

Analisis Kestabilan Lereng Disposal Dengan Menggunakan Metode *Bishop* Di Site Puncak Jaya CV. Tekad Jaya Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota

Nadilla Putri^{1*}, Tri Gamela Saldy^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*pnadilla5c@gmail.com

**trigamelasaldy@ft.unp.ac.id

Abstract. CV. Tekad Jaya has a Production Operation Mining Business Permit (IUP) for limestone excavation on an area of 6.5 hectares located in Jorong Bulakan, Nagari Tanjung Gadang, Lareh Sago Halaban District, Limapuluh Kota Regency, West Sumatra Province. On CV. Tekad Jaya there is an avalanche that occurs on the slopes of the disposal heap. The avalanche is assumed to be an arc avalanche with the initial slope geometry before the avalanche is 72° and a height of 44 meters. The landslide resulted in disruption of production activities due to the position of the disposal area being above the production area. To avoid landslides in the future and to get the ideal slope geometry, a thorough geotechnical study is needed and what method will be used. Based on the results of research and analysis conducted at the research location, the value of geotechnical parameters after the parameters of the physical and mechanical properties of the slope material were tested, namely the natural bulk weight of $11,94 \text{ kN/m}^3$, the dry weight of $10,24 \text{ kN/m}^3$, and the saturated weight of $13,48 \text{ kN/m}^3$. While the cohesion value is 52.147 kN/m^2 , and the internal shear angle is 24.45° . The FK value based on the parameter values of the physical-mechanical properties of soil samples in the laboratory is the slope safety factor value in dry conditions is 1.171 and in saturated conditions is 1.002. The results of the study obtained that the safety factor (SF) value of the overall slope geometry recommendation with a slope height of 44 meters and a slope angle of 48° for dry conditions according to the *Bishop Simplified* method was 1,49, while according to the *Hoek and Bray* method was 1,89. And for the saturated condition, the safety factor (SF) value obtained according to the *Bishop Simplified* method is 1.304, while according to the *Hoek and Bray* method, it is 1.19.

Keywords : Slope Stability Analysis, Circullar Failure, Bishop Simplified Method, Hoek and Bray Method, Safety Factor (SF).

1. Pendahuluan

CV. Tekad Jaya merupakan salah satu Badan Usaha dalam rangka Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) yang bergerak dibidang pertambangan, khususnya pertambangan batugamping dan telah berinvestasi di Kabupaten Lima Puluh Kota sejak tanggal 03 November 2016. Tahapan perizinan pertambangan yang dimiliki oleh CV. Tekad Jaya adalah Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi untuk bahan galian batu gamping pada areal lahan seluas 6,5 hektar yang berlokasi di Jorong Bulakan, Nagari Tanjung Gadang, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Disposal area di CV. Tekad Jaya diperuntukkan untuk menimbun tanah penutup yang dikumpulkan sebelum dilakukannya kegiatan penambangan. Dikarenakan material yang lunak dan tidak kompak, diperlukannya manajemen disposal yang baik agar timbunan menjadi lebih beraturan dan tidak berpotensi terjadi longsoran yang dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Karakteristik timbunan disposal di CV. Tekad Jaya cenderung lengket serta mengembang pada kondisi basah, dan keras serta retak-retak pada kondisi kering, kondisi ini menyebabkan bentuk timbunan tidak beraturan. Kondisi tempat timbunan (disposal) yang tidak beraturan menyebabkan kapasitas timbunan

menjadi terbatas. Untuk lebih jelasnya, kondisi lereng disposal di area Blok Puncak Jaya CV. Tekad Jaya dapat dilihat seperti pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Kondisi Lereng *disposal* di area Blok Puncak Jaya CV. Tekad Jaya

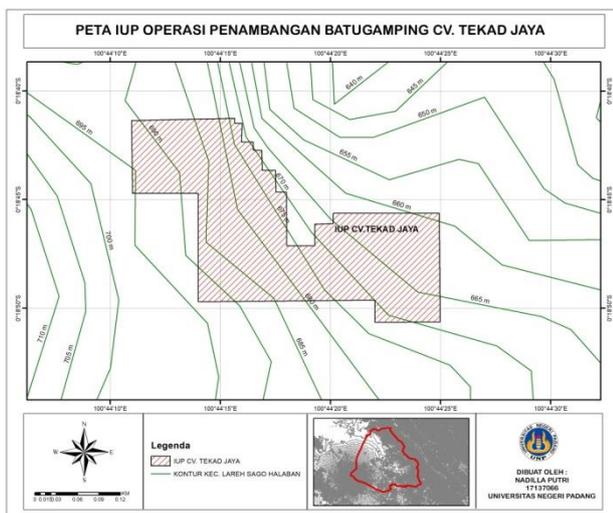
Jenis material pembentuk lereng adalah Lempung. Longsoran tersebut diasumsikan berupa longsoran busur dengan geometri lereng awal sebelum terjadinya longsoran adalah 72° dan tinggi 44 meter. Longsoran tersebut mengakibatkan terganggunya kegiatan produksi

dikarenakan posisi disposal area berada di atas area produksi.

Untuk menghindari terjadinya longsor di masa yang akan datang dan untuk mendaptkan geometri lereng ideal, diperlukan kajian geoteknik yang matang serta metode apa yang akan digunakan. jika tidak dilakukan analisis kestabilan lereng serta penanganan yang maksimal terhadap longsor yang telah terjadi, dapat menyebabkan kerugian seperti kegiatan penambangan yang terganggu, biaya yang akan dikeluarkan untuk membersihkan longsor, bahkan bisa menyebabkan kerugian korban jiwa.

2. Lokasi Penelitian

CV. Tekad Jaya adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan dan perdagangan Batu Gamping. CV. Tekad Jaya berada di Jl. Raya Payakumbuh-Lintau, Km 17 tepatnya di Jorong Bulakan Nagari Tanjung Gadang dengan areal luas lahan 6,5 hektar yang berlokasi di Kec. Lareh Sago Halaban Kab. Limapuluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Lokasi pertambangan dan perdagangan Batu Gamping. CV. Tekad Jaya dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Peta Lokasi Wilayah IUP CV. Tekad Jaya

3. Kajian Teori

3.1 Disposal Secara Umum

Suatu kegiatan pertambangan umumnya memindahkan tanah penutup untuk mengambil bahan galian yang berada pada dalam bumi. Oleh karena itu diperlukan suatu area tertentu untuk membuang material tanah penutup tersebut sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan galian yang ekonomis. Tempat penimbunan dapat dibagi menjadi dua, yaitu *waste dump/disposal*, dan *stockpile*. *Waste dump/disposal* adalah daerah pada suatu operasi tambangan terbuka yang dijadikan tempat membuang material kadar rendah dan/ material bukan bijih. Material tersebut perlu digali demi memperoleh bijih/material

kadar tinggi, sedangkan *stockpile* digunakan untuk menyimpan material yang akan digunakan pada saat yang akan datang. *Stockpile* juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan bijih kadar rendah yang dapat diproses pada saat yang akan datang maupun tanah penutup atau tanah pucuk yang dapat digunakan untuk reklamasi.

3.2 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.

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 pengamatannya, lereng tanah tidak dapat disamakan dengan lereng batuan karena paramter material dan jenis penyebab longsor kedua material pembentuk lereng tersebut sangat jauh berbeda.

3.3 Kestabilan Lereng

Menurut Suryatono (2003) didalam operasi penambangan, masalah kestabilan lereng akan ditemukan pada penggalian tambang terbuka (open pit dan open cut), tempat penimbunan material buangan (tailing disposal), penimbunan bijih (stockyard), bendungan, infrastruktur lainnya seperti jalan, fondasi jembatan, dan lereng sekitar fasilitas seperti perumahan.

Menurut Moshab (1997) kestabilan lereng dipengaruhi oleh faktor geometri lereng, karakteristik fisik dan mekanik material pembentuk lereng, air (hidrologi dan hidrogeologi), struktur bidang lemah batuan (lokasi, arah, frekuensi, karakteristik mekanik), tegangan lamiah dalam massa batuan, konsentrasi tegangan lokal, getaran (alamiah: gempa, dan perbuatan manusia: efek peledakan, efek lalu-lalang alat-alat berat), iklim, hasil perbuatan manusia, serta pengaruh termik.

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:

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

Keterangan :

F : Faktor kestabilan lereng

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

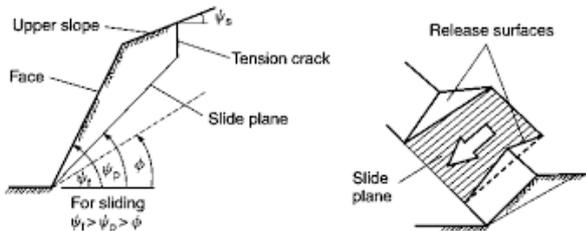
F_p : gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor.

3.4 Klasifikasi Longsor

Berdasarkan proses teradi longsorannya, longsorannya batuan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

a. Longsorannya Bidang (Plane Failure)

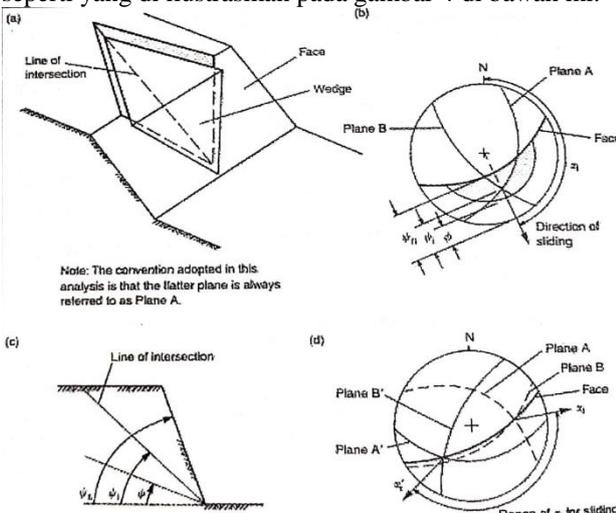
Longsorannya bidang merupakan suatu longsorannya batuan yang terjadi sepanjang bidang lurus yang dianggap rata. Bidang lurus tersebut dapat berupa bidang gesar, rekahan maupun bidang perlapisan seperti yang terlihat pada gambar 3 di bawah ini.



Sumber: Irwandi Arif, 2016
Gambar 3. Geometri Longsorannya Bidang (Plane Failure)

b. Longsorannya Baji (Wedge Failure)

Longsorannya baji dapat terjadi pada suatu batuan jika terdapat lebih dari satu bidang yang bebas saling berpotongan. Sudut perpotongan antara bidang lemah tersebut harus lebih besar dari sudut geser dalam batuan. Bidang lemah ini dapat berupa bidang gesar, rekahan maupun bidang perlapisan. Cara longsorannya baji dapat melalui salah satu dari beberapa bidang lemahnya, atau melalui garis perpotongan kedua bidang lemahnya seperti yang di ilustrasikan pada gambar 4 di bawah ini.

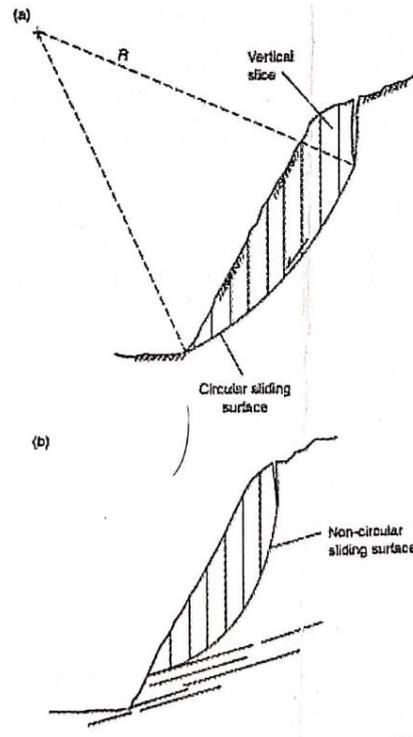


Sumber: Irwandi Arif, 2016
Gambar 4. Geometri Longsorannya Baji (Wedge Failure)

c. Longsorannya Busur (Circular Failure)

Longsorannya busur akan terjadi pada tanah atau material yang bersifat seperti tanah, yang diantara partikel tanah tidak saling terikat satu sama lain. Tetapi longsorannya busur juga dapat terjadi pada batuan lapuk dan

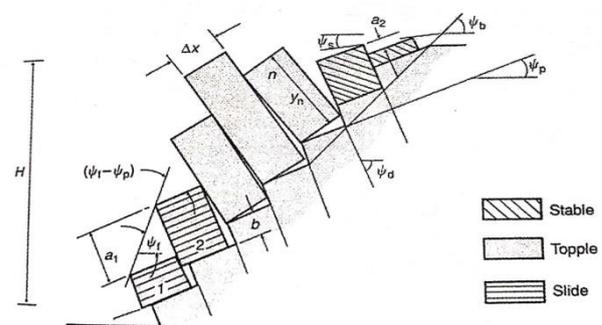
banyak terdapat bidang-bidang maupun tumpukan batuan hancur, seperti terlihat pada gambar 4 berikut ini.



Sumber: Irwandi Arif, 2016
Gambar 5. Geometri Longsorannya Busur (Circular Failure)

d. Longsorannya Guling (Toppling Failure)

Longsorannya guling akan terjadi pada suatu lereng batuan yang arah kemiringannya berlawanan dengan kemiringan bidang-bidang lemahnya, seperti terlihat pada gambar 5 berikut ini.



Sumber: Irwandi Arif, 2016
Gambar 6. Geometri Longsorannya Guling (Toppling Failure)

3.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

- a. Geometri Lereng
- b. Penyebaran Batuan
- c. Relief Permukaan Bumi
- d. Struktur Geologi Regional Dan Lokal

- e. Iklim Dan Curah Hujan
- f. Sifat Fisik Dan Mekanik Tanah
 - 1) Kandungan Air
 - 2) Berat Jenis
 - 3) Bobot Isi Tanah
 - 4) Kohesi Dan Sudut Geser Dalam
 - 5) Gaya-Gaya Dari Luar
- g. Getaran yang diakibatkan oleh gempa, peledakan dan alat berat yang melewati jalan dekat lereng.
- h. Pemotongan dasar lereng
- i. Penebangan pohon-pohon pelindung lereng.

3.6 Metode Kesetimbangan Batas

Metode kesetimbangan 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.

Dalam perhitungan analisis kestabilan lereng dengan metode ini menggunakan kondisi statik yang mengabaikan adanya hubungan tegangan-regangan pada material lereng dan bidang gelincir yang secara kinematik dipadang memungkinkan bertindak sebagai bidang kelongsoran, akan mengikuti suatu bentuk geometri tertentu.

a. Metode Bishop yang Disederhanakan

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan salah satu metode pada longsor busur yang menggunakan prinsip irisan dalam menentukan faktor kermanan dari suatu massa material 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 diilustriskan gambar 7 menggunakan persamaan berikut ini :

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

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

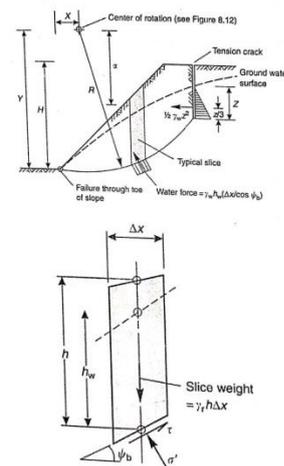
$$Y = \tan \alpha \cdot \tan \theta$$

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

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

Keterangan:

- FK = faktor keamanan
- γ = bobot isi matrial (ton/m³)
- γ_w = bobot isi air (ton/m³)
- α = kemiringan bidang luncur (°)
- h = tinggi lereng (m)
- h_w = tinggi jenjang jenuh (m)
- c' = kohesi (Mpa)
- Z = kedalaman tegangan tarik (m)



Sumber : Hoek and Bray, 1981
Gambar 7. Metode Bishop

b. 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) Longsor yang dapat terjadi menghasilkan bidang luncur berupa busur lingkaran.
- 3) Tinggi permukaan air tanah pada lereng.

3.7 Dasar Hukum Geoteknik Tambang

Dasar hukum dalam kestabilan lereng berpedoman terhadap Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 yaitu sebagai berikut:

- a. Poin studi kelayakan tambang, tentang geoteknik tambang paling kurang terdiri atas
- b. Penyelidikan geoteknik yang meliputi jumlah, kedalaman, dan lokasi pengeboran inti, deskripsi litologi, preparasi conto geoteknik, pengukuran dan analisis struktur geologi, kegempaan, pengaruh peledakan, serta hasil penyelidikan hidrologi dan hidrogeologi.
- c. Pengujian conto geoteknik yang meliputi laboratorium pengujian dan hasil dari uji sifat fisik dan sifat mekanik conto.

Pengolahan data hasil penyelidikan geoteknik dan pengujian conto geoteknik yang menggambarkan model dengan parameter yang ditetapkan dari hasil butir yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang

Jenis lereng	Keparahan longsor (Consequences of Failure/CoF)	Kriteria dapat diterima		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) PoF ($FK \leq 1$)
Lereng tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15 – 1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2 – 1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2 – 1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2 – 1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3 – 1,5	1,1	5%

Sumber : *KEPMEN Nomor 1827, (2018; Halaman 57)*

- d. Poin tentang lereng penambangan berbunyi :
- 1) Dalam hal ditemukan kondisi geologi yang belum teridentifikasi dalam kajian geoteknik sebelumnya maka melakukan
 - 2) Setiap kejadian longsor pada lereng penambangan dilakukan pemeriksaan dan melakukan analisis ulang (back analysis) geoteknik.
 - 3) Pada setiap lereng penambangan memiliki sistem penyaliran yang mampu mengalirkan debit aliran tinggi

4. Metode Penelitian

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 17 Juni – 22 Juni 2021. Yang kemudian dilanjutkan dengan kegiatan pengambilan data pada tanggal 22 Juni – 22 Agustus 2021. Pengambilan data dilakukan pada wilayah izin usaha pertambangan operasi produksi dan proyek area CV. Tekad Jaya. Lokasi penelitian difokuskan pada Blok Puncak II CV. Tekad Jaya, Nagari Tanjung Gadang, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota.

Berdasarkan jenisnya, penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian kuantitatif dimana sumber data yang digunakan adalah data berupa angka yang selanjutnya diolah dan dianalisis secara matematik dan kinematik. Pengambilan data di lapangan digunakan untuk mengetahui permasalahan yang ada sehingga dapat dikaji dan memberikan solusi terbaik. Data yang diambil terdiri dari data primer dan data sekunder.

4.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diambil langsung dari pengamatan di lapangan yaitu:

- a. Geometri lereng aktual
 - 1) Sampel tanah untuk dilakukan pengujian sifat fisik dan sifat mekanik

- 2) Data hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik tanah

4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat berdasarkan dari literature, berbagai referensi, serta arsip-arsip laporan perusahaan, seperti:

- a. Peta Kesampaian Lokasi Dan Daerah Penelitian
- b. Peta Wilayah IUP Perusahaan
- c. Peta Geologi Regional

5. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

5.1 Hasil Penelitian

a. Data Penelitian

1) Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada area penimbunan material *disposal* CV. Tekad Jaya dilakukan pada titik koordinat seperti tertera pada tabel 2 di bawah ini,

Tabel 2. Koordinat Lokasi Penelitian

No	Titik	Koordinat		Elevasi	
		X	Y	From	To
1	A	-0,3130964	100,738186	655	608

2) Kondisi Lereng

Penelitian dilakukan pada lokasi penimbunan material *disposal* CV. Tekad Jaya yang terletak pada elevasi 655 mdpl sampai dengan 608 mdpl.

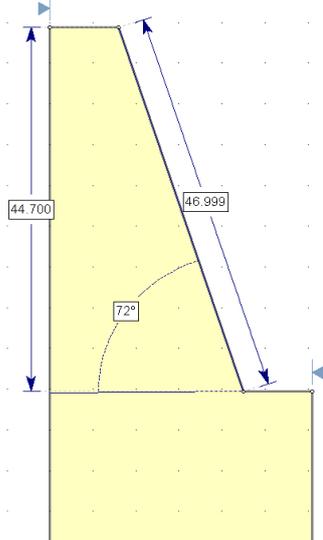
Pada lokasi penelitian di CV. Tekad Jaya tersebut telah pernah terjadi kelongsoran yang diakibatkan lereng tersebut tidak stabil yang dikarenakan curah hujan yang tinggi dan belum adanya kajian geoteknik yang dilakukan pada lereng tersebut. Untuk menghindari terulangnya kelongsoran maka dilakukan evaluasi terhadap geometri lereng yang ada dengan melakukan analisis kestabilan lereng. Berikut bentuk longsor yang terjadi pada lokasi penelitian yang dapat dilihat pada gambar 8



Gambar 8. Longsor yang terjadi pada lokasi penelitian

b. Pemodelan Lereng

Pemodelan lereng pada Blok II Puncak Jaya CV. Tekad Jaya dilakukan untuk mengetahui kemantapan lereng yang didesain berdasarkan data parameter geoteknik yang didapatkan dari pengujian sampel batuan pada daerah penelitian yang berguna untuk mengetahui kondisi aktual dari lereng tersebut. Pemodelan 2D dari kondisi geometri aktual lereng pada daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Geometri Aktual Lereng Blok Puncak II CV. Tekad Jaya

1) Parameter Pengujian Laboratorium

a) Pengujian Sifat Fisik Tanah

- Pengujian Kadar air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air dari sampel yang diuji

Hasil pengujian nilai kadar air tanah sampel dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian nilai kadar air tanah

No.	Berat cawan (gr)	Berat cawan + tanah asli (gr)	Berat cawan + tanah kering (gr)	Kadar air (%)
1	5,58	8,24	7,63	29,75
2	5,98	8,14	7,61	31,73
3	5,41	8,04	7,37	34,18
4	5,79	8,69	7,97	33,02
5	5,44	8,29	7,60	31,90
6	4,7	7,37	6,77	28,98
Rata-rata				31,72

- Pengujian Berat Jenis Tanah

Hasil pengujian nilai berat jenis tanah sampel dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil pengujian berat jenis tanah

No.	W1 (gr)	W2 (gr)	W3 (gr)	W4 (gr)	GS
1	32,48	42,15	135,04	131,67	1,503
2	33,12	45,51	137,14	131,82	1,752
3	34,63	44,57	137,97	133,30	1,86
4	32,67	42,77	136,06	131,27	1,90
5	34,79	44,80	137,06	133,54	1,54
6	33,39	43,40	137,00	132,51	1,81
Rata-rata					1,728

- Pengujian Bobot Isi Tanah

Hasil Pengujian nilai bobot isi natural tanah sampel dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil pengujian bobot isi natural tanah

No	Berat tanah + cincin (gr)	Berat cincin (gr)	Berat tanah (gr)	Volume (cm ³)	Bobot Isi (gr/cm ³)
1	124,86	47,66	77,2	76,97	1,0029
2	124,65	47,66	76,99	76,97	1,00025
3	124,1	47,66	76,44	76,97	0,9931
4	124,47	47,66	76,81	76,97	0,9979
5	125,89	47,66	78,23	76,97	1,0163
6	124,92	47,66	77,26	76,97	1,0037
Rata-rata					1,0024

Hasil Pengujian nilai bobot isi kering tanah sampel dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil pengujian bobot isi kering tanah

No	Berat tanah + cincin (gr)	Berat cincin (gr)	Berat tanah kering	Volume (cm ³)	Bobot Isi (gr/cm ³)
1	114,36	47,66	66,7	76,97	0,8665
2	114,15	47,66	66,49	76,97	0,8638
3	114,60	47,66	66,94	76,97	0,8696
4	115,97	47,66	68,31	76,97	0,8874
5	112,39	47,66	64,73	76,97	0,8409
6	111,42	47,66	63,76	76,97	0,8283
Rata-rata					0,8594

Hasil Pengujian nilai bobot isi kering tanah sampel dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Hasil pengujian bobot isi natural tanah

	Bobot Isi Kering (kN/m ³)	Bobot Isi Jenuh (kN/m ³)
1	8,49	11,18
2	8,46	11,14
3	8,52	11,22
4	8,69	11,44
5	8,24	10,58
6	8,11	10,68
Rata-rata		11,08

b) Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Pengujian sifat mekanik tanah didapat dari uji kuat geser langsung. Pengujian kuat geser langsung ditujukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (Ø).

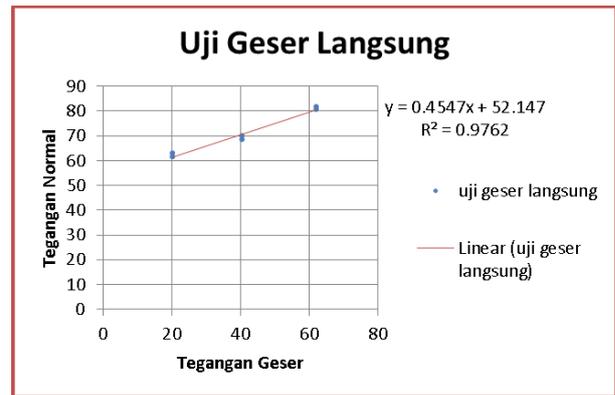
Tegangan normal merupakan perbandingan antara beban normal dan luas cincin, sedangkan tegangan geser merupakan perbandingan antara beban geser dan luas cincin.

Hasil pengujian sifat mekanik tanah sampel dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Hasil pengujian sifat mekanik tanah

No.	Tegangan Normal (KPa)	Tegangan Geser (KPa)
1	20,29	62,86
2	40,59	68,45
3	61,99	80,41
4	20,29	61,291
5	40,59	70,019
6	61,99	81,591

Untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam dari tanah sampel yang diuji laboratorium, maka hasil pengujian sifat mekanik tanah tersebut diinputkan ke dalam grafik excel seperti yang dapat dilihat pada gambar 10 di bawah ini



Gambar 10. Hasil Uji Geser Langsung

Pada *tradeline* antara tegangan geser dan tegangan normal didapat persamaan $y = 0,4547x + 52,147$. Dari persamaan tersebut didapat nilai kohesi sebesar 52,147 KPa. Untuk nilai sudut geser dalam didapatkan dengan,

$$\begin{aligned} \phi &= \text{Arc Tan } (0,45,75) \\ &= 24,45^\circ \end{aligned}$$

2) Material Properties

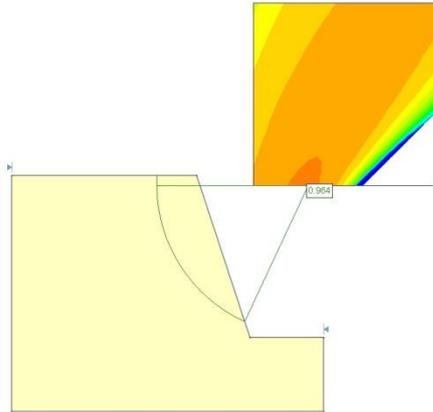
Properties material meliputi bobot isi, kohesi (c), dan sudut geser dalam (Ø). Nilai yang dipakai sebagai data awal properties material adalah nilai rata-rata dari data yang diuji laboratorium.

Tabel 9. Data properties material

Litologi	Bobot Isi Natural (kN/m ³)	Bobot Isi Kering (kN/m ³)	Bobot Isi Jenuh (kN/m ³)	Kohesi (MPa)	Sudut Geser Dalam (°)
Clay	11,94	10,24	13,48	52,147	24,45

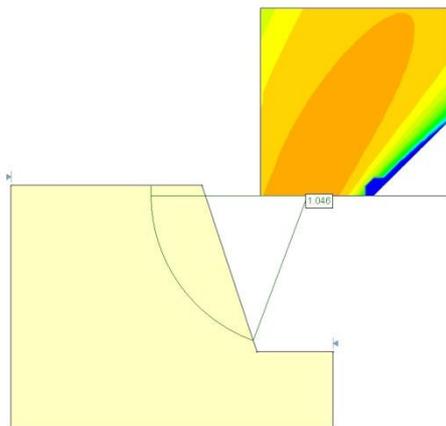
c. Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop Simplified dan Software Rocscience Slide 6.0

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada saat observasi, diketahui bahwa geometri lereng area penelitian sebelum longsoran memiliki ketinggian lereng tunggal (*single slope*) 44 meter dengan sudut kemiringan lereng tunggal (*single slope*) sebesar 72°. dari analisis kestabilan lereng aktual sebelum longsoran didapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 0,964 pada kondisi natural. Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Nilai Faktor Keamanan tersebut menunjukkan lereng tunggal dalam keadaan kritis dan akan longsor seperti yang terlihat dalam gambar 11.



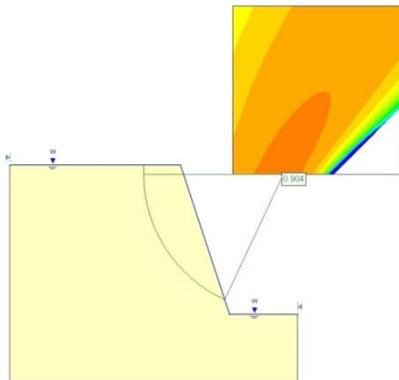
Gambar 11. Faktor Keamanan Lereng pada Kondisi Natural

Untuk keadaan lereng dalam kondisi kering, nilai Faktor Keamanan yang didapat adalah 1,046. Nilai Faktor Keamanan tersebut menunjukkan lereng tunggal dalam kondisi aman, seperti yang dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. Faktor Keamanan Lereng dalam Kondisi Kering

Sedangkan dalam kondisi jenuh, didapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 0,904. Nilai Faktor Keamanan tersebut juga menunjukkan lereng tunggal dalam kondisi kritis dan akan longsor, seperti yang dapat dilihat pada gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Faktor Keamanan Lereng dalam Kondisi Jenuh

Hasil dari analisis kestabilan lereng pada kondisi natural, kering, dan jenuh dapat dilihat pada tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Hasil Analisis Kestabilan Geometri Lereng Aktual

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi Lereng (m)	Kemiringan (°)	Lebar Bench (m)	Faktor Keamanan
Natural	Single	44	72	8	0,964
	Overall				
Kering	Single	44	72	8	1,046
	Overall				
Jenuh	Single	44	72	8	0,904
	Overall				

d. Rekomendasi Lereng

Tabel 11. Data hasil percobaan kemiringan rekomendasi lereng

Kemiringan (°)	Analisis Slope	Lebar Bench (m)	Ketinggian (m)	Faktor Keamanan		
				Natural	Kering	Jenuh
70	Single	8	22	1,705	1,896	1,571
			22	1,707	1,896	1,571
61	Overall	8+8=16	44	1,295	1,412	1,218
69	Single	8	22	1,723	1,916	1,589
			22	1,723	1,916	1,589
60	Overall	8+8=16	44	1,311	1,430	1,229
67	Single	8	22	1,759	1,956	1,626
			22	1,759	1,956	1,626
59	Overall	8+8=16	44	1,341	1,461	1,258
65	Single	8	22	1,808	2,022	1,664
			22	1,808	2,022	1,664
57	Overall	8+8=16	44	1,370	1,493	1,286
64	Single	8	22	1,830	2,045	1,683
			22	1,830	2,045	1,683
56	Overall	8+8=16	44	1,385	1,509	1,301

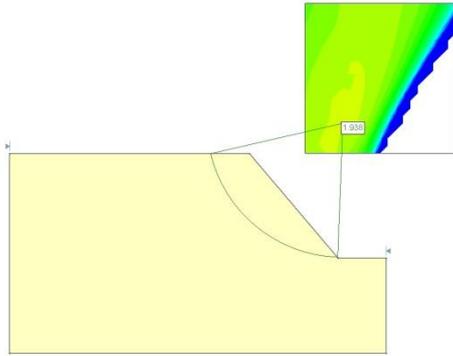
1) Rekomendasi Lereng dalam Kondisi Natural

Untuk rekomendasi lereng tunggal dibuat tinggi lereng 22 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 48° dan lebar jenjang sebesar 8 meter. Hasil rekomendasi lereng natural dapat dilihat pada tabel 12 di bawah ini

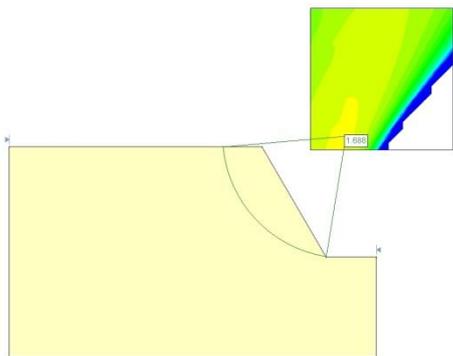
Tabel 12. Rekomendasi Geometri Lereng Natural

Tinggi Lereng (m)	22 + 22 = 44
Bench Width (m)	8 + 8 = 16
Sudut (°)	50 dan 60
Overall Slope (°)	48
FK Single Slope	1,934 dan 1,688
FK Overall Slope	1,385

Hasil analisis rekomendasi desain geometri lereng natural *single slope* terdapat pada gambar 14 di bawah ini.

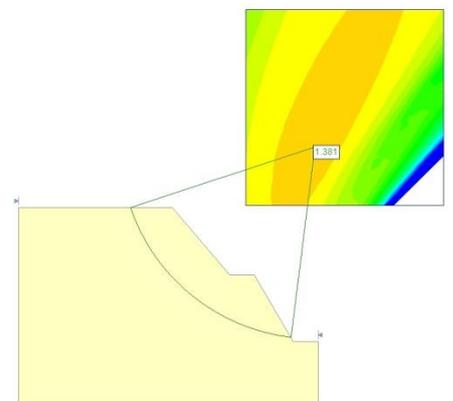


Gambar 14. Modifikasi FK Lereng Natural *Single Slope* pertama



Gambar 15. Modifikasi FK Lereng Natural *Single Slope* kedua

Untuk rekomendasi lereng natural secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 15 di bawah ini.



Gambar 16. Modifikasi FK Lereng Natural

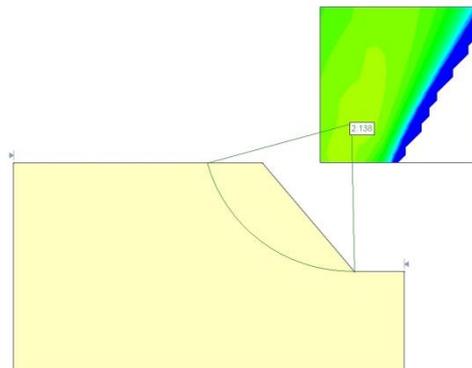
2) Rekomendasi Lereng dalam Kondisi Kering

Untuk rekomendasi lereng tunggal dibuat tinggi lereng 22 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 48° dan lebar jenjang sebesar 8 meter. Hasil rekomendasi lereng natural dapat dilihat pada tabel 13 di bawah ini

Tabel 13. Rekomendasi Geometri Lereng Kering

Tinggi Lereng (m)	22 + 22 = 44
Bench Width (m)	8 + 8 = 16
Sudut (°)	50 dan 60
Overall Slope (°)	48
FK Single Slope	2,138 dan 1,874
FK Overall Slope	1,490

Hasil analisis desain geometri lereng *single slope* dalam kondisi kering rekomendasi terdapat pada gambar 16 di bawah ini

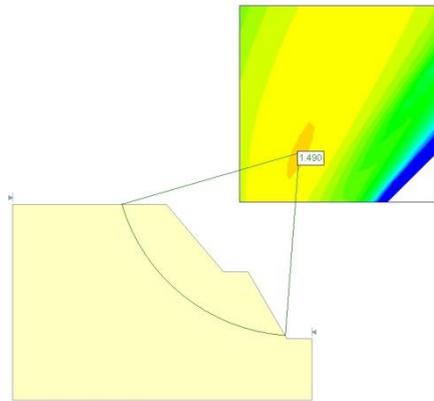


Gambar 17. Modifikasi FK Lereng *Single Slope* pertama dalam Kondisi Kering



Gambar 18. Modifikasi FK Lereng *Single Slope* pertama dalam Kondisi Kering

Untuk rekomendasi lereng dalam kondisi kering secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 17 di bawah ini.



Gambar 19. Modifikasi FK Lereng Natural

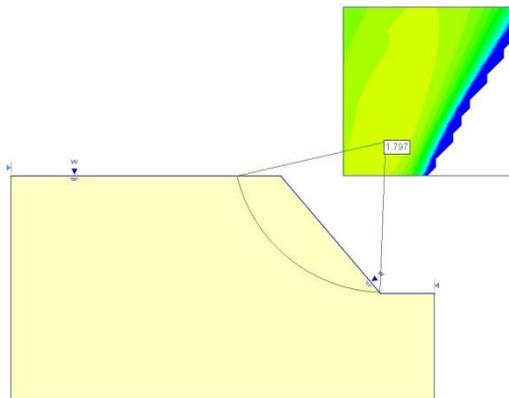
3) Rekomendasi Lereng dalam Kondisi Jenuh

Untuk rekomendasi lereng tunggal dibuat tinggi lereng 22 meter, sudut sebesar 48° dan lebar jenjang sebesar 8 meter. Hasil rekomendasi lereng natural dapat dilihat pada Tabel 14 di bawah ini

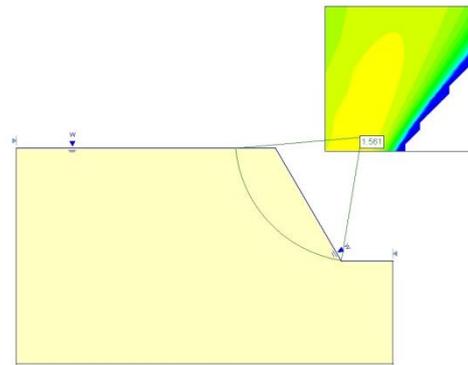
Tabel 13. Rekomendasi Geometri Lereng Kering

Tinggi Lereng (m)	22 + 22 = 44
Bench Width (m)	8 + 8 = 16
Sudut (°)	50 dan 60
Overall Slope (°)	48
FK Single Slope	1,797 dan 1,561
FK Overall Slope	1.304

Hasil analisis desain geometri lereng *single slope* dalam kondisi jenuh rekomendasi terdapat pada gambar 18 di bawah ini

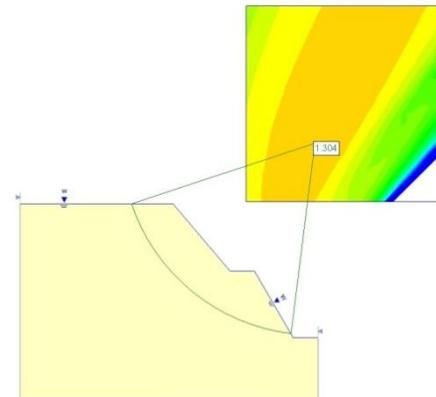


Gambar 20. Modifikasi FK Lereng *Single Slope* pertama dalam Kondisi Jenuh



Gambar 21. Modifikasi FK Lereng *Single Slope* pertama dalam Kondisi Jenuh

Untuk rekomendasi lereng dalam kondisi jenuh secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 19 di bawah ini.



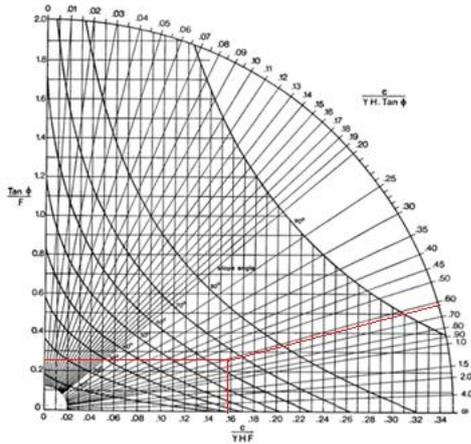
Gambar 22. Modifikasi FK Lereng Jenuh

e. Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Grafis Hoek and Bray

1) Analisis Kestabilan Lereng dalam Kondisi Kering

$$\frac{c}{\gamma H \tan \phi} = \frac{52,147}{10,24 \times 22 \times \tan 24.45}$$

$$= \frac{52,147}{102,42} = 0,509$$



Sumber: Irwandi Arif, 2016

Gambar 23. Chart 1 Modifikasi FK Lereng dalam Kondisi Kering

$$\frac{c}{\gamma H FS} = 0,128 \rightarrow \frac{52,147}{10,24 \times 22 \times 0,128} = FS$$

$$FS = 1,808$$

$$\frac{\tan \phi}{FS} = 0,27$$

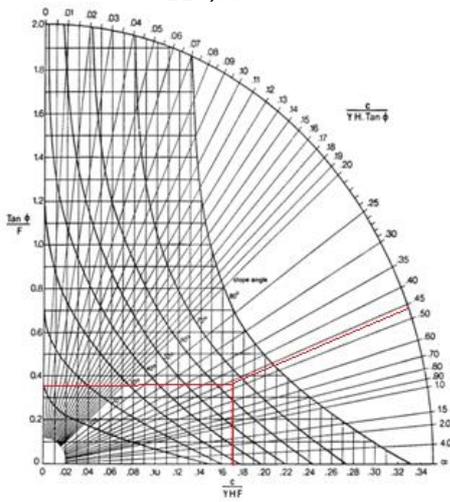
$$FS = \frac{\tan 24,45}{0,27} = 1,68$$

Berdasarkan analisis menggunakan metoda grafis *hoek and bray* diperoleh faktor keamanan dengan kondisi lereng kering (*chart 1*) pada nilai kritisnya adalah $1,8 > 1,3$ yang berarti lereng dalam kondisi aman

2) Analisis Kestabilan Lereng dalam Kondisi Jenuh

$$\frac{c}{\gamma H \tan \phi} = \frac{52,147}{13,48 \times 22 \times \tan 24,45}$$

$$= \frac{52,147}{110,83} = 0,386$$



Sumber: Irwandi Arif, 2016

Gambar 24. Chart 1 Modifikasi FK Lereng dalam Kondisi Kering

$$\frac{c}{\gamma H FS} = 0,151 \rightarrow \frac{52,147}{13,48 \times 22 \times 0,17} = FS$$

$$FS = 1,172$$

$$\frac{\tan \phi}{FS} = 0,38$$

$$FS = \frac{\tan 24,45}{0,38} = 1,19$$

Berdasarkan analisis menggunakan metoda grafis *hoek and bray* diperoleh faktor keamanan dengan kondisi lereng jenuh (*chart 5*) pada nilai kritisnya adalah 1,19

f. Hasil Analisis Kestabilan Lereng

Berdasarkan hasil analisis di atas dengan modifikasi geometri lereng untuk mendapatkan geometri lereng dengan kondisi lereng aman dapat dilihat pada tabel 14 di bawah ini.

Tabel 14. Rekomendasi Geometri Lereng

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi Lereng (m)	Kemiringan (°)	Lebar Bench (m)	Faktor Keamanan	
					Bishop	Hoek and Bray
Natural	Single	22	50	8	1,934	
		22	60		1,688	
	Overall	44	48	8+8=16	1,381	
Kering	Single	22	50	8	2,138	1,68
		22	60		1,874	
	Overall	44	48	8+8=16	1,490	
Jenuh	Single	22	50	8	1,797	1,19
		22	60		1,561	
	Overall	44	48	8+8=16	1,304	

5.2 Pembahasan

Berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan penulis selama kegiatan observasi lapangan, diketahui karakteristik timbunan *disposal* di CV. Tekad Jaya cenderung lengket serta mengembang pada kondisi basah, dan keras serta retak-retak pada kondisi kering, kondisi ini menyebabkan bentuk timbunan tidak beraturan. Kondisi tempat timbunan (*disposal*) yang tidak beraturan menyebabkan kapasitas timbunan menjadi terbatas.

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik sampel tanah yang diambil dari timbunan *disposal* CV. Tekad Jaya diketahui bahwa sampel tanah memiliki nilai kadar air sebesar 31,72%, berat jenis 1,728, nilai bobot isi dalam keadaan natural $11,94 \text{ kN/m}^3$, bobot isi dalam keadaan kering $10,24 \text{ kN/m}^3$, dan bobot isi dalam keadaan jenuh $13,48 \text{ kN/m}^3$. Nilai kohesi

sebesar 52,147 dan besar sudut geser dalam adalah 24,45°.

Hasil analisis kestabilan lereng aktual dengan ketinggian lereng yaitu 44 meter dan kemiringan 72°, maka didapat nilai faktor keamanan (FK) aktual lereng dalam keadaan natural menurut metode Bishop yaitu sebesar 1,070, sedangkan dalam keadaan jenuh didapatkan FK sebesar 1,002. Dan untuk nilai faktor keamanan (FK) aktual lereng dalam keadaan kering didapatkan yaitu sebesar 1,171.

Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa lereng dalam keadaan natural, keadaan jenuh, dan keadaan kering menunjukkan kondisi yang tidak stabil. Menurut KEPMEN No. 1827 tahun 2018 diketahui bahwa faktor keamanan lereng tunggal (*single slope*) agar stabil memiliki nilai faktor keamanan (FK) sebesar 1,1. Namun pada penelitian ini, penelitian tidak mengkaji tentang probabilitas kelongsoran, peneliti merekomendasikan pembuatan keseluruhan model *double bench*. Nilai faktor keamanan (FK) untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) agar stabil dan aman memiliki FK sebesar 1,3. Untuk itu dilakukan pemodelan ulang geometri lereng dengan cara membuat *bench* dengan model *double bench* dan memiliki nilai faktor keamanan (FK) $\geq 1,3$.

Melalui analisis yang dilakukan menggunakan *software rocscience slide* maka didapatkan hasil rekomendasi geometri lereng dengan lebar *bench* 8 meter dengan kemiringan *overall slope* sebesar 48°, dengan faktor keamanan (FK) dalam keadaan natural menurut metode *bishop* didapatkan yakni sebesar 1,381. Sedangkan nilai faktor keamanan (FK) dalam keadaan jenuh didapatkan yaitu sebesar 1,304, dan faktor keamanan (FK) dalam keadaan kering didapatkan yaitu sebesar 1,490.

Pada analisis faktor keamanan (FK) untuk memberikan rekomendasi perencanaan dan desain geometri lereng pada disposal, peneliti menggunakan metode *bishop*. Metode *bishop* (*Bishop Method*) ini digunakan karena metode ini menggunakan kesetimbangan gaya dalam arah vertikal dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran bidang gelincir, dalam metode ini gaya geser antar irisan diasumsikan nol.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan pada lokasi penelitian di CV. Tekad Jaya dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya :

- Hasil analisis geometri lereng lokasi penelitian adalah sebesar 44 meter dan kemiringan lereng sebesar 72°
- Nilai parameter geoteknik setelah dilakukannya parameter uji sifat fisik dan mekanik material lereng ialah bobot isi natural sebesar 9.8235

kN/m³, bobot isi dalam kondisi kering sebesar 8.423 kN/m³, dan bobot isi jenuh sebesar 11,08 kN/m³. Sedangkan nilai kohesi adalah 52,147 kN/m³, dan sudut geser dalam sebesar 24,45°

- Nilai FK berdasarkan nilai parameter uji sifat fisik-mekanik sampel tanah di laboratorium adalah dengan nilai faktor keamanan lereng dalam kondisi kering sebesar 1,171 dan dalam kondisi jenuh adalah 1,002
- Rekomendasi lereng
 - Rekomendasi Kering
 - Metode *Bishop Simplified* : tinggi lereng tunggal 22 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 64° dengan FK 2,045. Tinggi lereng keseluruhan 44 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 56° diperoleh FK = 1,509.
 - Metode Hoek and Bray : tinggi lereng 22 meter dan sudut kemiringan lereng 60° diperoleh FK = 1,68
 - Rekomendasi Jenuh
 - Metode *Bishop Simplified* : tinggi lereng tunggal 22 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 64° dengan FK 1,683. Tinggi lereng keseluruhan 44 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 56° diperoleh FK = 1,301.
 - Metode Hoek and Bray : tinggi lereng 22 meter dan sudut kemiringan lereng 60° diperoleh FK = 1,19

6.2 Saran

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

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

7. Daftar Pustaka

- [1] Al Rafid, S., & Anaperta, Y. M. (2021). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop Pada Jalan Utama Menuju Penambangan Di Pt. Cahaya Bumi Perdana,

- Kota Sawah Lunto. *Bina Tambang*, 6(2), 208-219.
- [2] Arif Irwandi. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- [3] 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.
- [4] Hanafiah, Kemas Ali. (2018). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Depok. Rajawali Pers
- [5] Hasibuan, S., & Heriyadi, B. (2020). Analisis Balik Kestabilan Lereng Bekas Disposasi 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), 46-5
- [6] Marini, A. E., Anaperta, Y. M., & Saldy, T. G. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Area Highwall Section B Tambang Batubara PT. Manggala Usaha Manunggal Jobsite Pt. Banjarsari Pribumi, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 4(4), 80-89.
- [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] Metriani, R., Anaperta, Y. M., & Saldy, T. G. (2019). Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 4(4), 49-58.
- [9] Moshab. 1997. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. McGraw Hill Book Co. 984p.
- [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] Rabie.M (2013) *Comparison Study Between Traditional and Finite Element Methods for Slopes Under Heavy Rainfall*. Housing and Building National Research Center 2014.
- [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 Padang Panjang* “. *Jurnal. Bina Tambang* Vol 3, No.4.
- [14] 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.
- [15] 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).
- [16] Suryatono. 2003. *Good Mining Practice: Pengelolaan Pertambangan yang Baik dan Benar*. Semarang. Studi Nusa
- [17] Tianwen. Z, QingXiang. C, Liu. H, Jisen. S, Wei. Z. (2016) *3D Stability Analysis Method of Concave Slope Based on The Bishop Method*. *International Journal of Mining Science and Technology* 2017
- [18] Toha, M. T. (2019). Stabilitas Lereng Disposasi Serelo Selatan Di Pt. Bumi Merapi Energi. *Jurnal Pertambangan*, 3(4), 44-51.
- [19] Wahyuni, S., Jafar, N., Anwar, H., & Munir, A. S. Analisis Kestabilan Lereng Disposasi Ipd Pqrt Pit West Menggunakan Metode Bishop Pt Buma Job Site Lati Kabupaten Berau Kalimantan Timur. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(1), 1-6.