

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE BISHOP PADA JALAN UTAMA MENUJU PENAMBANGAN DI PT. CAHAYA BUMI PERDANA, KOTA SAWAH LUNTO

Satria Al Rafid^{1*}, Yoszi Mingsi Anaperta^{2**}

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Univesitas Negeri Padang, Indonesia

[*sarafid97@gmail.com](mailto:sarafid97@gmail.com)

[**yoszimingsianaperta@yahoo.com](mailto:yoszimingsianaperta@yahoo.com)

Abstract. PT. Cahaya Bumi Perdana is a company engaged in the coal mining business in Sawahlunto City. Mining activities carried out are open pit mining system with replenishment method and underground mining system using space and pillar method. In August 2020 there was a landslide on the main road to the mining site. The type of slope forming material is clay. The assumed arc landslide stretch with the initial slope geometry before the landslide is 70 ° and 35 meters high. Landslides disrupt the main road access to the mine due to falling material. The method used in this research is the bishop method and the hoek and bray method. The results of this study can be ignored as follows. Data from laboratory testers were density 9,212 kN/m³, cohesion 53,462 kN/m², and deep shear 22,950. The density value in dry conditions is 8,065 kN / m³, and at saturated conditions is 10,196 kN/m³. The slope factor in natural conditions is 1.267, 1.372 in dry conditions, and 1.178 in saturated conditions. Recommended slope geometry using the bishop method with a new slope height of 17 meters, a width of 10 meters and a slope of 500 per level, and 420 for the total slope, obtained a new safety factor. The total safety factor in dry conditions is 2,223 and single slop is 3,031. In saturated conditions, the total is 1,932 and 2,546 singles. With the hoek method, the safety factor for new slopes in dry conditions is 2.49 and 1.93 in saturated conditions with the same height, width and slope as the bishop method.

Key Words : Safety Factor, Bishop Metode, Slope.

1. PENDAHULUAN

PT. Cahaya Bumi Perdana merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan batubara di Kota Sawahlunto. Kegiatan penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang terbuka dengan metode back filling dan sistem tambang bawah tanah dengan metode room and pillar.

Dalam kegiatan penambangan, masalah kestabilan lereng sangat banyak ditemukan, misalnya lereng pada penambangan open pit, penimbunan overburden, dan lain-lain. Apabila lereng-lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan maupun yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan tidak stabil, maka dapat menyebabkan

gangguan pada kegiatan produksi, selain juga membahayakan keselamatan pekerja ^[1].

Berdasarkan pengamatan pada saat melakukan observasi yang telah dilakukan pada pertengahan Agustus 2020 dan akhir Agustus 2020 di PT. Cahaya Bumi Perdana, penulis menemukan adanya longsoran yang terjadi di jalan utama menuju lokasi penambangan. Jenis material pembentuk lereng adalah clay. Longsoran tersebut diasumsikan berupa longsoran busur dengan geometri lereng awal sebelum terjadinya longsoran adalah 70° dan tinggi 35 meter, setelah terjadinya longsoran sudut lereng menjadi 48° dengan ketinggian tetap 35 meter. Longsoran tersebut mengakibatkan terganggunya

akses jalan utama menuju penambangan dikarenakan runtuhnya material longsoran

2. KAJIAN TEORI

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian terletak pada area jalan utama menuju lokasi penambangan PT. Cahaya Bumi Perdana, dilakukan pada titik koordinat 47 M 0697490, 9931902 dalam UTM



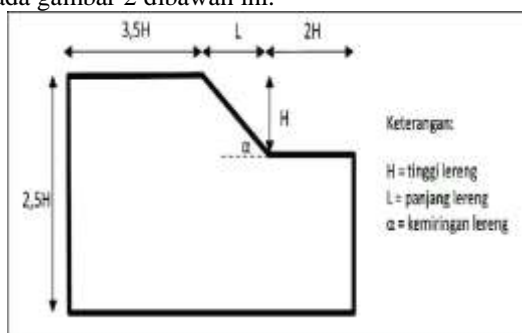
Sumber : PT. Cahaya Bumi Perdana

Gambar 1. Peta Lokasi Kesampaian Daerah PT. Cahaya Bumi Perdana

2.2. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

2.2.1. Geometri Lereng

Geometri lereng mencakup tinggi lereng, sudut kemiringan lereng, dan lebar jenjang, seperti terlihat pada gambar 2 dibawah ini.



Sumber : Adrin Tohari

Gambar 2. Geometri Lereng

Kemiringan suatu lereng sangat mempengaruhi kestabilannya. Semakin besar kemiringan dan ketinggian suatu lereng, maka kestabilan semakin berkurang. Apabila suatu lereng mempunyai kemiringan yang tetap, maka perubahan ketinggian akan mengakibatkan perubahan kestabilan dari lereng

tersebut karena berat material lereng yang harus ditahan oleh kekuatan geser tanah/batuan semakin besar, sehingga semakin tinggi lereng maka sudut kemiringan lereng yang diperlukan lereng akan semakin kecil^[2].

2.2.2. Penyebaran Batuan

Macam penyebaran dan hubungan antar batuan yang terdapat di daerah penelitian harus diketahui. Hal ini perlu dilakukan karena sifat fisik dan mekanis batuan berbeda sehingga kekuatan batuan dalam menahan bebannya sendiri juga berbeda.

2.2.3. Relif Permukaan Bumi

Faktor ini mempengaruhi laju erosi, pengendapan, menentukan arah aliran air permukaan lebih besar dan mengakibatkan pengikisan yang lebih banyak. Akibatnya adalah banyak dijumpai singkapan-singkapan yang mempercepat proses pelapukan. Batuan akan mudah lapuk dan mempengaruhi kekuatan batuan. Pada akhirnya kekuatan batuan menjadi kecil sehingga kemandapan lereng berkurang

2.2.4. Struktur Geologi Regional dan Lokal

Struktur geologi yang perlu diketahui adalah bidang diskontinuitas atau bidang lemah seperti sesar, kekar, perlapisan, bidang ketidak selarasandan sebagainya. Struktur geologi ini merupakan bidang lemah dalam massa batuan dan dapat menurunkan kemandapan lereng.

2.2.5. Iklim dan Curah Hujan

Iklim mempengaruhi kemandapan lereng karena iklim mempengaruhi perubahan temperatur. Temperatur yang cepat berubah akan mempercepat proses pelapukan batuan, yang jelas mengurangi gaya tahan dari lereng tersebut^[3].

Air mempunyai fungsi sebagai pelarut dan sebagai media transportasi material pengisi celah rekahan dimana akibat adanya kehadiran air tersebut dapat menimbulkan tegangan air yang akan mengurangi tegangan normal sehingga akan memperkecil kekuatan geser.

2.2.6. Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Sifat fisik dan mekanik tanah yang diperlukan sebagai data menganalisis kestabilan lereng adalah :

2.2.6.1. Kandungan Air

Semakin besar kandungan air dalam tanah, maka tekanan air pori menjadi semakin besar juga. Dengan demikian kuat geser tanah menjadi semakin kecil, sehingga kestabilan lereng berkurang.

2.2.6.2. Berat Jenis

Berat jenis tanah juga disebut specific gravity, dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Nilai dari berat isi tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volumenya^[4].

2.2.6.3. Bobot Isi Tanah

Nilai bobot isi atau tanah akan menentukan besarnya beban yang diterima pada permukaan bidang longsor, dinyatakan dalam satuan per volume. Bobot isi tanah juga dipengaruhi oleh jumlah kandungan air dalam tanah tersebut. Semakin besar bobot isi pada suatu lereng tambang maka gaya geser penyebab kelongsoran akan semakin besar, dengan demikian kestabilan lereng semakin berkurang.

2.2.6.4. Kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Kohesi (c) adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar.

Sudut geser dalam (ϕ) adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam batuan atau tanah. Semakin besar sudut geser dalam suatu material, maka kuat geser tanah juga akan semakin besar, dengan demikian tanah dilereng akan lebih stabil dan material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya.

Nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (direct shear strength test). Untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam, dinyatakan dalam persamaan Mohr-Coulomb sebagai berikut:

$$\tau_{nt} = \sigma n \tan \phi + c \dots \dots \dots [5]$$

dimana :

- tnt : tegangan geser
- σn : tegangan normal
- ϕ : sudut geser dalam
- c : kohesi

2.2.7. Gaya Dari Luar

Gaya-gaya dari luar yang dapat mempengaruhi (mengurangi) kestabilan suatu lereng adalah, getaran yang diakibatkan oleh gempa, peledakan dan alat berat yang melewati jalan dekat lereng, pemotongan dasar (toe) lereng, penebangan pohon-pohon pelindung lereng.

2.3. Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan, tanggul dan dinding tambang terbuka^[6].

Dilihat dari material penyusunnya, terdapat dua macam lereng, yaitu lereng tanah dan lereng batuan, walaupun kenyataan yang dijumpai pada lereng tambang selalu merupakan gabungan dari material tanah dan batuan. Dalam analisis dan penentuan jenis tindakan pengamanannya, lereng tanah tidak dapat disamakan dengan lereng batuan karena parameter material dan jenis penyebab longsor kedua material pembentuk lereng tersebut sangat jauh berbeda.

2.4. Kestabilan Lereng

Analisa kestabilan lereng dilakukan untuk menilai tingkat kestabilan suatu lereng. Istilah kestabilan lereng dapat didefinisikan sebagai ketahanan blok di atas suatu permukaan miring (diukur dari garis horizontal) terhadap runtuh (collapsing) dan gelinciran (sliding) dalam hal ini setiap permukaan tanah yang memiliki kemiringan terhadap garis horizontal disebut lereng, baik alami maupun buatan manusia. Karena lereng tidak horizontal, melainkan membentuk sudut, akan timbul suatu gaya penggerak akibat adanya gravitasi dan cenderung membuat blok di atas permukaan miring tersebut bergerak menuruni lereng.

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:

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

dimana :

F : faktor kestabilan lereng

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

Fp : gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor

pada keadaan :

$F \geq 1.3$ = lereng dalam keadaan stabil

$1 < F < 1.3$ = lereng dalam keadaan seimbang (akan longsor)

$F \leq 1$ = lereng dalam keadaan tidak stabil

2.5. Klasifikasi Longsoran

2.5.1. Longsoran Bidang (Plan Failure)

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

2.5.2. Longsoran Baji (Wedge Failure)

Longsoran baji dapat terjadi pada suatu batuan jika terdapat lebih dari satu bidang yang bebas saling berpotongan. Sudut perpotongan diantara bidang lemah tersebut harus lebih besar dari sudut geser dalam batuan. Bidang lemah ini dapat berupa bidang sesar, rekahan maupun bidang perlapisan. Cara longsoran baji dapat melalui salah satu beberapa bidang lemahnya, atau melalui garis perpotongan kedua bidang lemahnya.

2.5.3. Longsoran Busur (Circular Failure)

Longsoran busur akan terjadi pada tanah atau material yang bersifat seperti tanah, yang diantara partikel tanah tidak saling terikat satu sama lain. Tetapi longsoran busur juga dapat terjadi pada batuan yang sudah lapuk dan banyak terdapat bidang-bidang lemah maupun tumpukan batuan hancur.

2.5.4. Longsoran Guling (Toppling Failure)

Longsoran guling akan terjadi pada suatu lereng batuan yang arah kemiringannya berlawanan dengan keniringan bidang-bidang lemahnya.

2.6. Metode Kestimbangan Batas

Metode kestimbangan batas merupakan metode yang cukup populer dan praktis dalam analisis kestabilan, dengan kondisi kestabilan dinyatakan dalam indeks faktor keamanan, yaitu dengan

menghitung kesetimbangan gaya atau kesetimbangan momen, atau keduanya tergantung dari metode perhitungan yang dipakai.

2.6.1. Metode Bishop Yang Disederhanakan

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan salah satu metode pada longsor busur yang menggunakan prinsip irisan dalam menentukan faktor keamanan dari suatu massa material yang berpotensi longsor. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan kesetimbangan momen pada titik pusat lingkaran runtuh. Gaya geser antar irisan diabaikan. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$FK = \frac{\sum(X/1 + \frac{Y}{F})}{(\sum Z + Q)}$$

$$X = (c' + (\gamma \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \tan \theta) \frac{\Delta x}{\cos \alpha}$$

$$Y = \tan \alpha \cdot \tan \theta$$

$$Z = \gamma \cdot h \cdot \Delta x \cdot \sin \alpha$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot Z^2 \left(\frac{\alpha}{R} \right)$$

dimana:

FK = factor keamanan

γ = bobot isi material (ton/m³)

γ_w = bobot isi air (ton/m³)

α = kemiringan bidang lurus (°)

h = tinggi lereng (m)

h_w = tinggi lereng jenuh (m)

c' = kohesi (Mpa)

Z = kedalaman tegangan Tarik (m)

2.6.2. Metode Hoek and Bray

Metode Hoek and Bray adalah salah satu metode grafik yang menggambarkan kondisi jenuh. Metode Hoek and Bray sendiri tergantung pada :

1. Jenis tanah dan batuan, dalam hal ini tanah dan batuan dianggap homogen dan kontinu.
2. Longsoran yang dapat terjadi menghasilkan bidang lurus berupa busur lingkaran.
3. Tinggi permukaan air tanah pada lereng antara lain :
 - a. Kondisi air tanah nomor 1 yaitu kering
 - b. Kondisi air tanah nomor 2 yaitu air permukaan 8 kali dari ketinggian lereng dibelakang toe dari slope
 - c. Kondisi air tanah nomor 3 yaitu air permukaan 4 kali dari ketinggian lereng dibelakang toe dari slope

- d. Kondisi air tanah nomor 4 yaitu air permukaan 2 kali dari ketinggian lereng dibelakang toe dari slope
- e. Kondisi air tanah nomor 4 yaitu jenuh

3. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

3.1.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini terarah ke penelitian terapan (Applied Research), yaitu jenis penelitian yang bertujuan untuk mengaplikasikan teori yang didapat dabangku perkuliahan terhadap aktual lapangan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan tanggal 18 Agustus dan 31 Agustus 2020, kemudian dilanjutkan kegiatan pengambilan data yang dilakukan mulai tanggal 7 September 2020 sampai 9 September 2020.

3.1.3. Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan di wilayah penambangan PT. Cahaya Bumi Perdana. Penelitian ini kemudian dibatasi dan difokuskan pada area jalan utama menuju penambangan di PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawah Lunto, Provinsi Sumatera Barat.

3.2. Jenis dan Sumber Data Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan (data primer dan data sekunder), sehingga dari keduanya diperoleh pendekatan penyelesaian masalah.

3.3. Teknik Analisa Data

Setelah semua data telah didapatkan, maka data tersebut dikelompokkan menjadi beberapa bagian sesuai peruntukannya, data tersebut meliputi geometri lereng aktual dan pengukuran sifat fisik dan mekanik tanah di laboratorium. Kemudian data tersebut digabung ke dalam data input yang digunakan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng.

3.3.1. Melakukan analisis kestabilan lereng

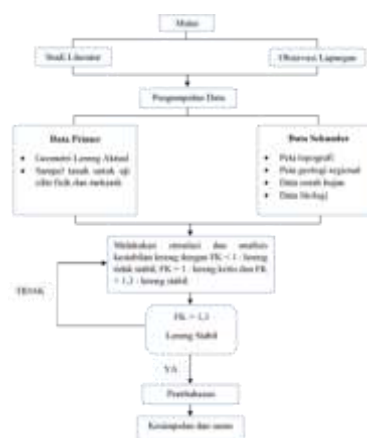
Dengan data geometri lereng dan material pembentuknya maka selanjutnya dilakukan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode

Bishop Simplified yang dibantu oleh program komputer Rosience Slide 6.0 dan metode grafik Hoek and Bray.

3.3.2. Rancangan geometri lereng

Jika faktor keamanan yang diperoleh $>1,3$ maka lereng dalam keadaan stabil/aman, namun perlu dilakukan monitoring secara berkala untuk mencegah terjadinya longsoran. Namun jika $FK < 1$ maka diperlukan solusi untuk menstabilkan lereng tersebut berdasarkan geometri lereng dan material pembentuk, seperti dengan mengubah geometri lereng sehingga diperoleh nilai $FK > 1,3$ (lereng dalam keadaan stabil) untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja.

3.4. Diagram Alir



Gambar 3. Diagram alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian

4.1.1. Data Hasil Pengukuran Di Lapangan

Penelitian dilakukan pada jalan utama menuju lokasi penambangan PT. Cahaya Bumi Perdanayang terletak pada elevasi 316 mdpl sampai elevasi 351 mdpl.

Pada lokasi penelitian di PT. Cahaya Bumi Perdana tersebut telah terjadi kelongsoran yang diakibatkan ketidakstabilan lereng yang dikarenakan belum melakukan kajian geoteknik. Untuk menghindari terulangnya longsoran maka dilakukan evaluasi terhadap geometri lereng yang ada dengan melakukan analisis kestabilan lereng.



Gambar 4. Longsoran Yang Terjadi Di Lokasi Penelitian

4.1.2. Data Pengujian Laboratorium

4.1.2.1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah merupakan pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai bobot isi dari sampel tanah.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kadar Air

NO	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Asli (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Kadar Air (%)
1	5.72	16.15	13.95	27
2	5.28	14.28	12.47	25
3	5.36	15.31	13.52	22

Dari tabel diatas didapatkan rata-rata dari ketiga sampel dalam pengujian kadar air sebesar 24,6 %.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Berat Jenis

No	W1 (g)	W2 (g)	W3 (g)	W4 (g)	Berat Jenis
1	33,02	49,31	141,03	132,01	2,24
2	34,54	60,82	148,38	133,33	2,34
3	32,42	45,84	137,74	132,09	1,72

Dari tiga sampel yang telah diuji, diambil rata-rata dari nilai berat jenisnya sehingga diperoleh nilai berat jenis tersebut sebesar 2,107.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Bobot Isi Natral

Nomor Cincin	Berat Tanah + Berat Cincin (gr)	Berat Cincin (gr)	Volume (cm ³)	Bobot Isi (gr/cm ³)
1	106,256	47.66	60.7	0.965

2	103,413	47.66	60.7	0.918
3	105,395	47.66	60.7	0.951

Dari data diatas diambil rata-rata dari ketiga sampel, sehingga didapat bobot isi natural adalah 0,94 gr/cm³, dan dikonversi satuannya menjadi 9,212 kN/m³. Selanjutnya tanah di oven dan dilakukan hal yang sama untuk mendapatkan nilai bobot isi tanah dalam kondisi kering.

Tabel 4. Data Pengujian Bobot Isi Kering

Nomor Cincin	Berat Tanah + Berat Cincin (gr)	Berat Cincin (gr)	Volume (cm ³)	Bobot Isi (gr/cm ³)	Bobot Isi (kN/m ³)
1	97,1305	47.66	60.7	0.815	7.987
2	97,616	47.66	60.7	0.823	8.065
3	98,1017	47.66	60.7	0.831	8.144

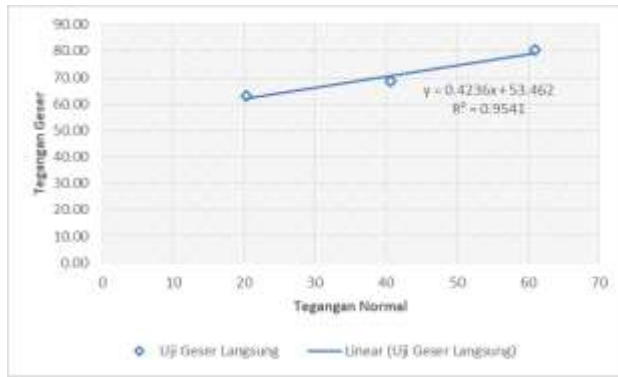
Dari tabel diatas didapatkan rata-rata dari ketiga sampel yang telah diuji dengan hasil bobot isi tanah dalam kondisi kering ialah 0,823 gr/cm³ dan setelah satuan dikonversi, menjadi 8.065 kN/m³.

4.1.2.2. Pengujian Sifat Mekanik

Tabel 5. Data Pengujian Geser Langsung

No	Tegangan Normal (kN/m ²)	Tegangan Geser (kN/m ²)
1	20.33	63,17
2	40.67	68,51
3	61.00	80,39

Untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam, tegangan normal dan tegangan geser akan di plot ke dalam grafik dimana tegangan normal sebagai X dan tegangan geser sebagai Y.



Gambar 5. Uji Geser Langsung

Pada trandline antara tegan geser dan tegangan normal didapat persamaan $y = 0,4236x + 53,462$. Dari persamaan tersebut didapat nilai kohesi sebesar 53,462 kN/m². Untuk nilai dari sudut geser dalam didapatkan dengan,

$$\begin{aligned} \phi &= \text{Arc Tan}(0,4236) \\ &= 22,96^\circ \end{aligned}$$

4.1.2.3. *Properties Material*

Properties material meliputi bobot isi, kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai yang dipakai sebagai data awal properties material adalah nilai rata-rata dari data yang diuji laboratorium.

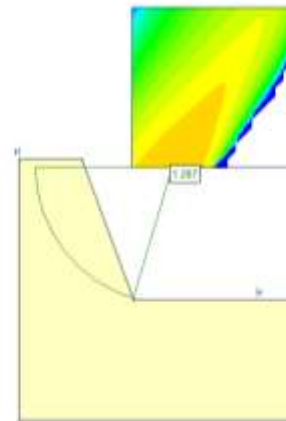
Tabel 5. Data Properties Material

Litologi	Bobot Isi Natural (kN/m ³)	Bobot Isi Kering (kN/m ³)	Bobot Isi Jenuh (kN/m ³)	Kohesi (kN/m ²)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Clay	9,212	8,065	10,196	53,462	22,96

4.2. **Analisis Kestabilan Menggunakan Software Roscience Slide 6.0**

4.2.1. *Analisis Lereng Natural*

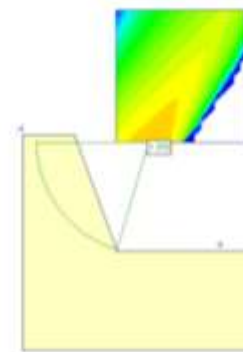
Dari analisis kestabilan lereng aktual sebelum longoran didapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 1,267 pada kondisi natural. Nilai faktor keamanan tersebut menunjukkan lereng dalam keadaan kritis dan akan longsor.



Gambar 6. Faktor Keamanan Lereng Natural

4.2.2. *Analisis Lereng Dalam Keadaan Kering*

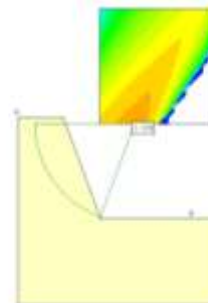
Untuk keadaan lereng dalam kondisi kering, nilai Faktor Keamanan yang didapat adalah 1,372. Nilai Faktor Keamanan tersebut menunjukkan lereng dalam kondisi aman.



Gambar 7. Faktor Keamanan Lereng DALAM Keadaan Kering

4.2.3. *Analisis Lereng Dalam Keadaan Jenuh*

Sedangkan dalam kondisi jenuh, didapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 1,178. Nilai Faktor Keamanan tersebut juga menunjukkan lereng dalam kondisi sangat tidak aman.



Gambar 8. Faktor Keamanan Lereng Dalam Keadaan Jenuh

4.3. Rekomendasi Lereng

Menurut Abromson dkk. (2001) dalam tugas akhir riski adelina pane (2019), penanggulangan keruntuhan lereng tambang dengan mengurangi gaya pendorong dapat dilakukan antara lain dengan cara mengubah geometri lereng atau mengendalikan air permukaan untuk mengurangi tekanan hidrostatik yang bekerja pada zona yang tidak stabil.

Untuk tambang terbuka skala besar, tinggi lereng yang umum dipilih adalah 10 – 18 m, dengan tinggi paling umum 15 m.

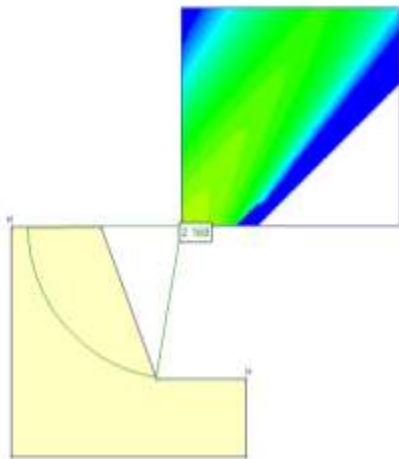
4.3.1. Reomendasi Lereng (Natural)

Untuk rekomendasi lereng tunggal dibuat tinggi lereng 17 meter, sudut sebesar 70° dan lebar jenang sebesar 10 meter.

Tabel 6. Rekomendasi Geometri Lereng Natural

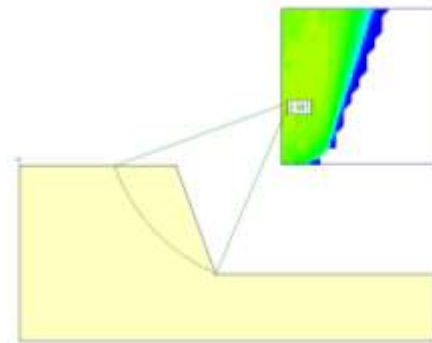
Tinggi Lereng (m)	17 + 18 = 35
Bench Width (m)	10 + 10 = 20
Sudut (°)	70
Overall Slope (°)	57
FK Single Slope	2.168
FK Overall Slope	1.643

Hasil analisis desain geometri lereng single sloop pertama dalam kondisi kering rekomendasi terdapat pada gambar 9 dibawah ini.



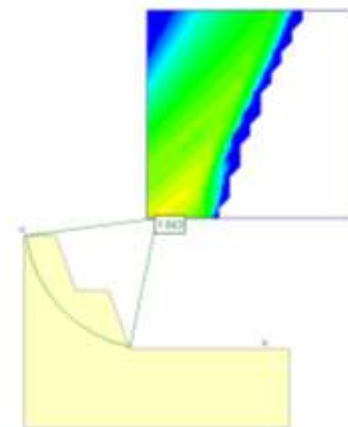
Gambar 9. Rekomendasi Single Sloop Lereng 1 Natural

Hasil analisis desain geometri lereng single sloop kedua dalam kondisi kering rekomendasi terdapat pada Gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Rekomendasi Seingle Slop 2 Lereng Natural

Untuk rekomendasi lereng dalam kondisi kering secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Rekomendasi Lereng Natural Secara Keseluruhan

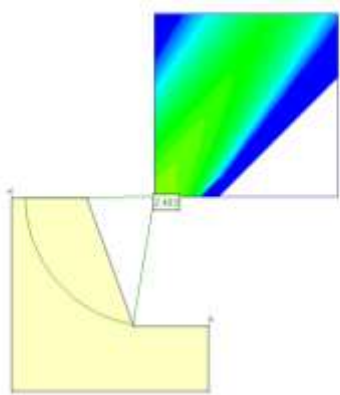
4.3.2. Rekomendasi Lereng Dalam Kondisi Kering

Untuk rekomendasi lereng tunggal dibuat tinggi lereng 17 meter, sudut sebesar 70° dan lebar jenang sebesar 10 meter. Untuk rekomendasi lereng dalam kondisi jenuh dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Rekomendasi Geometri Lereng Kondisi Kering

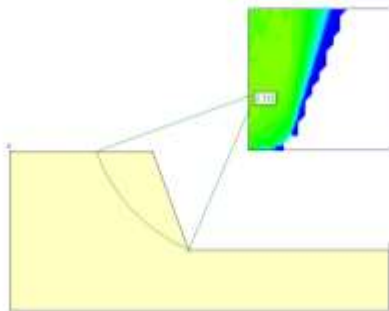
Tinggi Lereng (m)	17 + 18 = 35
Bench Width (m)	10 + 10 = 20
Sudut (°)	70
Overall Slope (°)	57
FK Single Slope	2.403
FK Overall Slope	1,799

Hasil analisis desain geometri lereng single slope pertama dalam kondisi jenuh terdapat pada gambar 12 dibawah ini.



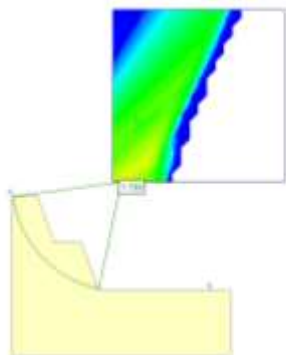
Gambar 12. Rekomendasi Single Slop 1 Lereng Dalam Kondisi Kering

Hasil analisis desain geometri lereng single slop kedua dalam kondisi kering rekomendasi terdapat pada Gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13. Rekomendasi Single Slop 2 Lereng Dalam Kondisi Kering

Untuk rekomendasi lereng dalam kondisi kering secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 14 dibawah ini.



Gambar 14. Rekomendasi Lereng Dalam Kondisi Kering Secara Keseluruhan

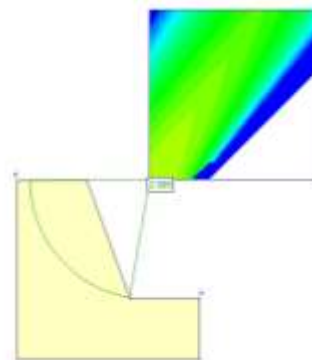
4.3.3. Rekomendasi Lereng Dalam Kondisi Jenuh

Untuk rekomendasi lereng tunggal dibuat tinggi lereng 17 meter, sudut sebesar 70° dan lebar jenuh sebesar 10 meter. Untuk rekomendasi lereng dalam kondisi jenuh dapat dilihat pada Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Rekomendasi Geometri Lereng Kondisi Jenuh

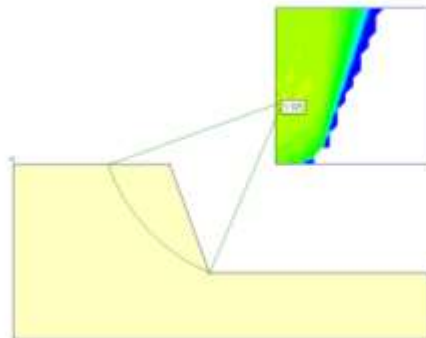
Tinggi Lereng (m)	17 + 18 = 35
Bench Width (m)	10 + 10 = 20
Sudut (°)	70
Overall Slope (°)	57
FK Single Slope	2,009
FK Overall Slope	1,536

Hasil analisis desain geometri lereng single slope pertama dalam kondisi jenuh terdapat pada gambar 15 dibawah ini.



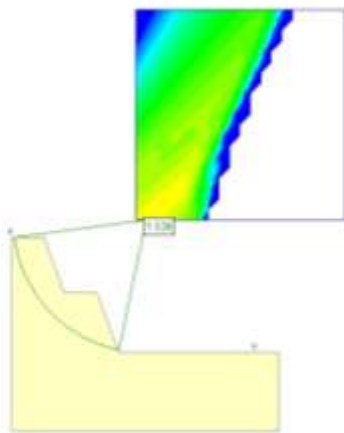
Gambar 15. Rekomendasi Single Slop 1 Lereng Dalam Kondisi Jenuh

Hasil analisis desain geometri lereng single slope kedua dalam kondisi jenuh terdapat pada gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Rekomendasi Single Slop 2 Lereng Dalam Kondisi Jenuh

Untuk rekomendasi lereng dalam kondisi jenuh secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 17 dibawah ini.



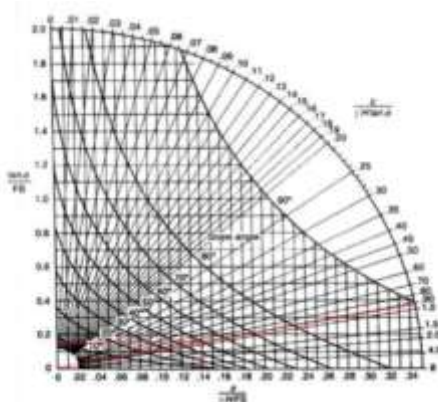
Gambar 18. Rekomendasi Lereng Dalam Kondisi Jenuh Secara Keseluruhan

4.4. Analisis Faktor Keamanan Lereng Rekomendasi Menggunakan Metode Hoek And Bray

4.4.1. Faktor Keamanan Lereng Rekomendasi Dalam Kondisi Kering

Dalam analisis kestabilan lereng dalam kondisi kering digunakan parameter batuan dari hasil analisis balik yang terdapat pada Tabel 7. Dengan data pada tabel tersebut dimasukkan ke dalam rumus grafis Hoek and Bray.

$$\frac{c}{\gamma \times H \times \tan \phi} = \frac{53,462}{8,065 \times 17 \times 0,424} = 0,919$$



Gambar 19. Chart 1 Modifikasi FK Lereng Dalam Kondisi Kering

$$\frac{c}{\gamma \times H \times FS} = 0,14 \rightarrow FS = \frac{53,462}{8,065 \times 17 \times 0,14} = 2,785$$

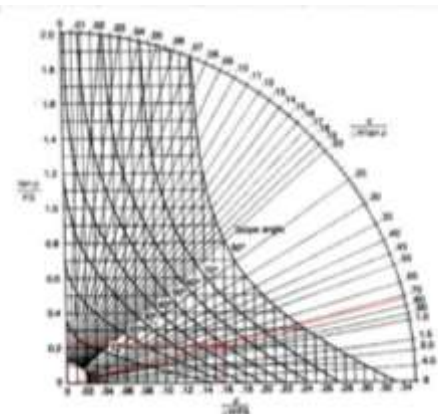
$$\frac{\tan \phi}{FS} = 0,17 \rightarrow FS = \frac{0,424}{0,17} = 2,49$$

Berdasarkan analisis menggunakan metoda grafis hoek and bray diperoleh faktor keamanan dengan kondisi lereng kering (chart 1) pada nilai kritisnya adalah 2,49 > 1.3 yang berarti lereng dalam kondisi aman.

4.4.2. Faktor Keamanan Lereng Rekomendasi Dalam Kondisi Jenuh

Dalam analisis kestabilan lereng dalam kondisi kering digunakan parameter batuan dari hasil analisis balik yang terdapat pada Tabel 14. Dengan data pada tabel tersebut dimasukkan ke dalam rumus grafis Hoek and Bray.

$$\frac{c}{\gamma \times H \times \tan \phi} = \frac{53,462}{10,196 \times 17 \times 0,424} = 0,727$$



Gambar 20. Chart 5 Modifikasi FK Lereng Dalam Kondisi Jenuh

$$\frac{c}{\gamma \times H \times FS} = 0,158 \rightarrow FS = \frac{53,462}{10,196 \times 17 \times 0,158} = 1,95$$

$$\frac{\tan \phi}{FS} = 0,22 \rightarrow FS = \frac{0,424}{0,22} = 1,93$$

Berdasarkan analisis menggunakan metoda grafis hoek and bray diperoleh faktor keamanan dengan kondisi lereng jenuh (chart 5) pada nilai kritisnya adalah 1,93 > 1.3 yang berarti lereng dalam kondisi aman.

4.5. Hasil Analisis Kestabilan Lereng

Berdasarkan hasil analisis diatas dengan modifikasi geometri lereng untuk mendapatkan geometri lereng dengan kondisi lereng aman dapat dilihat pada tabel 9, dibawah ini.

Tabel 9. Rekomendasi Geometri Lereng

Tipe Lereng	Arah Tipe	Tinggi Lereng (m)	Kemiringan (%)	Latar Belakang (m)	Faktor Keamanan		PK
					Bishop	Hoek and Brey	
Natural	Single	17	70	10	2.168	-	
	Overall	35	57	10+10+20	1.643		0
Kering	Single	17	70	10	2.403	2.49	
	Overall	35	57	10+10+20	1.799		0
Jenuh	Single	17	70	10	2.009	1.93	
	Overall	35	57	10+10+20	1.536		0

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan pada lokasi penelitian di PT. Cahaya Bumi Perdana dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Hasil analisis Geometri Lereng lokasi penelitian adalah ketinggian lereng sebesar 35 meter dan kemiringan lereng sebesar 70°.
2. Nilai FK berdasarkan nilai parameter uji sifat fisik-mekanik sampel tanah di laboratorium ialah dengan nilai faktor keamanan dalam kondisi kering sebesar 1,372 dan pada kondisi jenuh sebesar 1,178.
3. Nilai parameter geoteknik setelah dilakukannya parameter uji sifat fisik-mekanik material lereng ialah bobot isi natural sebesar 9,212 kN/m³, bobot isi dalam kondisi kering sebesar 8,065 kN/m³ dan bobot isi dalam kondisi jenuh sebesar 10,196 kN/m³, sedangkan nilai kohesi ialah 53,462 kN/m², dan sudut geser dalam sebesar 22,960.
4. Rekomendasi lereng
 - a. Kondisi kering
 - 1) Metode Bishop Simplified : Tinggi Lereng Tunggal 17 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 70° dengan FK = 2,403. Tinggi lereng keseluruhan 35 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 57° di peroleh FK = 1.799 dan PK = 0%
 - 2) Metode Hoek and Brey : tinggi lereng 17 meter dan sudut kemiringan lereng 70° diperoleh FK = 2,49
 - b. Kondisi Jenuh
 - 1) Metode Bishop Simplified : Tinggi Lereng Tunggal 17 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 70° dengan FK = 2,009. Tinggi lereng keseluruhan 35 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 57° di peroleh FK = 1,536 dan PK = 0%
 - 2) Metode Hoek and Brey : tinggi lereng 17 meter dan sudut kemiringan lereng 70° diperoleh FK = 1,93

5.2. Saran

Saran yang dapat peneliti berikan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merubah 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
2. Perlu dilakukannya perancangan geometri lereng yang baik sebelum kegiatan penambangan dilakukan yang sesuai dengan sifat fisik dan mekanik material lereng tersebut, serta kontrol geoteknik terhadap aktivitas lereng, sehingga nantinya apabila ada potensi bahaya dapat diatasi sedini mungkin.
3. Langkah pemeliharaan, pemantauan, dan penanganan pada lereng tambang sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng tetap dalam kondisi aman.
4. Dengan menggunakan hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi untuk perusahaan dalam menghindari terjadinya longsor pada lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adiprayoga, R. (2017). *Rencana Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Batu Gamping CV Empat Jaya Kec. POI\JONG, Kab. Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta* (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta).
- [2] Suaebah, S. (2019). *Pengurangan Risiko Bencana Tanah Longsor Melalui sekolah Siaga Bencana di Desa Bulu Tellue Kecamatan Tondong Tallasa Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- [3] Hasibuan, S., & Heriyadi, B. (2020). Analisis Balik Kestabilan Lereng Bekas Disposal Area Dengan Menggunakan Metode Bishop di Tambang PT. Nusa Alam Lestari di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(4), 46-56.
- [4] Wiqoyah, Q. (2006). Pengaruh kadar kapur, waktu perawatan dan perendaman terhadap kuat dukung tanah lempung.
- [5] Phan, L. T., Nguyen, T. V., Huynh, L. K., Dao, M. H., Vo, T. A., Vu, N. H., ... & Pham, Q. D. (2020). Clinical features, isolation, and complete genome sequence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 from the first two

- patients in Vietnam. *Journal of medical virology*, 92(10), 2209-2215.
- [6] Hasan, B. M., & Heriyadi, B. (2020). Analisis Balik Kestabilan Lereng Tambang Batubara Pit RTS-C Sisi Barat WUP Roto-Samurangau PT. Kideco Jaya Agung, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. *Bina Tambang*, 5(1), 74-84.
- [7] 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.
- [8] Muntaha Mohammad. 2016. "Studi Kestabilan Lereng Alam Tambang Terbuka (Studi kasus: lereng tambang batu kapur Lamongan dan Madura)". *Jurnal. Aplikasi Teknik Sipil*. Vol 14 No 1
- [9] Nurfajar, R. (2019). Kajian Kondisi Sifat Fisik Tanah Akibat Alih Fungsi Hutan Menjadi LAhan Jagung Di Disa Songgajah Kabupaten Domp. (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram).
- [10] Pane Adelina Riski & Yoszi M. Anaperta. 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.
- [11] 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.
- [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, O., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2018). ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK SISTEM PENAMBANGAN OVERBURDEN (SOIL) DI AREA IUP 412 HA BUKIT TAJARANG INDARUNG PT. SEMEN PADANG SUMATERA BARAT. *Bina Tambang*, 3(1), 608-620.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] Suaebah, S. (2019). Pengurangan Risiko Bencana Tanah Longsor Melalui sekolah Siaga Bencana di Desa Bulu Tellue Kecamatan Tondong Tallasa Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- [19] Sulastana, I. W. (2019). Analisis Beberapa Sifat Fisik Tanah Pada Berbagai Kelerengan dan Penggunaan Lahan Di Disa Tudua Kecamatan Bungku Tengah Kabupaten Morowal. (Doctoral dissertation, Universitas Tadulako).