parameter untuk menentukan kemantapan lereng tersebut.

Longsoran merupakan suatu bencana alam yang sering terjadi pada lereng-lereng alami maupun buatan kebanyakan longsor terjadi pada saat tekanan air tanah meningkat yang mengakibatkan penurunan kuat geser 2 tanah (c), dan sudut geser dalam (α) yang menyebabkan kelongsoran (Bria, Kornelis 2017). Longsoran dapat terjadi pada hampir setiap kemungkinan, perlahan-lahan ataupun secara tiba-tiba dan dengan atau tanpa adanya suatu peringatan yang nyata. Berdasarkan hasil pengamatan aktual di lapangan, penulis melakukan penelitian pada lereng CBP 03 dimana tinggi lereng (H) = 35 m dan kemiringan (α) = 75° . Penulis juga menemukan banyak batuan hasil dari longsoran lereng tersebut disekitar lubang tambang CBP 03 yang sangat berisiko apabila

batuan tersebut masuk kedalam lubang tambang CBP 03

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di PT. Cahaya Bumi Perdana yang memiliki izin usaha penambangan seluas 103,1 Ha. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang bawah tanah Menggunakan metode room and pillar serta penambangan lubang maju. Untuk wilayah izin usaha pertambangan PT. Cahaya Bumi Perdana dapat dilihat pada **gambar 1**.



Gambar 1. Peta IUP PT. CBP

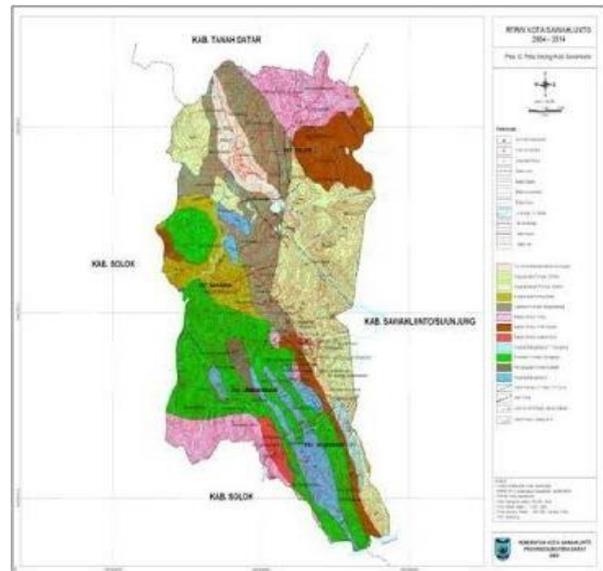
Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Cahaya Bumi Perdana, secara administrasi berada di Kumanis Atas, Desa Tumpuk Tengah, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Secara geografis lokasi tersebut berada pada koordinat 00° 34' 33.60" - 00° 34' 57.42" Lintang Selatan dan 100° 47' 57.80" - 100° 48' 47.84" Bujur Timur. Lokasi kegiatan penambangan dapat ditempuh dari pusat Kota Sawahlunto (Talawi) ke Kumanis (+ 25Km jalan kota beraspal) ke Lokasi (+ 2,5Km jalan tanah diperkeras).

Tanah formasi Sawahlunto mengandung butiran pasir yang dapat mengalirkan air. Akan tetapi dari gambar penampang geologi ombilin diduga air itu lolos ke tempat yang lain. Aspek geologi yang perlu mendapat perhatian yang sangat serius dalam perencanaan dan pengembangan kota Sawahlunto adalah : sesar, gempa, dan gerakan tanah.

Daerah tambang PT. Cahaya Bumi Perdana beriklim tropis dengan suhu berkisar antara 220 sampai 330 C dan terbagi dalam dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Iklim dan cuaca sangat berpengaruh dalam kegiatan perindustrian.

Dalam industri pertambangan, pada kawasan pertambangan bawah tanah air hujan akan masuk ke wilayah penambangan melalui impermeabilitas lapisan tanah di atasnya, sehingga air akan masuk dan memenuhi cekungan di dalam lubang. Kondisi iklim dan curah hujan di kumanis Batu Tanjung Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto dikategorikan dengan tingkat curah hujan sedang. Bulan Januari sampai dengan bulan Agustus beriklim kemarau

sedangkan pada bulan September sampai dengan bulan Desember beriklim hujan.



Gambar 2. Peta Geologi Sawahlunto

3. Kajian Teori

3.1 Konsep kestabilan lereng

Kestabilan lereng baik lereng alami maupun buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsor) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggerak, lereng tersebut akan menjadi tidak stabil dan akan terjadi longsor.

Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan atau tanah adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor. Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut:

$$F = R/F_p$$

Keterangan:

F = faktor kestabilan lereng

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

F_p = gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor

Pada keadaan:

F > 1,0 = lereng dalam keadaan stabil

F = 1,0 = lereng dalam keadaan seimbang (akan longsor)

$F < 1,0$ = lereng dalam keadaan tidak stabil

3.2 Klasifikasi Longsoran

Berdasarkan kedudukan bidang lemah pada batuan, longsoran yang sering terjadi adalah longsoran busur (circular failure) yaitu longsoran yang berbentuk busur biasanya terbentuk pada material yang umumnya homogen sedangkan pada material dengan heterogenitas kompleks sering terjadi longsoran bidang (plane failure), longsoran baji (wedge failure) dan juga longsoran toppling.

Berdasarkan proses longsornya, longsoran batuan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

a. Longsoran Bidang (plane failure)

Longsoran bidang merupakan suatu longsoran batuan yang terjadi sepanjang bidang lurus yang dianggap rata. Bidang lurus tersebut dapat berupa sesar, kekar (joint) maupun bidang perlapisan batuan.

b. Longsoran Baji (Wedge Failure)

Longsoran baji dapat terjadi pada suatu batuan jika terdapat lebih dari satu bidang lemah yang bebas dan saling berpotongan. Sudut perpotongan antara bidang lemah tersebut harus lebih besar dari sudut geser dalam batuan. Bidang lemah ini dapat berupa bidang sesar (fault), kekar (joint) maupun bidang perlapisan. Persyaratan lainnya yang harus dipenuhi untuk terjadinya longsoran baji adalah bila sudut lereng lebih besar dari pada sudut garis potong kedua bidang lemah tersebut ($\psi_f > \psi$), dan sudut garis potong kedua bidang lemah lebih besar daripada sudut geser dalamnya.

c. Longsoran Busur (Circular Failure)

Longsoran busur hanya terjadi pada tanah atau material yang bersifat seperti tanah. Antara partikel tanah tidak terikat satu sama lain. Dengan demikian, longsoran busur juga dapat terjadi pada batuan yang sangat lapuk serta banyak mengandung bidang lemah maupun tumpukan (timbunan) batuan hancur.

d. Longsoran Guling (toppling)

Longsoran guling terjadi apabila bidang-bidang lemah yang hadir di lereng mempunyai kemiringan yang berlawanan dengan kemiringan lereng dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Keadaan tersebut dapat digambarkan dengan balok-balok yang diletakkan diatas sebuah bidang miring.

3.3 Analisis Stabilitas Lereng

Pada dasarnya seluruh metoda analisis kemantapan lereng memiliki tujuan yang sama yaitu untuk memperoleh kestabilan dengan cost yang sedikit dalam kegiatan penambangan maupun konstruksi teknik sipil.

Secara umum tujuannya sebagai berikut:

- Menentukan kondisi kestabilan lereng
- Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsoran yang mungkin terjadi.
- Memprediksi tingkat kerawanan lereng terhadap resiko longsor.
- Merancang suatu lereng yang optimal dan memenuhi kriteria keamanan dan kelayakan yang ekonomis.

Maka penyelidikan lapangan dan laboratorium seperti yang telah di paparkan diatas harus dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Dalam penyelidikan tersebut juga harus dilakukan investigasi dan pemantauan lapangan secara rutin untuk mengevaluasi potensi-potensi bahaya pada lereng

3.4 Klasifikasi Massa Batuan

a. Rock Mass Rating System (RMR)

Rock Mass Rating System (RMR), atau sering juga dikenal sebagai Geomechanics Classification telah dimodifikasi berulang kali begitu informasi baru dari studi-studi kasus diperoleh dan menjadikannya sesuai dengan International Standard and Procedure. RMR terdiri dari 5 parameter utama dan 1 parameter pengontrol sebagai berikut:

- Kuat tekan batuan utuh (UCS).
- Rock Quality Designation (RQD).
- Jarak discontinue/kekar.
- Kondisi discontinue/kekar.
- Kondisi air tanah.
- Koreksi dapat dilakukan apabila diperlukan untuk orientasi diskontinuitas/ kekar.

b. Rock Quality Designation (RQD)

Kehadiran bidang diskontinuitas didalam massa batuan sering memberi pengaruh buruk pada sifat mekaniknya sehingga parameter kuantitatif bidang diskontinuitas perlu diketahui. Parameter yang dapat menunjukkan kualitas massa batuan sebelum penggalian dilakukan adalah RQD yang dikembangkan oleh Deere (1964) yang mana datanya diperoleh dari pengeboran eksplorasi dalam bentuk inti bor.

RQD dihitung dari persentase bor inti yang diperoleh dengan panjang minimum 10 cm dan jumlah potongan inti bor tersebut biasanya diukur pada inti bor sepanjang 2 m, potongan akibat penanganan pemboran harus diabaikan dari perhitungan dan inti bor yang lembek dan tidak baik berbobot RQD = 0 (Bieniawski, 1989). Made Astawa Rai dkk (2011, hal. 398).

Apabila bor inti tidak tersedia, RQD dapat dihitung secara tidak langsung dengan melakukan pengukuran orientasi dan jarak diskontinuitas pada

singkapan batuan. Priest & Hudson (1976) mengajukan sebuah persamaan untuk menentukan RQD dari data garis bentangan.

Tabel 1. Hubungan antara RQD, Kualitas Batuan dan Indeks Kecepatan

Kualitas massa	RQD (%)	FF (m^{-1})	Indeks kecepatan
Sangat buruk	0	>15	< 0.2
Buruk	25 – 50	15 – 8	0.2 – 0.4
Sedang	50 – 75	8 – 5	0.4 – 0.6
Baik	75 – 90	5 – 1	0.6 – 0.8
Sangat baik	90 - 100	< 1	0.8 – 1.0

4. Metode Penelitian

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Waktu Penelitian

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 12 Oktober 2020 dan kemudian akan dilanjutkan kegiatan pengambilan data yang dilakukan mulai tanggal 09 November sampai 09 Desember 2020.

b. Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan di wilayah penambangan PT. Cahaya Bumi Perdana. Penelitian kemudian dibatasi dan difokuskan pada lereng CBP 03 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat.

4.2 Jenis Penelitian

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.

Dalam melaksanakan penelitian permasalahan ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya diperoleh pendekatan penyelesaian masalah. Adapun urutan pekerjaan penelitian yaitu :

a. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan melalui bahan-bahan pustaka yang dapat menunjang diperoleh dari:

- 1) Deskripsi umum perusahaan
- 2) Teori kestabilan lereng
- 3) Teori mengenai metode-metode analisis kestabilan lereng
- 4) Teori sifat fisik dan sifat mekanik batuan
- 5) Teori analisis data statistik

b. Pengamatan Lapangan

Dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung dan seksama dilapangan untuk mengetahui masalah yang akan dibahas, khususnya di area Blok Bukit Tambun. Peninjauan lapangan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap topografi daerah dan data-data penunjang lainnya dari masalah yang akan dibahas.

c. Pengambilan Data

Pengambilan data langsung di lapangan dipakai sebagai salah satu bahan untuk mengetahui permasalahan yang ada sehingga dapat diambil suatu solusi yang tepat. Namun karena beberapa alasan dan pertimbangan maka untuk melakukan pengambilan data dilapangan tidak bisa dilakukan sepenuhnya. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder.

- 1) Data primer adalah data yang diambil langsung dari pengamatan lapangan, yaitu:
 - a) Peta geologi regional
 - b) Geometri lereng aktual.

Data yang diambil yaitu pengukuran strike and dip batuan penyusun lereng.
 - c) Bidang diskontinu.

Data yang diambil yaitu strike/dip dari kekar, jarak /spasi bidang diskontinu dan Jumlah kekar permeter.
 - d) Measuring stratigrafi.
 - e) Sampel batuan untuk uji sifat fisik dan mekanik.
 - f) Data hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan.

Data sifat fisik dan sifat mekanik batuan yang diperoleh dari hasil uji laboratorium kemudian diolah dengan menggunakan bantuan Microsoft Excel untuk mengetahui nilai rata-rata, ukuran dispersi, dan distribusi data hasil uji.

- 2) Data sekunder adalah data yang dikumpulkan berdasarkan literatur dari berbagai referensi dan arsip-arsip laporan perusahaan, seperti peta topografi.

d. Pengolahan Data

1) Data sifat fisik batuan

Pengujian bobot isi (γ) bertujuan untuk mendapatkan berat isi/ bobot isi tanah yang merupakan perbandingan antara berat batuan basah dengan volumenya (gram/cc).

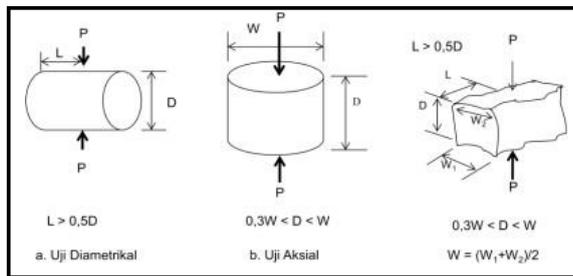
$$\text{Bobot isi asli} = W_n / (W_w - W_s)$$

$$\text{Bobot isi kering} = W_o / (W_w - W_s)$$

$$\text{Bobot isi jenuh} = W_w / (W_w - W_s)$$

2) Uji point load index

Menurut ISRM (1985), tipe dan syarat contoh batuan untuk uji Point Load Index adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Tipe dan Syarat Sampel Uji PLI

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a) Ambil bongkah batu yang akan diuji.
- b) Tempatkan percontoh batu diantara dua konis penekan, naikkan konis bagian bawah hingga menempel pada percontoh.
- c) Jarak antara dua konis penekan pada saat itu diukur dengan jangka sorong (D).
- d) Naikkan konis bagian bawah hingga percontoh batu pecah dan baca besarnya beban pada alat (P).

3) Uji geser langsung (direct shear strength test)

Kriteria keruntuhan geser yang paling banyak dipakai adalah kriteria mohr-coulomb yang ditulis dalam persamaan :

$$\tau = c + \sigma_n (\tan \phi)$$

Hasil pengujian ini untuk mengetahui kuat geser batuan pada tegangan normal tertentu. Dari hasil pengujian dapat ditentukan:

- a) Kurva intrinsik (*Strength envelope*)
- b) Kuat geser (τ – *Shear strength*)
- c) Sudut geser dalam (ϕ)
- d) Tegangan normal (σ_n)
- e) Kohesi (c)

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Pengolahan Data Kekar untuk Metode Stereografis Analisa Kinematik

Untuk menghindari terjadinya longsor maka dilakukannya analisis terhadap geometri lereng yang ada dengan melakukan analisis kestabilan lereng.



Gambar 4. Pengambilan Data Kekar

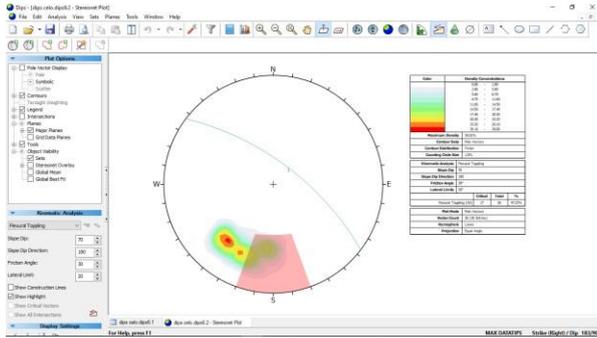
Setelah data bidang diskontinuitas yang telah diambil dari hasil pengamatan dilapangan berupa strike, dip, dip direction serta kondisi bidang diskontinu menggunakan metode scanline maka selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak Stereonets Dips untuk melihat orientasi penyebaran bidang diskontinuitas pada stereonet.

Tujuan utama dari pengeplotan data diskontinuitas ini adalah untuk melihat arah umum dan orientasi mayor dan minornya. Selanjutnya setelah dilakukan pengeplotan maka membuat set diskontinuitasnya dari contour plot nya.

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 direction nya serta sudut geser dalamnya pada stereonet.

Maka dari hasil pengeplotan tersebut nantinya dapat diketahui potensi potensi longsor pada masing-masing scanline dengan cara point station berdasarkan kriteria pola utama longsor yang dikemukakan Hoek dan Bray pada tahun 1981. Pengamatan lereng dilokasi penelitian menggunakan scanline point station sehingga mendapat model dan arah longsor pada bidang scanline point station tersebut.

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 5.



Gambar 5. Flexural Toppling

Berdasarkan pola set diskontinu dan kedudukan lereng pada stereonets dapat dilihat bahwa adanya model keruntuhan guling. Keruntuhan guling (flexural toppling) pada lereng berdasarkan pola set diskontinu diatas memiliki presentase 47,22 %.

5.2 Parameter Pengujian Laboratorium Geoteknik

a. 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).

Tabel 2. Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

NO	Uji Sifat Fisik (gr/cm ³)	Kode Sampel			Rata-rata (gr/cm ³)
		1	2	3	
1	Bobot Isi Asli	2.127	2.353	2.215	2,23
2	Bobot Isi Kering	2.034	2.242	2.107	2,13
3	Bobot Isi Jenuh	2.159	2.379	2.240	2,26

Dari tabel diatas range bobot isi dalam gr/cm³ yaitu berada dikisaran 2,1 – 2,2 gr/cm³, sehingga batuan terlapukkan penulis siltstone tersebut terbukti. Berdasarkan densities of sedimentary rock pada website Geophysics for Practicing Geoscientists (<https://bit.ly/3uhi5M7>) batuan yang berada pada range 1,80 – 2,30 gr/cm³ merupakan tipe batuan siltstone.

b. Pengujian Point Load Index

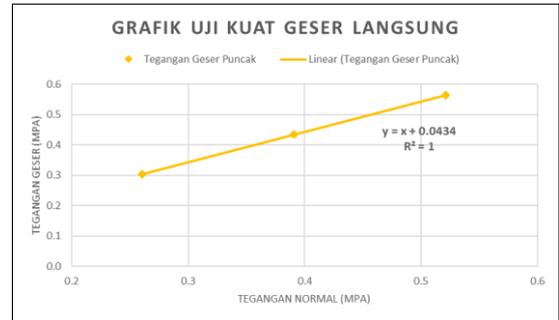
Pengujian point load index dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan (σ_c) dari material.

Tabel 3. Hasil Uji Point Load Index

No	Parameter					
	D (cm)	F	P (Kg)	Is (kg/cm ²)	σ_c (kg/cm ²)	σ_c (MPa)
1	3	0.79	123.9	10.939	251.608	24.658
2	3.2	0.82	128.1	10.234	235.374	23.067
3	3.3	0.83	148.4	11.303	259.973	25.477
RATA-RATA					248,985	24,401

c. Pengujian Kuat Geser Batuan

Pengujian kuat geser langsung ditujukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dalam bentuk nilai puncak (peak) dan residual. Hasil uji kuat geser langsung dapat dilihat pada gambar 6 dan tabel 4.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Kuat Geser

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Geser

Tegangan Geser	Kohesi (Mpa)	Sudut Geser Dalam(°)
Puncak	0.0434	45

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 dari pembobotan rock mass rating system yang telah di lakukan maka didapat hasil dari pembobotan klasifikasi massa batuan seperti pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Klasifikasi Kelas Massa Batuan berdasarkan RMR-Sistem

Parameter Klasifikasi RMR Sistem			
No	Parameter	Rating	
1	Point Load Indeks	4	
2	RQD	20	
3	Spasi Diskontinuitas	10	
4	Kondisi Bidang Diskontinuitas	Kekerasan	3
		Kemenerusan	6
		Lebar Rongga	1
		Tingkat Pelapukan	3
	Material Pengisi	6	
5	Muka Air Tanah	10	
6	strike dan Dip Of Joint Set	0	
Total Rating		63	
Nomor Kelas Massa Batuan		II	

Berdasarkan hasil perhitungan klasifikasi massa batuan diatas maka diketahui nilai rock mass rating (RMR) di area kajian yakni sebesar 63. Berikut adalah arti dari nilai rock mass rating (RMR) tersebut:

Tabel 6. Nilai Kelas Batuan

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

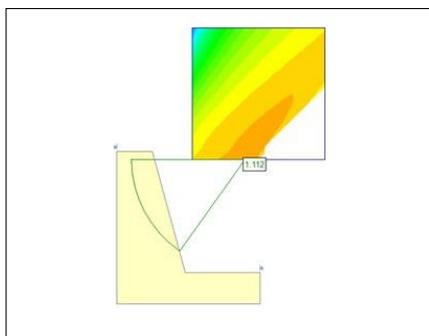
5.3 Analisis Kestabilan Lereng

a. Analisis Kestabilan Lereng Aktual

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 metode Bowles untuk menilai stabilitas model lereng tunggal (Single slope) yang dapat diterima ialah (FK) $\geq 1,3$.

Untuk mendapatkan rancangan lereng yang optimum, lereng dianalisis dengan target FK 1,3 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 paling umum 15 m (Read & Stacey, 2009: 239, Hustrulid et al. 2001: 27 dalam Edi Setiawan 2016).

Data awal berupa parameter geoteknik didapatkan berdasarkan data hasil uji batuan di laboratorium. Parameter geoteknik ini merupakan parameter geoteknik yang tidak terganggu (undisturbed). Berikut merupakan gambaran dari bentuk lereng actual CBP 03 yang dibuat dengan slide 6.0.

**Gambar 7.** FK Lereng Aktual CBP 03

Geometri untuk lereng tunggal dengan tinggi lereng 35 meter dan sudut sebesar 75° dengan lebar jenjang sebesar 10 meter. Berdasarkan analisis menggunakan Software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal

dalam kondisi jenuh sebesar 1,112 yang berarti lereng dalam keadaan tidak aman.

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

Berdasarkan hasil dari pengolahan orientasi bidang diskontinu menggunakan analisis stereografis arah dan tipe longsoran adalah longsoran guling dan hasil analisis kestabilan lereng aktual diperoleh faktor keamanan pada kondisi jenuh sebesar 1,112 dengan ketinggian lereng 35 meter dan kemiringan lereng 75° dengan nilai parameter yaitu sudut geser dalam 45° , kohesi $43,4 \text{ KN/m}^2$ dan bobot isi asli $21,87 \text{ KN/m}^3$.

Nilai faktor keamanan tersebut menunjukkan lereng dalam keadaan tidak aman. Hal tersebut dapat disebabkan karena geometri lereng yang curam menyebabkan lereng dalam keadaan tidak aman (FK $< 1,3$). Oleh karena itu diperlukan upaya atau solusi agar lereng tetap dalam keadaan aman walaupun saat keadaan jenuh dengan melakukan modifikasi pada geometri lereng pengamatan sehingga FK $> 1,3$.

Berdasarkan hasil analisis diatas dengan modifikasi geometri lereng untuk mendapatkan geometri lereng dengan kondisi lereng aman dapat dilihat pada tabel 17, dibawah ini

Tabel 7. Rekomendasi Geometri Lereng

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi Lereng (m)	Sudut Lereng ($^\circ$)	Lebar Bench (m)	Faktor Keamanan
Jenuh	Single	35	62	10	1,307
	Overall	17,5	74 x 2 (57)	5 x 2	1,306
Natural	Single	35	62	10	1,313
	Overall	17,5	74 x 2 (57)	5 x 2	1,311
Kering	Single	35	62	10	1,337
	Overall	17,5	74 x 2 (57)	5 x 2	1,334

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

a. Arah dan tipe longsoran Berdasarkan hasil dari pengolahan orientasi bidang diskontinu menggunakan analisis stereografis arah dan tipe longsoran adalah N 307° E 67° dan longsoran guling.

b. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan.

1) Pengujian Sifat Fisik

- Nilai rata-rata bobot isi asli dari material siltstone yaitu, $21,87 \text{ KN/m}^3$.
- Nilai rata-rata bobot isi kering dari material siltstone yaitu, $20,85 \text{ KN/m}^3$.

- c) Nilai rata-rata bobot isi jenuh dari material siltstone yaitu, 22,14 KN/m³.
- 2) Pengujian Sifat Mekanik
- a) Pengujian point load index
- Nilai rata-rata hasil pengujian point load index (σ_c) adalah 24,42 Mpa.
- b) Hasil nilai pengujian kuat geser batuan
- Nilai rata-rata hasil pengujian kuat geser batuan yaitu kohesi (c) 0,04 Mpa dan sudut geser dalam (ϕ) 45^o.
- c) Rekomendasi geometri lereng.
- Rekomendasi geometri lereng CBP 03 adalah sebagai berikut:
- 1) Kondisi kering dengan ketinggian 35 meter dan single slope angle 62^o dengan FK 1,337. Tinggi lereng keseluruhan 35 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 57^o di peroleh FK = 1,334.
- 2) Kondisi natural dengan ketinggian 35 meter dan single slope angle 62^o dengan FK 1,313. Tinggi lereng keseluruhan 35 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 57^o di peroleh FK = 1,311.
- 3) Kondisi Jenuh dengan ketinggian 35 meter dan single slope angle 62^o dengan FK 1,304. Tinggi lereng keseluruhan 35 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 57^o di peroleh FK = 1,306.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan geometri lereng hal ini dilakukan dengan memperbaiki geometri lereng yang ada dengan mengikuti rekomendasi desain yang telah dibuat untuk menjaga kestabilan lereng dengan nilai FK > 1.3.
- b. Perlunya ketelitian pada saat melakukan pengujian sampel di laboratorium agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
- c. Langkah pemeliharaan, pemantauan, dan penanganan pada lereng tambang sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng tetap dalam kondisi aman.

Daftar Pustaka

- [1] Arif Irwandi. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Bates, R.L. & Jackson, J.A. 1987. Glossary of Geology, 1997, 3rd edition. American Geological Institute: Virginia.
- [3] Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering Classification of Jointed Rock Mass.

- Transaction of the South of African Intitution of Civil Engineering.
- [4] Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classification. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-60172-1.
- [5] Brady, B. H. G. and Brown, E. T. 2004. Rock Mechanics. New York: Kluwer Academic Publishers.
- [6] Cherianto, Octovian Parluhutan Rajagukguk, Turangan A.E, Sartje Monintja. 2014. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraldan sta.1000m). Jurnal Sipil Statik. Vol.2 No.3.
- [7] Deere, D.U. 1989. Rock quality designation (RQD) after 20 years. U.S. Army Corps Engrs. Contract Report GL-89-1. Vicksburg, MS: Waterways Experimental Station.
- [8] Duncan, J.M. 2000. Factors of safety and reliability in geotechnical engineering. J. Geotechnical & Geoenvironmental Engineering.
- [9] Faradibah, Nabila, Yayuk Apriyanti, dan Irvani. 2016. Analisis kestabilan lereng menggunakan metode slope mass rating (SMR) dan software geoslope/W 2007 pada tambang air laya selatan lokasi suban di PT Bukit Asam (persero) Tbk. Jurnal Mineral. Vol 1 No.1.
- [10] Herlambang, A. 2014. Analisis Distribusi Rekahan dan Stilolyte Menggunakan Data Singkapan dan Data Sumur Pada Batugamping Formasi Rajamandala di Area Cikamuning, Padalarang, Jawa Barat, Indonesia. Bandung.
- [11] Husein, Dasri, Bambang Heriyadi dan Yoszi Mingsi Anaperta. 2018. Analisis Kestabilan Lereng Pit AI-Blok B di PT. Anugerah Alam Danalas Desa Muara Ketalo, Kelurahan Sungai Bengkal, Kecamatan Tebo Ilir, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi. Jurnal Bina Tambang. Vol.3 No.1.
- [12] ISRM. 1980. Suggested Methods for The Qualitative Description of Discontinuities in Rock. Int. Journal Rock Mechanics, Mining Sciences & Geomechanical Abstr. 17.
- [13] 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.
- [14] Kuntjojo. 2009. Metode Penelitian. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- [15] L, Robert Bates and Julia A. Jackson. 1984. Dictionary of geological terms. American Geological Institute
- [16] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2018. Kepmen ESDM RI Nomor 1827 K/30/MEM/2018: Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Lampiran II.

- [17] Priest, S. D., dan Hudson, J. A. 1976. Discontinuity Spacing in Rock. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* 13.
- [18] Rahim, Azhary, Bambang Heriyadi, dan Yoszi Mingsi Anaperta. 2015. Analisis Kestabilan Lereng Untuk Menentukan Geometri Lereng Pada Area Penambangan Pit Muara Tiga Besar Selatan Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*. Vol.2, No. 1
- [19] Sahmijar, Sahmijar, dan Bambang Heriyadi. 2019. Analisa Kestabilan Lereng Studi Kasus Kelongsoran Ruas Jalan Mdaneh-Sungai Nyalo Kecamatan Koto XI Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan. *Jurnal Bina Tambang*. Vol.4, No. 2.
- [20] Saputri, Oktaviana, Bambang Heriyadi, dan Yoszi Mingsi Anaperta. 2018. Analisis Kestabilan Lereng Untuk Sistem Penambangan Overburden (Soil) Di Area Iup 412 Ha Bukit Tajarang Indarung Pt. Semen Padang Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*. Vol.3, No. 1.