

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE JANBU SIMPLIFIED PADA LERENG CBP-02 PT. CAHAYA BUMI PERDANA, KECAMATAN TALAWI, KOTA SAWAHLUNTO, SUMATERA BARAT

Oci Shania Putri^{1*}, Mulya Gusman^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*ocishaniaputri@gmail.com

**mulyagusman@ft.unp.ac.id

Abstrak. PT. Cahaya Bumi Perdana (CBP) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa pertambangan yang melakukan penambangan batubara dengan luas WIUP PT. CBP ±71,96 Ha. Kegiatan penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang terbuka dengan metode *back filling* dan sistem tambang bawah tanah dengan metode *room and pillar*. 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. Pada PT. Cahaya Bumi Perdana, terdapat lereng dengan ketinggian sekitar ±40 m dengan kemiringan 81° 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 23,45 KN/m³, nilai bobot isi jenuh 23,78 KN/m³, nilai bobot isi kering 22,68 KN/m³, kohesi (c) = 0,0448 Mpa dan sudut geser dalam (φ) = 46,43°. Analisis nilai faktor keamanan (FK) dan rekomendasi geometri lereng tunggal menggunakan metode Janbu *simplified* dengan ketinggian 40 m dan kemiringan 59° sehingga diperoleh FK sebesar 1,325 dalam kondisi kering, 1,302 dalam kondisi jenuh, 1,309 dalam kondisi natural.

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 ±71,96 Ha. Kegiatan penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang terbuka dengan metode *back filling* dan sistem tambang bawah tanah dengan metode *room and pillar*. Metoda *room and pillar* adalah suatu kegiatan pengambilan batubara di bawah tanah dengan cara membuat blok-blok dalam lapisan batubara yang dikelilingi oleh pilar-pilar berbentuk bujur sangkar dan empat persegi panjang yang berguna sebagai penyangga. Jenis penyangga yang digunakan oleh PT. CBP adalah penyangga kayu^[1].

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^[3].

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)^[10]. 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-02 dimana tinggi lereng (H) = 40 m dan kemiringan (α) = 81°.

Penulis juga menemukan banyak batuan hasil dari longsoran lereng tersebut disekitar lubang tambang CBP-02 yang sangat berisiko apabila batuan

tersebut masuk kedalam lubang tambang CBP-02. Jenis material pada lereng CBP-02 adalah batuan sedimen (*siltstone*). Batu *siltstone* terletak pada bagian dasar yaitu sebagai (*base*).

material lereng, yang awalnya keras menjadi lunak. Selanjutnya menganalisis kestabilan lereng setelah longsor serta memberikan rekomendasi desain geometri lereng pada CBP-02 agar nilai $FK > 1,25$ dengan menggunakan metode Janbu *Simplified* yang disederhanakan.

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.

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 $00^{\circ} 34' 33,60'' - 00^{\circ} 34' 57,42''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ} 47' 57,80'' - 100^{\circ} 48' 47,84''$ Bujur Timur.

Lokasi kegiatan penambangan dapat ditempuh dari pusat Kota Sawahlunto (Talawi) ke Kumanis (+ 25 Km jalan kota beraspal) ke Lokasi (+ 2,5 Km jalan tanah diperkeras).

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 penggeraknya, lereng tersebut akan menjadi tidak stabil dan akan terjadi longsor^[7].

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^[16]. 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 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^[2].

Secara umum tujuannya sebagai berikut:

- Menentukan kondisi kestabilan lereng
- Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsor 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.

3.3 Klasifikasi Massa Batuan

3.3.1 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^[4]. 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.

3.3.2 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 (Bieniaewski, 1989). Made Astawa Rai dkk (2011, hal. 398). singkapan batuan. Priest & Hudson (1976) mengajukan sebuah persamaan untuk menentukan RQD dari data garis bentangan^[12].

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

3.3.3 Metode Janbu Simplified.

Metode Janbu *simplified* Sama halnya seperti metode Bishop *simplified*, metode ini telah mengalami penyederhanaan. Metode ini memenuhi keseimbangan gaya akan tetapi tidak memenuhi keseimbangan momen mengganggu gaya antar irisan adalah gaya normal dan bidang longsor berupa busur lingkaran. (T Korah, 2014). Dan metode Janbu *simplified* adalah salah satu dari metode yang banyak digunakan untuk menganalisis kemantapan lereng yang memiliki permukaan bidang gelincir tidak berupa busur lingkaran (*non-sirkular*). Metode ini menggunakan suatu faktor koreksi (f_0) untuk mengkoreksi bentuk bidang gelincir yang tidak berupa busur lingkaran.^[13]

3.3.4 Pengaruh Kestabilan Lereng Terhadap Lingkungan area Penambangan

Longsor 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 tanah (c), dan sudut geser dalam (α) yang menyebabkan kelongsoran^[5].

3.3.5 Analisis Dampak Kelongsoran

Penelitian tentang analisis dampak ini telah dilakukan oleh Terbrugge dkk (2006) dan steffen dkk (2008) yang mencakup analisis dampak keselamatan dan ekonomi. Menurut Terbrugge (2006), dampak akibat kelongsoran lereng tambang yaitu sebagai berikut :

- 1) Cidera dan/atau fatalitas 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
- 6) Hubungan masyarakat : resistensi stakeholder, dampak lingkungan, dsb.

Menurut Terbrugge (2005), dampak ekonomi akibat kelongsoran lereng tambang terbuka mencakup beberapa kemungkinan di bawah ini :

- 7) Biaya Pembersihan (*clean-up cost*) : biaya pemindahan material longsor dan penyiapan lokasi penambangan dapat segera dilakukan.
- 8) Remediasi lereng : Lereng mungkin harus dipotong untuk mencegah longsor lanjutan akibat lereng bagian atas yang lebih curam, atau sistem support dibutuhkan.
- 9) Perbaikan jalan angkutan dan pembukaan akses jalan : jalan angkutan dan ramp mungkin rusak dan pembukaan akses jalan tersebut menuju tambang harus dipertimbangkan. Perhitungan ini seharusnya mempertimbangkan penggunaan jalan angkutan alternatif, dan biaya yang berkaitan jika hanya ada satu ramp ke dalam pit yang rusak.
- 10) Pemindahan Peralatan : Biaya pemindahan peralatan ke bagian lain dari tambang sehingga dapat lebih produktif.
- 11) Kerusakan peralatan dan infrastruktur : Biaya penggantian peralatan dan infrastruktur. Hal ini menjadi pertimbangan penting untuk kasus di mana suatu fasilitas pengolahan dekat dengan lokasi crest lereng tambang.
- 12) Biaya yang berkaitan dengan fatalitas dan cidera : Biaya ini termasuk biaya industrial dan aksi legal.
- 13) Gangguan produksi : Hal ini mempengaruhi kontrak dan biaya pemenuhan terhadap kontrak.

4. Metode Penelitian

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

4.1.1 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.

4.1.2 Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan di wilayah penambangan PT. Cahaya Bumi Perdana. Penelitian kemudian dibatasi dan difokuskan pada lereng CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat.

4.1.3 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

1) 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:

- Deskripsi umum perusahaan
- Teori kestabilan lereng
- Teori mengenai metode-metode analisis kestabilan lereng
- Teori sifat fisik dan sifat mekanik batuan
- Teori analisis data statistik

2) Pengamatan Lapangan

Dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung dan seksama dilapangan untuk mengetahui masalah yang akan dibahas, khususnya di lereng CBP-02. Peninjauan lapangan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap topografi daerah dan data-data penunjang lainnya dari masalah yang akan dibahas.

3) 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.

Data primer adalah data yang diambil langsung

dari pengamatan lapangan, yaitu:

- Peta geologi regional
- Geometri lereng aktual.
Data yang diambil yaitu pengukuran strike and dip batuan penyusun lereng.
- Bidang diskontinu.
Data yang diambil yaitu strike/dip dari kekar, jarak /spasi bidang diskontinu dan Jumlah kekar per meter.
- Measuring stratigrafi.
- Sampel batuan untuk uji sifat fisik dan mekanik.
- 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.

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan berdasarkan literatur dari berbagai referensi dan arsip-arsip laporan perusahaan, seperti peta topografi^[15].

4) Pengolahan Data

a) 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).

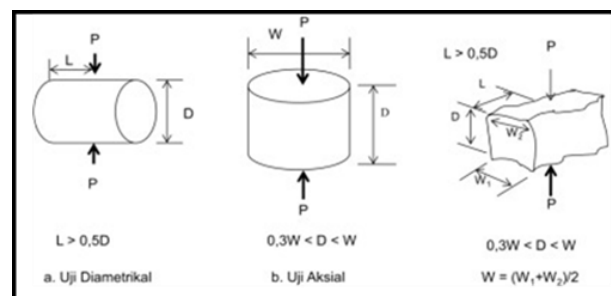
$$\text{Bobot isi asli} = W_n / (W_w - W_s)$$

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

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

b) Uji Point Load Index

Menurut ISRM (1985), tipe dan syarat contoh batuan untuk uji Point Load Index adalah sebagai berikut^[8] :



Gambar 3. Tipe dan Syarat Sampel Uji PLI

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

- Ambil bongkah batu yang akan diuji.
- Tempatkan percontoh batu diantara dua konis penekan, naikan konis bagian bawah hingga menempel pada percontoh.
- Jarak antara dua konis penekan pada saat itu diukur dengan jangka sorong (D).

- Naikkan konis bagian bawah hingga percontoh batu pecah dan baca besarnya beban pada alat (P).

c) *Uji geser langsung (direct shear strength test)*

Kriteria keruntuhan geser yang paling banyak dipakai adalah kriteria mohr-coulomb yang ditulis dalam persamaan^[14]:

$$\tau = c + \sigma n (\tan \emptyset)$$

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

- Kurva intrinsik (Strength envelope)
- Kuat geser (τ – Shear strength)
- Sudut geser dalam (\emptyset)
- Tegangan normal (σn)
- Kohesi (c)

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Pengolahan Data Kekar untuk Metode Stereografis Analisa Kinematik

Untuk menghindari terjadinya longsoran maka dilakukannya analisis terhadap geometri lereng yang ada dengan melakukan analisis kestabilan lereng. 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^[11].

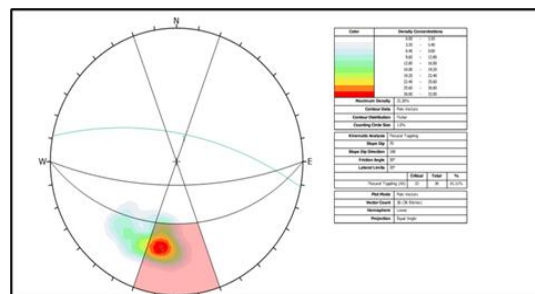
Tujuan utama dari pengeplotan data diskontinuitas ini adalah untuk melihat arah umum dan orientasi mayor dan minornya. Selanjutnya setelah dilakukan pengeplotan maka membuat set diskontinuitasnya dari *contour plot* nya.

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 longsoran paada masing-masing *scanline* dengan cara point station berdasarkan kriteria pola utama longsoran yang dikemukakan Hoek dan Bray pada tahun 1981. Pengamatan lereng dilokasi penelitian menggunakan scanline point station sehingga

mendapat model dan arah longsoran 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 stereonet dapat dilihat bahwa adanya model keruntuhan guling. Keruntuhan guling (*flexural toppling*) pada lereng berdasarkan pola set diskontiniu diatas memiliki presentase 47,22 %.

5.1.1 Parameter Pengujian Laboratorium Geoteknik

1) *Pengujian Sifat Fisik Batuan*

Bobot isi merupakan salah satu parameter dari hasil uji sifat fisik yang penting dalam analisis kestabilan lereng. Nilai bobot isi dapat dibagi atas nilai bobot isi asli, bobot isi kering (*dry density*) dan bobot isi jenuh (*saturated density*)^[9].

Tabel 2. Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

Kode Sampel	Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	Bobot isi Jenuh (gr/cm ³)	Bobot Isi Kering (gr/cm ³)
1	2,355	2,389	2,277
2	2,440	2,475	2,366
3	2,384	2,417	2,300

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.

2) *Pengujian Point Load Index*

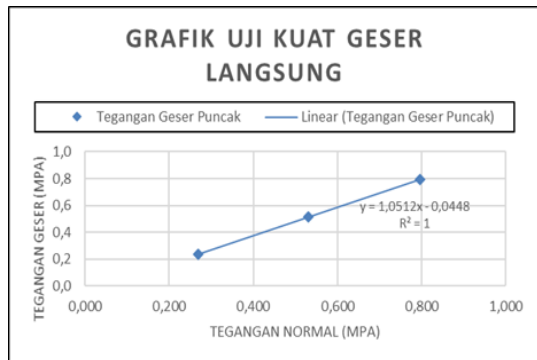
Pengujian point load index dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan (σc) dari material.

Tabel 3. Hasil Uji Point Load Index

No	Parameter					
	D (cm)	F	P (K.g)	Is (kg/cm ²)	σc (kg/cm ²)	σc (Mpa)
1	3	0,79	186,3	16,449	378,326	37,076
2	3,1	0,81	197,1	16,540	380,423	37,282
3	3,2	0,82	208,7	16,673	383,470	37,580

3) Pengujian Kuat Geser Batuan

Pengujian kuat geser langsung ditujukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (Ø) 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	Sudut Geser Dalam (°)
Puncak (MPa)	0,0448	1,051
Puncak (KPa)	44,8	46,43

Orientasi discontinuitas merupakan strike atau dips discontinuitas (dips/dips direction). Orientasi bidang discontinuitas di lapangan 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 dilakukan 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

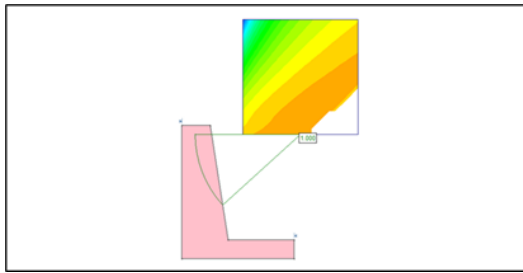
5.2 Analisis Kestabilan Lereng

5.2.1 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) ≥ 1,25^[6].

Untuk mendapatkan rancangan lereng yang optimum, lereng dianalisis dengan target FK 1,25 dengan pemilihan tinggi lereng utamanya dipengaruhi oleh kemampuan alat gali yang akan digunakan. Untuk tambang terbuka skala besar, tinggi lereng yang umum dipilih adalah 10 – 18 m, dengan tinggi 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 aktual CBP 02 yang dibuat dengan slide 6.0.



Gambar 7. FK Lereng Aktual CBP-02

Geometri untuk lereng tunggal dengan tinggi lereng 40 meter dan sudut sebesar 81° dengan lebar jenjang sebesar 10 meter. Berdasarkan analisis menggunakan *Software slide* 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dalam kondisi jenuh sebesar 1,136 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 1,136 dengan ketinggian lereng 40 meter dan kemiringan lereng 81° dengan nilai parameter yaitu sudut geser dalam 45°, kohesi 44,8 KN/m² dan bobot isi asli 23,48 KN/m³.

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 < 1,25). 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 > 1,25.

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 (°)	Lebar Jenjang (m)	Faktor Keamanan
Asli	Single	40	59	10	1,309
	Overall	20 x 2	57° (69° x 2)	5 x 2	1,314
Jenuh	Single	40	59	10	1,302
	Overall	20 x 2	57° (69° x 2)	5 x 2	1,308
Kering	Singel	40	59	10	1,325
	Overall	20 x 2	57° (69° x 2)	5 x 2	1,330

6. Penutup

6.1 Kesimpulan

1. Arah dan tipe longsoran Berdasarkan hasil dari pengolahan orientasi bidang diskontinu menggunakan analisis stereografis arah dan tipe longsoran adalah N 281° E 66° dan longsoran guling.

Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan.

NO	UJI SIFAT FISIK	RATA-RATA	Kn
1	Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	2,393	23,45
2	Bobot Isi Kering (gr/cm ³)	2,314	22,68
3	Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	2,427	23,78

Pengujian Sifat Mekanik

- Pengujian point load index

No	Parameter						
	D(cm)	F	P(Kg)	Is (kg/cm ²)	Is (Mpa)	σc (kg/cm ²)	σc (Mpa)
1	3	0,79	186,3	16,449	1,612	378,326	37,076
2	3,1	0,81	197,1	16,540	1,621	380,423	37,282
3	3,2	0,82	208,7	16,673	1,634	383,470	37,580

- Hasil nilai pengujian kuat geser batuan

Tegangan Geser	Kohesi (Mpa)	Sudut Geser Dalam(°)
Puncak	0,0448	1,051
	44,8	46,43

2. Dalam menentukan nilai faktor keamanan lereng area penelitian, dilakukan dengan bantuan *software slide* 6.0. Berdasarkan analisis menggunakan *software slide* 6.0, didapatkan nilai dari faktor keamanan lereng dalam kondisi jenuh sebesar 0,994, kondisi natural sebesar 1,000 dan kondisi kering sebesar 1.016. Berdasarkan analisis nilai faktor keamanan lereng yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kondisi lereng area penelitian adalah tidak aman atau labil.
3. Rekomendasi Geometri Lereng.
Untuk memperbaiki faktor keamanan lereng, penulis memberikan rekomendasi geometri pada lereng CBP-02 sebagai berikut:

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi Lereng (m)	Sudut Lereng (°)	Lebar Jenjang (m)	Faktor Keamanan
Asli	Single	40	59	10	1,309
	Overall	20 x 2	57° (69° x 2)	5 x 2	1,314
Jenuh	Single	40	59	10	1,302
	Overall	20 x 2	57° (69° x 2)	5 x 2	1,308
Kering	Singel	40	59	10	1,325
	Overall	20 x 2	57° (69° x 2)	5 x 2	1,330

6.2 Saran

1. Saran yang dapat diberikan penulis pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :
2. 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 $FK > 1,25$.
3. Perlunya ketelitian pada saat melakukan pengujian sampel di laboratorium agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
4. Langkah pemeliharaan, pemantauan, dan penanganan pada lereng tambang sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng tetap dalam kondisi aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim PT. Cahaya Bumi Perdana.
- [2] Arrozi, Muh. Fachrudin., dkk. 2015. "Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum di DAS Tirtomoyo Wonogiri Menggunakan Metode Bishop Disederhanakan". E-Journal MATRIKS Teknik Sipil 546.
- [3] Arif, Irwandi. 2013. Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Kontinu dengan Menjaga Kestabilan Lereng. Bandung: ITB
- [4] Audah., dkk. "Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating Dan Metode Stereografis Pada Pit Berenai Pt. Dwinad Nusa Sejahtera (Sumatera Copper And Gold) Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan". E Journal Unsri, JP Vol.1 No.5.
- [5] Bria, Kornelis & Isjudarto, Ag. 2017. Analisis Kestabilan Lereng pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan Pt. Artha Niaga Cakrabuana Job Site Cv. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Journal itny
- [6] Dwiatmoko, Marselinus Untung., dkk. 2020. "Analisis Kestabilan Lereng Bekas Tambang Tanah Urug di Gunung Kupang Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan". Jurnal GEOSAPTA Vol. 6 No. 1. Hlm. 69-72
- [7] Fikri, M. Adli, Heriyadi, Bambang, Heri Prabowo. 2018. "Analisis Stabilitas Lereng pada Pit Tambang Air Laya Barat Section C-C' PT. Bukit Asam (Persero) Tbk" Sumatera Selatan. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [8] Metriani, Riri., dkk. 2019. "Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat". Jurnal Bina Tambang Vol. 4 , No. 4
- [9] Pane, Riski Adelina & Anaperta, Yoszi M. 2019. Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Bina Tambang, Vol. 4, No. 3.
- [10] Rahim Azhary, Bambang Heryadi & Yoszi M. Anaperta. "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 tidak diterbitkan. Padang : UNP.
- [11] Rahman, H.A. and Ramadhan, F.R. 2019. Landslide Mitigation of Banjir Kanal Semmarang, with Grouting Method. In Journal of physics: Conference Series (Vol.1387, No.1, p.012099). IOP Publishing.
- [12] Rajagukguk, Octovian Cherianto Parluhutan, Turangan A.E, Sartje Monintja. 2014. "Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m)" Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.3.
- [13] Sandra H & Yoszi M. Anaperta. "Analisis Kestabilan Lereng Studi Kasus Area Tambang Rakyat di Bukit Tui S0 28°43.15" E100 24°16.24"-S0 28°43.15" E100 24°15.28" Kecamatan Pdang Panjang ". Jurnal. Bina Tambang Vol 3, No.4.
- [14] Saputri, Oktaviana, Bambang Heriyadi & Yoszi Mingsi Anaperta. 2017. "Analisis Kestabilan Lereng Untuk Sistem Penambangan Overburden (Soil) Di Area Iup 412 Ha Bukit Tajarang Indarung Pt. Semen Padang Sumatera Barat". Padang : UNP.
- [15] Satria, Rinaldi. 2015. "Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Kualitas Massa Batuan di Area Tambang Terbuka Batubara PT. Karya Hasil Utama, Kabupaten Sijunjung, Provinsi Sumatera Barat." Skripsi tidak diterbitkan. Padang: UNP.
- [16] Sonny Prayoga. 2005. "Analisa Kestabilan Lereng Dinding Akhir Di Pit AB Monyet PT. KPC, Sangatta, Kalimantan Timur". Skripsi tidak diterbitkan. Fakultas Teknologi Mineral. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran": Yogyakarta. [17] Priest, S. D., dan Hudson, J. A.