

Analisis Stabilitas Lereng Pada Kegiatan Galian Clay Pada Tambang IUP-OP Jumaidi, Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang, Sumatera Barat

Muhammad Reyhand¹, Raimon Kopa²

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*muhammadreyhand57@gmail.com

**raimon_unp@yahoo.co.id

Abstract. IUP OP Jumaidi is one of the mining business licenses engaged in mining, especially clay mining and trading, which is located in Gunung Sarik Village, Kuranji District, Padang City, West Sumatra Province. Based on field observations at the IUP OP Jumaidi, the authors found that there are manufactured slopes or former mining slopes consisting of slope-forming material, namely clay, with a slope geometry of 44 meters high and a slope of 45°. The existence of mining activities, such as excavation, and transportation of material on the slopes forms the final slope (ex-mining slope) whose stability is not yet known, so it is feared that there will be a landslide hazard. The collapse of the slope in the horizontal plane adjacent to the access to the mining deposit area in 2022 could disrupt mining activities in the IUP OP Jumaidi. The method used in this study is the Bioshop Simplified with a standard safety value of > 1.3 . The results of testing the physical properties and mechanical properties of the slopes are the natural bulk density of 16.33 kN/m^3 , the dry bulk weight of 12.45 kN/m^3 and the saturated weight of 17.25 kN/m^3 . Meanwhile, the cohesion value is $41,256 \text{ kN/m}^3$ and the internal shear angle is $25,09^\circ$. Based on the parameter values of the physical and mechanical properties of soil in the laboratory, the safety factor value according to the Bioshop Simplified in natural conditions is 1.027, while the safety factor value of the Hoek and Bray in dry conditions is 1.17 and for saturation condition of 0.93. The results showed that the FK value obtained a single slope geometry recommendation with a slope of 35° with a safety factor (FK) of 1.377 in natural conditions according to the bioshop. While the value of the safety factor (FK) in the saturated condition is 1.350. And the double slope according to the Bishop method, the factor of safety (FK) in the natural state is 1.341, and the value of the safety factor (FK) in the saturated condition is 1,309. recommended to use a double slope slope with a bench width of 16 meters and a slope of 39° . The volume to be peeled is 29034.79 bcm.

Keywords: Slope geometry, Slope stability analysis, Bioshop Simplified Method, *Hoek and Bray Method*, *Safety Factor (FK)*

1. Pendahuluan

IUP OP Jumaidi merupakan salah satu Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi yang bergerak dibidang pertambangan, khususnya pertambangan dan perdagangan tanah liat/clay yang didirikan pada tahun 2017. Dengan luas lahan kurang lebih 5 hektar yang berlokasi di Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

IUP OP Jumaidi adalah salah satu tambang perorangan (Tambang rakyat) yang melakukan penambangan dengan masyarakat sekitar, tujuan melakukan kerja sama agar tercapainya target produksi yang harus dikirim ke *stockpile (Clay Storage)* PT.Semen Padang sebanyak 5000 ton/bulan. Untuk metode penambangan digunakan sistem tambang terbuka (*quarry*) dengan pola penambangan berjenjang. Pada proses penambangan bahan galian *clay* ini melakukan

penyimpanan tanah pucuk dan langsung melakukan pembakaran terhadap area deposit sekaligus pemuatan kedalam (*dumpruck*) dengan alat *excavator*.

Berdasarkan observasi lapangan pada IUP OP Jumaidi, penulis menemukan adanya lereng yang sudah diproduksi atau lereng bekas penambangan yang terdiri dari material pembentuk lereng yaitu lempung, dengan geometri lereng setinggi 44 meter dan kemiringan 45°. Adanya kegiatan penambangan, seperti penggalian, dan pengangkutan material pada lereng membentuk lereng akhir (lereng bekas tambang) yang belum diketahui kestabilannya, sehingga dikhawatirkan akan terjadi bahaya longsor. Runtuhnya lereng pada bidang horizontal yang berdekatan dengan akses menuju area deposit penambangan tahun 2022 dapat mengganggu kegiatan penambangan di IUP OP Jumaidi.

Umumnya lereng bekas tambang kurang mendapat perhatian dari pihak perusahaan sehingga menimbulkan potensi

yang berbahaya terhadap aktivitas penambangan disekitar area lereng tersebut. Kestabilan lereng galian memiliki pengaruh terhadap masalah keselamatan manusia. Oleh sebab itu ketika mendesain bukaan tambang dibutuhkan kajian geoteknik supaya mengetahui dan mendapatkan stabilitas lereng dalam rancangan tersebut. Untuk lebih jelasnya kondisi lereng tambang yang telah peneliti amati dari hasil observasi selama dilapangan dapat dilihat seperti gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Kondisi Lereng IUP OP Jumaidi

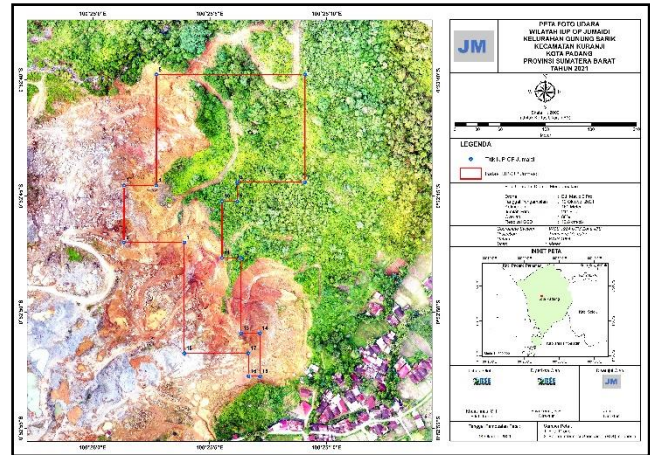
Berdasarkan informasi yang didapat dari KTT IUP OP Jumaidi bahwasanya pada tahun 2019 terjadi longsor di area penambangan yang mengakibatkan 2 unit excavator tertimbun oleh material tanah. Selain itu belum adanya analisis kestabilan lereng bekas tambang dapat mempengaruhi nilai faktor keamanan lereng untuk dilalui alat angkut.

Berdasarkan hal tersebut, peneliti berpendapat bahwasanya longsor yang sudah terjadi sebelumnya yang disebabkan minimnya kajian geoteknik tentang stabilitas lereng. Apabila tidak dikaji analisis kestabilan lereng dan penanganannya yang optimal pada longsor, dapat menimbulkan kerugian terhadap pihak perusahaan seperti aktivitas penambangan terganggu serta kerugian jiwa dan kerugian materi.

2. Kajian Teori

2.1. Lokasi Dan Daerah Penelitian

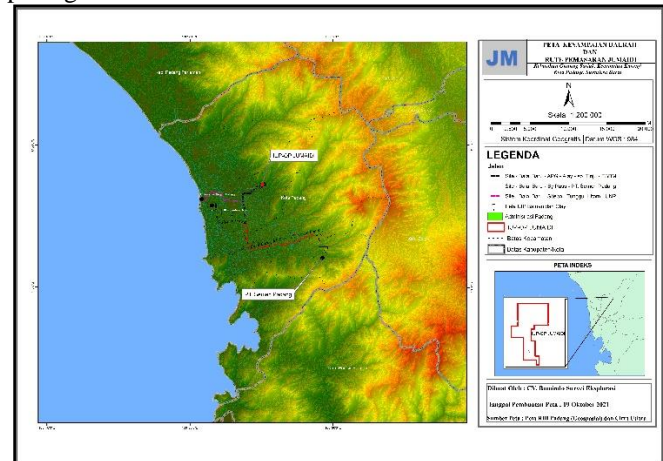
Secara administrasi pemerintahan, lokasi daerah penyelidikan IUP OP Jumaidi merupakan salah satu Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi yang bergerak dibidang pertambangan dan perdagangan tanah liat, yang didirikan pada tahun 2017. Dengan luas lahan kurang lebih 5 hektar yang berlokasi di Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. IUP OP Jumaidi berada dikelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Peta Foto Udara IUP OP Jumaidi dapat ditunjuk pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Peta Foto Udara IUP OP Jumaidi

2.2. Kesampaian Daerah Penelitian

kegiatan operasi produksi seluas lebih kurang 1 hektare dan luas kensesi seluas 5.0 hektare. Lokasi pertambangan dan perdagangan tanah liat/clay IUP OP Jumaidi. Dapat ditempuh melalui jalur darat dari Universitas Negeri Padang ke IUP OP Jumaidi (Gunung Sarik) yang memakan waktu perjalanan \pm 20 menit. Peta Kesampaian Daerah Penelitian seperti ditunjuk pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Peta Kesampaian Daerah Penelitian

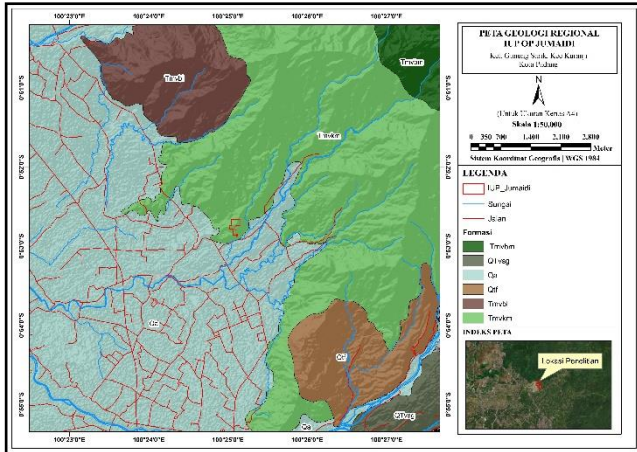
2.3. Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan peta geologi lembar padang (Kastowo, dkk, 1996), Kota Padang dan sekitarnya disusun endapan Kuartar yang berumur pliosen-holosen. Endapan Kuartar tersebut disusun oleh lahar dan konglomerat, tuf kristal (QTt), endapan kipas aluvium (Qf) dan endapan aluvium (Qal).

Berdasarkan pengamatan dilapangan wilayah IUP OP Jumaidi secara geologi regional daerah penelitian tersusun oleh batuan penutup berupa top soil yang terdiri dari tanah pelapukan (humus) dan tanah liat yang berasal dari pelapukan kimia batuan andesit pada formasi (Tmvkm). Tanah liat yang dijumpai pada wilayah prospek IUP OP Jumaidi yang akan diusahakan berupa hasil lapukan kimia batuan vulkanik yang terdiri dari tufa kristal dan berwarna putih kecoklatan, agak kompak pada batuan segar dan rapuh pada batuan yang telah

mangalami pelapukan.

Morfologi daerah penelitian termasuk kedalam satuan perbukitan bergelombang dengan ketinggian 100-150 Mdpl, Daerah ini terdiri dari Kawasan pertanian dan pemukiman masyarakat. Peta Geologi Regional dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 4. Peta Geologi Regional IUP OP Jumaidi

2.4. Kestabilan Lereng

Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut menurut *Hoek and Bray* (1991) dalam (Irwandy Arif 2016).

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

Dimana:

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 = faktor kestabilan lereng

2.5. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Lereng

- a. Penyebaran Batuan
- b. Geometri Lereng
- c. Relief Permukaan Bumi
- d. Struktur Geologi Regional dan Lokal
- e. Iklim dan Curah Hujan
- f. Sifat Fisik dan Mekanik Tanah
- g. Gaya Dari Luar

2.6. Jenis-jenis Lonsoran

Beberapa jenis-jenis longsor lereng yang sering terjadi terhadap bidang lemahnya (umumnya kekar). Berikut adalah klasifikasi dan jenis-jenis longsor. (Irwandy Arif 2016), yaitu:

- a. Longsor Bidang (*Plan Failure*)
- b. Longsor Baji (*Wedge Failure*)
- c. Longsor Busur (*Circulair Failure*)
- d. Longsor Guling (*Topling Failure*)

2.7. Metode Kesetimbangan Batas

a. Metode *Bioshop Simplified*

Metode *Bishop Simplified* yaitu salah satu metode Analisa yang digunakan untuk tipe longsoran bsur pada lereng dengan menggunakan kesetimbangan gaya vertical pada bidang gelincir.

Untuk menganalisa nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

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

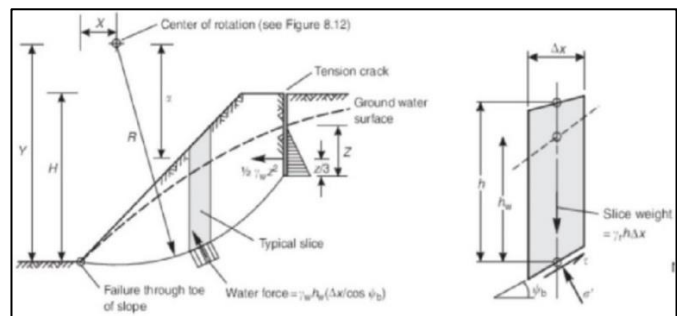
$$Y = \tan \alpha \cdot \cos \theta$$

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

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

Dimana:

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

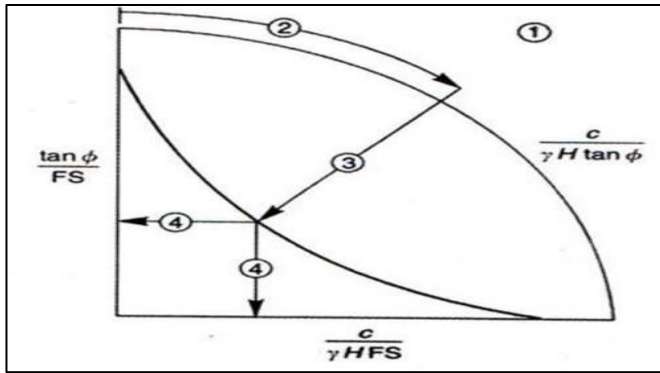


Sumber: Hoek and Bray, 1981

Gambar 9. Metode *Bioshop Simplified*

b. Metode *Hoek and Bray*

Salah satu metode grafik yang menggambarkan lima buah pola aliran tanah dari kondisi kering sampai kondisi jenuh.



Sumber: Irwandi Arif, 2016

Gambar 10. Metode Bishop Simplified.

3. Metodologi Penelitian

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 14-Januari 2022 sampai 18 Januari 2022 Selanjutnya melakukan pengambilan data dilapangan mulai tanggal 4 April 2022 sampai dengan 4 Mei 2022. Pengambilan data dilakukan di wilayah penambangan IUP OP Jumaidi Penelitian ini kemudian dibatasi dan difokuskan pada lereng yang tidak di tambang IUP OP Jumaidi Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang, Sumatera Barat

Jenis penelitian yang penulis lakukan yaitu penelitian kuantitatif dan terapan (Applied Research). Penelitian ini terarah ke penelitian terapan (Applied Research), adalah jenis penelitian yang bertujuan untuk mengimplementasikan ilmu yang diperoleh dibangku perkuliahan terhadap aktual lapangan.

Penelitian ini di golongan ke dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

3.1 Tahapan Pendahuluan

- Persiapan penyusunan surat-surat izin di kampus dan perusahaan.
- Konsultasi dengan dosen pembimbing.
- Persiapan kajian teori berupa pengumpulan studi literatur serta aspek-aspek pendukung lainnya.

3.2 Tahapan Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan melalui referensi literatur pustaka dan kajian teori pada penelitian yang relevan untuk menunjang penelitian ini.

3.3 Tahapan Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan dilakukan untuk mengamati kondisi geologi, topografi daerah lingkungan sekitar area lereng IUP OP Jumaidi dan untuk mengetahui parameter-parameter yang digunakan untuk menganalisa masalah yang akan di bahas khusus di area penambangan IUP OP Jumaidi.

3.4 Tahapan Pengambilan Data

Data yang diambil terdiri dari data primer dan data sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diambil langsung dari

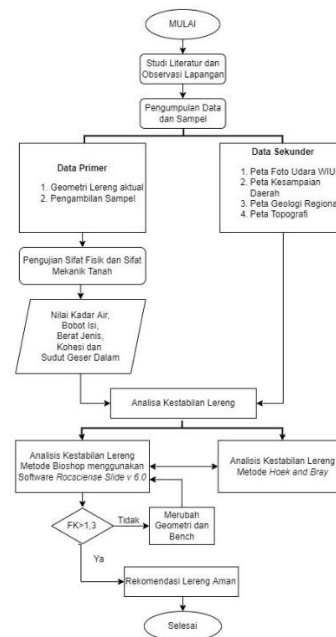
pengamatan di lapangan, yaitu:

- Geometri lereng aktual, meliputi :tinggi lereng, sudut lereng.
- Sampel tanah digunakan untuk uji sifat fisik dan sifat mekanik

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dari arsip-arsip laporan perusahaan, seperti:

- Peta Foto Udara IUP OP Jumaidi
- Peta Topografi 2021
- Peta Kesampaian Daerah dan Lokasi Penelitian
- Peta Geologi Regional



Gambar 11. Diagram Alir

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Penelitian

4.1.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada lereng yang telah diproduksi di IUP OP Jumaidi yang berlokasi di kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Untuk koordinat dan lokasi lereng dapat ditunjuk pada tabel 1 dan pada gambar 12 dibawah ini

Tabel 1. Koordinat lokasi lereng

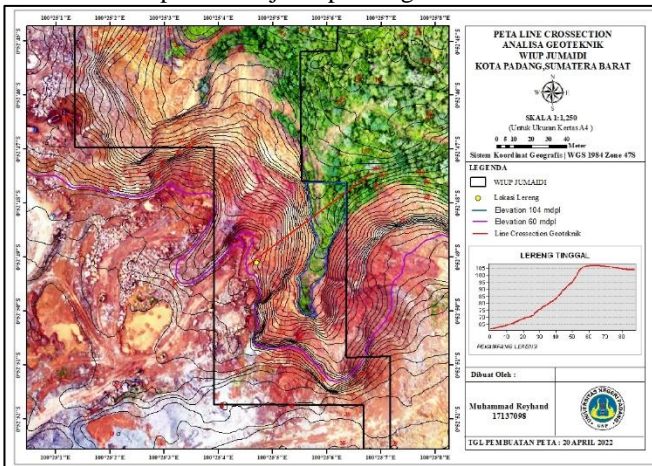
No	Titik	Koordinat (DMS WGS 84 Zona 47S)	
		X	Y
1	Lereng Bekas tambang	100°25'4.53"E	0°52'49.10"S



Gambar 12. Lokasi Penelitian

4.1.2. Kondisi Lereng

Berdasarkan hasil pengamatan kondisi lereng di wilayah IUP OP Jumaidi oleh batuan penutup berupa top soil yang terdiri dari tanah pelapukan (humus) dan tanah liat yang berasal dari pelapukan kimia batuan andesit pada formasi (Tmvkm). Lereng tersebut merupakan lereng tunggal (single slope) yang mana tinggi 44 meter dan kemiringan 45⁰. Pada lokasi penelitian ini pernah terjadi longsoran di area penambangan yang mengakibatkan 2 excavator tertimbun material tanah. Untuk menghindari terjadinya longsoran dimasa yang akan datang, perlu dilakukan analisis kestabilan lereng untuk menjaga kondisi lereng agar tetap aman dan stabil. Berikut ini kondisi lereng dan Line Crossover Analisa Geoteknik dapat ditunjuk pada gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13. Peta Line Crossover Analisa Geoteknik

4.1.3. Parameter Pengujian Laboratorium Geoteknik

4.1.3.1. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam tanah tersebut. Adapun data hasil pengujian kadar air dapat ditunjuk pada tabel 2 dibawah ini.

Table 2. Hasil Uji Kadar Air

Kode Sampel	Berat Cawan W1 (gram)	Berat Cawan + Tanah	Berat Cawan+tanah kering W3 (gram)	Kadar Air %
-------------	-----------------------	---------------------	------------------------------------	-------------

		Asli W2 (gram)		
GTD-1	5.36	7.93	7.29	40.44
GTD-2	5.7	10.36	9.11	36.66
GTD-3	5.17	11.86	10.05	37.09
Rata-rata				38.06%

4.1.3.2. Berat Jenis

Pengujian nilai berat jenis tanah. Sama seperti pengujian kadar air sebelumnya, pengujian berat jenis juga dilakukan pada sembilan sampel tanah. Adapun data hasil pengujian berat jenis dapat ditunjuk pada tabel 3 dibawah ini.

Table 3. Hasil Uji Kadar Air

Kode Sampel	Berat jenis	Rata-rata
GTD-1	1.89	1.80
	1.85	
	1.66	
GTD-2	1.53	1.51
	1.51	
	1.48	
GTD-3	1.27	1.45
	1.45	
	1.64	
Rata-rata		1.59

4.1.3.3. Pengujian Bobot Isi Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai bobot isi sampel tanah

Adapun data hasil dari uji bobot isi sampel tanah dapat ditunjuk pada tabel 4 sebagai berikut.

Table 4. Hasil Pengujian Bobot Isi Tanah

Kode Sampel	γ _{nat}		γ _{dry}		γ _{sat}	
	(gr/cm ³)	(kN/m ³)	(gr/cm ³)	(kN/m ³)	(gr/cm ³)	(kN/m ³)
GTD-1	1.66	16.27	1.28	12.54	1.78	17.44
GTD-2	1.72	16.86	1.33	13.03	1.84	18.03
GTD-3	1.62	15.88	1.20	11.76	1.66	16.27
Rata-Rata	1.67	16.33	1.27	12.45	1.76	17.25

4.1.3.4. Pengujian Uji Geser Langsung

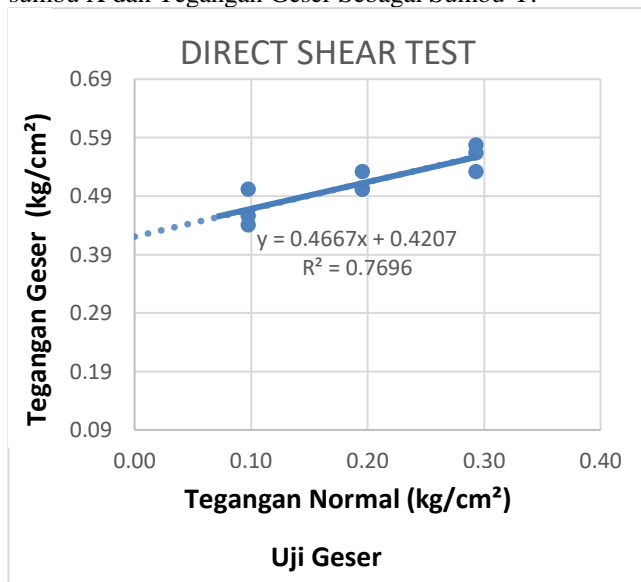
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan parameter kekuatan tanah, yaitu nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (Ø).

Adapun data hasil dari uji geser langsung tanah dapat ditunjuk pada tabel 5 sebagai berikut.

Table 5. Hasil uji geser langsung tanah

Kode Sampel	Beban Normal (kg)	Tegangan Normal (kg/cm ²)	Beban Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)
GTD 1	3	0.10	15.40	0.50
	6	0.20	16.30	0.53
	9	0.29	17.30	0.56
GTD 2	3	0.10	13.50	0.44
	6	0.20	15.40	0.50
	9	0.29	16.30	0.53
GTD 3	3	0.10	14.00	0.46
	6	0.20	14.50	0.50
	9	0.29	17.70	0.58

Hasil dari pengujian uji geser langsung diatas selanjutnya diplot ke dalam microsoft excel yang mana outputnya grafik persamaan linear. Tegangan normal sebagai sumbu X dan Tegangan Geser Sebagai Sumbu Y.



Gambar 14. Hasil Uji Geser Langsung

Berdasarkan *trandline*, tegangan normal dan tegangan geser diperoleh dari persamaan $y = 0,4667 x + 0,4207$ dari persamaan tersebut didapat nilai kohesi sebesar 0,4207, kg/cm² dan dikoversikan menjadi 41,256 kN/m². nilai dari sudut geser bisa didapatkan dengan,

$$\begin{aligned} \emptyset &= \text{Arc Tan}(0,4667) \\ &= 25,09^\circ \end{aligned}$$

4.1.3.5. Data Material Properties

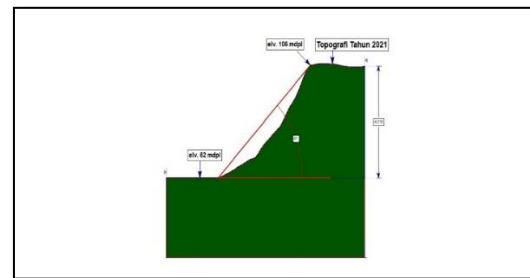
Properties material merupakan nilai rata-rata dari hasil pengujian geoteknik dilaboratorium, meliputi bobot isi (natural, kering, jenuh), kohesi (c), dan sudut geser dalam (\emptyset).

Table 6. Mat

Litologi	Bobot isi Natural (kN/m ³)	Bobot Isi Kering (kN/m ³)	Bobot Isi Jenuh (kN/m ³)	Cohesi (kPa)	Sudut Geser (°)
Clay	16.33	12.45	17.25	41,256	25,09

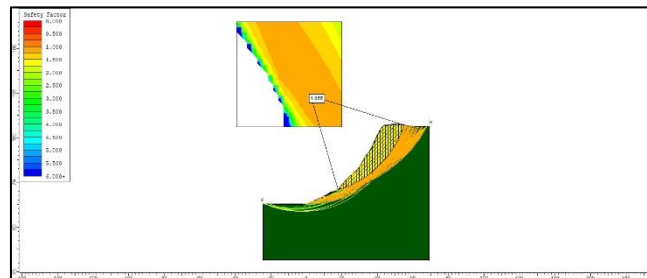
4.2. Analisa Kestabilan Lereng

4.2.1 Analisa Kestabilan Lereng Aktual Menggunakan Metode *Bishop Simplified* dibantu dengan *Software Rockscience Slide 6.0*



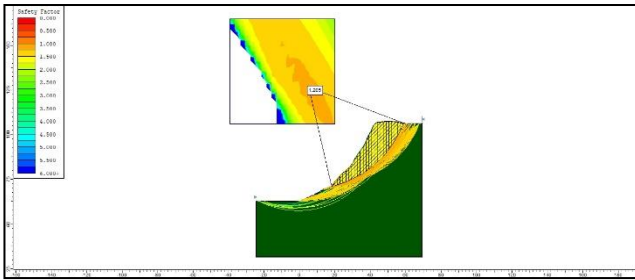
Gambar 15. Geometri Lereng Aktual IUP OP Jumaidi

Berdasarkan topografi aktual tahun 2021 IUP OP Jumaidi. Diketahui geometri lereng tunggal di daerah penelitian yang mana tinggi 44 meter dan sudut kemiringan lereng 45°. Melalui analisis stabilitas lereng aktual, diperoleh nilai faktor keamanan (FK) dalam keadaan natural adalah 1,055. Menurut KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 Untuk nilai Faktor Keamanan tersebut menunjukkan lereng tunggal dalam keadaan tidak stabil seperti terlihat pada gambar 16.



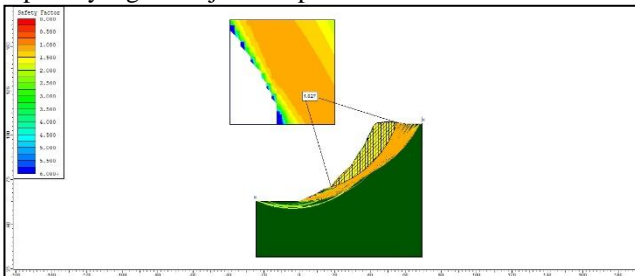
Gambar 16. Faktor Keamanan Lereng Aktual Kondisi Natural

Nilai faktor keamanan lereng dalam keadaan kering diperoleh 1,205. Menurut KEPMEN No. 1827, nilai faktor keamanan kurang dari 1,3 dalam kondisi tidak stabil. Seperti terlihat pada gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17. Faktor Keamanan Lereng Aktual Kondisi Kering

Pada kondisi jenuh, faktor keamanan (FK) yang dihasilkan adalah 1,027. Nilai faktor keamanan menunjukkan bahwa, dalam kondisi tidak stabil dan berpotensi terjadi longsor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18 di bawah ini.



Gambar 18. Faktor Keamanan Lereng Aktual Kondisi Jenuh

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng dalam keadaan kering, natural dan jenuh ditunjukkan pada tabel 7 dibawah ini.

Table 7. Hasil Faktor Keamanan Lereng Aktual dengan Metode Bishop

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi (m)	Kemiringan (°)	Faktor Keamanan
Natural	Single	44	45	1,055
Kering	Single	44	45	1,205
Jenuh	Single	44	45	1,027

Berdasarkan Analisa faktor keamanan lereng aktual didapatkan nilai FK dalam kondisi natural dan jenuh dengan metode *Bioshop Simplified* sebesar 1,055 dan 1,027, dimana $FK < 1,3$ bisa dikatakan lereng tersebut tidak aman atau berpotensi terjadi longsor.

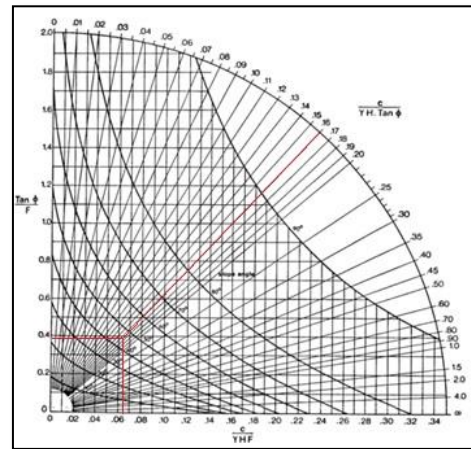
4.2.2 Analisis Kestabilan Lereng Aktual Dengan Menggunakan Metode *Hoek and Bray*

Dalam penelitian ini, penulis juga menggunakan metode grafis *Hoek and Bray*. Untuk menganalisis kestabilan lereng dalam keadaan kering menggunakan *chart* nomor satu dan untuk keadaan setengah jenuh menggunakan *chart* nomor dua.

1) Analisis FK Lereng Aktual Kondisi Kering

$$\frac{c}{\gamma d. H \tan \theta} = \frac{41,256}{12,45 \times 44 \times \tan 25,09}$$

$$= \frac{41,256}{12,45 \times 44 \times 0,39} = \frac{41,256}{251,988} = 0,16$$



Gambar 19. Chart 1 Analisa Lereng Aktual Kondisi Kering

$$\frac{c}{\gamma d. H. FS} = 0,065 \rightarrow \frac{41,256}{12,45 \times 44 \times 0,065} = FS$$

$$FS = \frac{41,256}{35,607} = 1,15$$

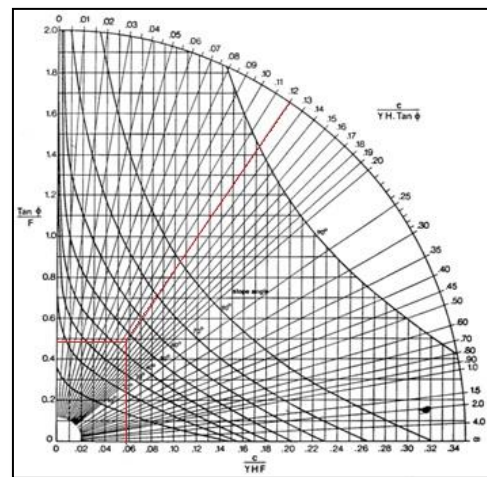
$$= \frac{\tan \theta}{FS} = 0,39$$

$$FS = \frac{0,46}{0,39} = 1,17$$

2) Analisis FK Lereng Aktual Kondisi Setengah Jenuh

$$\frac{c}{\gamma d. H \tan \theta} = \frac{41,256}{17,25 \times 44 \times \tan 25,09}$$

$$= \frac{17,25 \times 44 \times 0,46}{43,355} = \frac{349,14}{43,355} = 0,12$$



Gambar 20. Chart 5 Analisis FK Lereng Aktual dalam Kondisi Setengah Jenuh

$$\frac{c}{\gamma_{sat} \cdot H \cdot FS} = 0,059 \rightarrow \frac{41,256}{17,25 \times 44 \times 0,059} = FS$$

$$FS = \frac{41,256}{44,781} = 0,69$$

$$= \frac{\tan \phi}{FS} = 0,49$$

$$FS = \frac{0,46}{0,49} = 0,93$$

Table 8. Hasil FK Lereng Aktual dengan Metode *Hoek and Bray*

Tinggi (m)	Sudut	Metode	Faktor Keamanan	
			Kering	Jenuh
44	45	<i>Hoek and Bray</i>	1,17	0,93

Berdasarkan analisa faktor keamanan lereng aktual didapatkan nilai FK dalam kondisi jenuh dengan metode *Bishop* sebesar 1,027, dimana $FK < 1,3$ bisa dikatakan lereng tersebut tidak aman atau berpotensi terjadi longsor.

Dengan metode *Hoek and Bray* didapatkan faktor keamanan lereng dalam kondisi setengah jenuh menggunakan *chart 2* sebesar 0,93, dimana $FK < 1,3$ bisa dikatakan lereng tersebut tidak aman atau berpotensi terjadinya longsor.

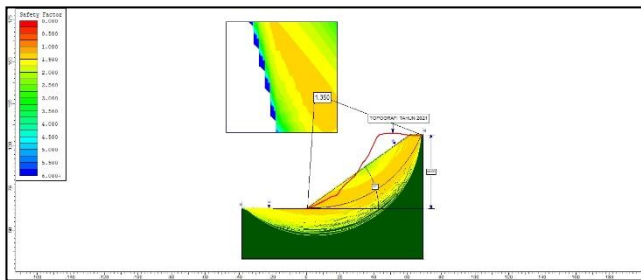
4.2.3. Rekomendasi Lereng Aktual Setelah Modifikasi.

4.2.3.1. Rekomendasi Lereng Tunggal

Berdasarkan dari analisis kestabilan lereng aktual yang telah dilakukan nilai faktor keamanan yang didapatkan $\leq 1,3$ bisa dikatakan lereng tidak aman atau berpotensi longsor. Maka dari itu penulis melakukan simulasi percobaan sebanyak 11 jenis model single slope menggunakan metode *Bishop Simplified*. Tiap-tiap geometri tersebut dianalisis untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang paling direkomendasikan dalam kondisi natural dan jenuh (*full saturated*)

1) Analisis FK *Single Slope* lereng keadaan jenuh

Berdasarkan analisis *software rocscience slide 6.0* dengan nilai bobot isi jenuh $17,25 \text{ kN/m}^3$, kohesi $41,256 \text{ kN/m}^3$ dan nilai sudut geser dalam sebesar $25,09^\circ$. Nilai faktor keamanan lereng keadaan jenuh diperoleh 1,357. Nilai $FK > 1,3$ artinya lereng berada kondisi aman.



Gambar 21. Modifikasi Single Slope Dalam Kondisi Jenuh

Dari hasil analisis diatas dapat dilihat $FK > 1,3$ artinya lereng berada kondisi aman. Hasil analisis yang menunjukkan nilai

faktor keamanan kurang dari 1,3 maka geometri tersebut akan dieliminasi dapat dilihat pada tabel 9.

Table 9. Hasil Simulasi Kestabilan Lereng *Single Slope*

Material	Analisis Slope	Slope (degree)	Lebar Bench	Tinggi (meter)	Faktor Keamanan	
					Natural	Jenuh
Soil-Clay	Single Slope	35		44	1,377	1,350
		36			1,330	1,304
		37			1,303	1,278
		38			1,281	1,254
		39			1,264	1,238
		40			1,233	1,208
		41			1,213	1,186
		42			1,193	1,167
		43			1,176	1,150
		44			1,145	1,120
		45			1,055	1,027

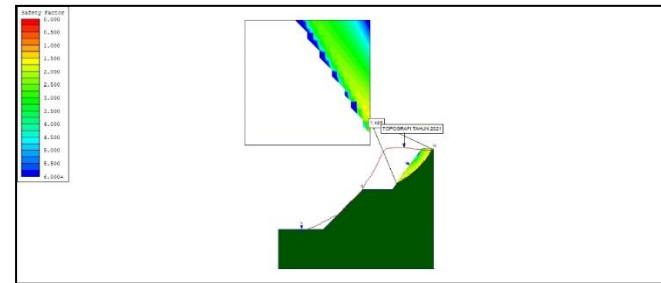
4.2.3.2. Rekomendasi Lereng *Double Slope*

Berdasarkan dari analisis kestabilan lereng aktual yang telah dilakukan nilai FK diperoleh $\leq 1,3$ bisa dikatakan lereng tidak aman atau berpotensi longsor. Maka dari itu penulis melakukan simulasi percobaan sebanyak 7 jenis model *double slope* menggunakan metode *Bishop Simplified*. Tiap-tiap geometri tersebut dianalisis untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang paling direkomendasikan dalam kondisi natural dan jenuh (*full saturated*).

1) Analisis *Double Slope* Kondisi Jenuh

a) *Slope 1* Lereng Kondisi Jenuh

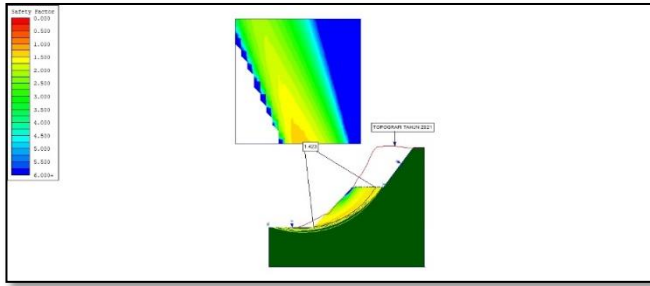
Berdasarkan analisis *software rocscience slide 6.0* dengan nilai bobot isi jenuh $17,25 \text{ kN/m}^3$, nilai kohesi sebesar $41,256 \text{ kN/m}^3$ dan nilai sudut geser dalam yaitu $25,09^\circ$. Nilai faktor keamanan lereng dalam keadaan jenuh diperoleh 1,485. Nilai $FK > 1,3$ artinya lereng berada kondisi aman.



Gambar 22. Modifikasi *Slope 1* Dalam Kondisi Jenuh

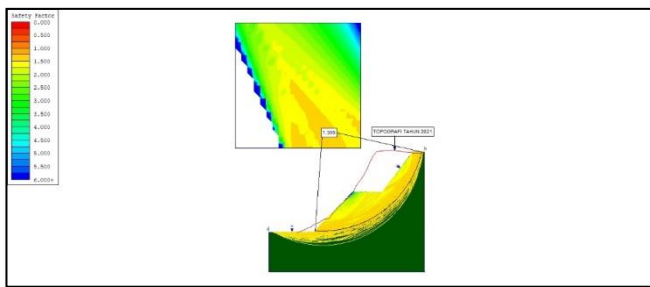
b) *Slope 2* Lereng Kondisi Jenuh

Berdasarkan analisis *software rocscience slide 6.0* dengan nilai bobot isi jenuh $17,25 \text{ kN/m}^3$, nilai kohesi sebesar $41,256 \text{ kN/m}^3$ dan nilai sudut geser dalam yaitu $25,09^\circ$. Nilai faktor keamanan lereng dalam keadaan jenuh diperoleh 1,423. Nilai $FK > 1,3$ artinya lereng berada kondisi aman.



Gambar 23. Modifikasi Slope 2 Dalam Kondisi Jenuh

Rekomendasi Lereng *Double bench* dalam keadaan jenuh diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,309 dapat ditunjuk pada gambar 24 dibawah ini.



Gambar 23. Modifikasi Lereng *Double Slope* Dalam Kondisi Jenuh

Berdasarkan analisis diatas dapat dilihat $FK > 1,3$ artinya lereng berada kondisi aman. Hasil analisis yang menunjukkan nilai faktor keamanan kurang dari 1,3 maka geometri tersebut akan dieliminasi dapat ditunjuk pada tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Hasil Simulasi Kestabilan lereng *Double Slope*

Material	Analisis Slope	Slope (degree)	Lebar Bench	Tinggi (meter)	Faktor Keamanan	
					Natural	Jenuh
Soil-Clay	Slope 1	52	8	22	1,380	1,334
	Slope 2	45		22	1,558	1,496
	Overall	43		44	1,112	1,085
	Slope 1	52	10	22	1,386	1,340
	Slope 2	45		22	1,521	1,470
	Overall	42		44	1,175	1,148
	Slope 1	52	12	22	1,376	1,331
	Slope 2	45		22	1,481	1,436
	Overall	41		44	1,209	1,177
	Slope 1	52	14	22	1,429	1,377
	Slope 2	45		22	1,482	1,438
	Overall	40		44	1,270	1,240
	Slope 1	53	16	22	1,545	1,485
	Slope 2	45		22	1,466	1,423
	Overall	39		44	1,341	1,309
	Slope 1	52	16	22	1,817	1,742
	Slope 2	45		22	1,487	1,441
	Overall	38		44	1,353	1,319
	Slope 1	50	16	22	1,988	1,904
	Slope 2	45		22	1,488	1,441
Overall	38	44		1,376	1,342	

4.3. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian parameter geoteknik, sampel tanah lereng yang ditambang IUP OP Jumaidi, kadar air sampel tanah adalah 38,06%, berat jenis 1,59, bobot isi dalam kondisi natural adalah 16,33 kN/m³, bobot isi kering 12,45 kN/m³ dan bobot isi jenuh 17,25 kN/m³, nilai kohesi sebesar 41,256 Kpa, dan sudut geser dalam yaitu 25,09°.

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng aktual pada lereng yang mana tinggi lereng 44 meter dan sudut kemiringan yaitu 45°, Adapun nilai faktor keamanan (FK) aktual yang dihitung dengan metode Bishop untuk lereng dalam keadaan natural adalah 1,055, sedangkan FK pada kondisi jenuh adalah 1,027. Untuk lereng kering, faktor keamanan aktual (FK) adalah 1,205. Sedangkan dengan metode *Hoek and Bray*, nilai FK lereng dalam keadaan setengah jenuh yaitu 0,93, dimana $FK < 1,3$ juga dapat dikatakan lereng tidak aman atau berpotensi longsor. Menurut KEPMEN No. 1827, lereng satu sisi diketahui stabil pada tahun 2018 dengan nilai FK yaitu sebesar 1,1. Namun, pada penelitian ini penulis tidak membahas kemungkinan terjadinya longsor, dan penulis menyarankan untuk membuat model lereng dengan faktor keamanan (FK) > 1,3. Maka dari itu penulis melakukan desain modifikasi lereng aktual dengan model *single slope* dan *double slope*, memiliki nilai faktor keamanan (FK) ≥ 1,3. Adapun volume yang akan dikupas dari setiap rekomendasi geometri lereng yang sudah dimodifikasi dapat ditunjuk pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Rekomendasi Nilai FK Lereng *Single Slope* dan *Double Slope*

Material	Analisis Slope	Slope (degree)	Lebar Bench	Tinggi (meter)	Faktor Keamanan		Total Volume (Bcm)
					Natural	Jenuh	
Soil-Clay	Single Slope	35		44	1,377	1,350	45662.41
	Slope 1	53	16	22	1,545	1,485	29034.79
	Slope 2	45		22	1,466	1,423	
	Overall	39		44	1,341	1,309	
	Slope 1	52	16	22	1,817	1,742	30052.557
	Slope 2	45		22	1,487	1,441	
	Overall	38		44	1,353	1,319	
	Slope 1	50	16	22	1,988	1,904	30530.225
	Slope 2	45		22	1,488	1,441	
	Overall	38		44	1,376	1,342	

Melalui analisis *software rocscience slide*, diperoleh desain rekomendasi geometri lereng tunggal dengan sudut kemiringan yang aman yaitu 35° dengan faktor keamanan (FK) sebesar 1,377 dalam keadaan natural menurut metode bioshop. Sedangkan nilai faktor keamanan (FK) pada kondisi jenuh adalah 1,350. Dan rekomendasi double slope menurut metode Bishop, faktor keamanan (FK) dalam keadaan natural adalah 1,341, dan nilai faktor keamanan (FK) pada keadaan jenuh yaitu sebesar 1,309. disarankan untuk menggunakan lereng *double slope* dengan lebar *bench* 16 meter dan kemiringan 39°. Volume yang akan dikupas adalah 29034,79 bcm.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan kestabilan lereng yang dilakukan pada IUP OP Jumaidi, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah lereng penambangan, didapatkan nilai kadar air 38.06 %, bobot isi natural sebesar 16.33 kN/m³, bobot isi kering sebesar 12.45 kN/m³, bobot isi jenuh sebesar 17.25 kN/m³, sudut geser dalam sebesar 25,090 dan kohesi sebesar 41,256 kN/m².
2. Berdasarkan nilai parameter uji sifat fisik-mekanik sampel tanah di laboratorium adalah dengan nilai faktor keamanan lereng dalam kondisi kering menurut metode bioshop sebesar 1,055 dan dalam kondisi jenuh adalah 1,027, Sedangkan dengan metode *Hoek and Bray* didapatkan nilai faktor keamanan lereng dalam keadaan kering sebesar 1,17 dan dalam kondisi jenuh 0,93.
3. Rekomendasi
Berdasarkan hasil analisis penulis melakukan perubahan pada geometri lereng untuk mendapatkan $FK > 1.3$ yaitu dengan merubah sudut kemiringan dan tinggi pada lereng aktual. Penulis memberikan rekomendasi desain geometri lereng single slope dan double slope yang ideal yang sesuai dengan standar KEPMEN ESDM No 1827 K/30MEM/2018, yaitu:

- a) Single slope
 - 1) Single slope pada kondisi natural dengan tinggi lereng 44 meter dan kemiringan lereng yang aman adalah 35o diperoleh nilai FK sebesar 1,377.
 - 2) Single slope pada kondisi jenuh dengan tinggi lereng 44 meter dan lereng yang aman adalah 35o diperoleh nilai FK sebesar 1,350. Dengan volume yang harus digali sebesar 45.6624 bcm
- b) Double Slope pada kondisi jenuh (full saturated)
 - 1) Tinggi lereng tunggal 22 meter dan sudut kemiringan 53o dan 45o dengan FK 1,485 dan 1,423. Tinggi lereng keseluruhan 44 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 39o diperoleh FK sebesar 1,309. Dengan volume material yang harus digali sebesar 29.0348 bcm.
 - 2) Tinggi lereng tunggal 22 meter dan sudut kemiringan 52o dan 45o dengan FK 1,742 dan 1,441. Tinggi lereng keseluruhan 44 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 38o diperoleh FK sebesar 1,319. Dengan volume material yang harus digali sebesar 30.0526 bcm
 - 3) Tinggi lereng tunggal 22 meter dan sudut kemiringan 50o dan 45o dengan FK 1,904 dan 1,441. Tinggi lereng keseluruhan 44 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 38o diperoleh FK sebesar 1,342. Dengan volume material yang harus digali sebesar 30.5302 bcm.

5.2. Saran

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

1. Disarankan agar perusahaan melakukan *redesign* geometri lereng, hal ini bertujuan untuk memperbaiki geometri lereng yang ada sesuai rekomendasi desain yang telah dibuat. untuk menjaga kestabilan lereng dengan nilai $FK > 1.3$.
2. Diperlukan rancangan geometri lereng yang optimal sebelum kegiatan penambangan yang sesuai dengan sifat fisik dan sifat mekanik material penyusun lereng, serta kontrol geoteknik terhadap aktivitas lereng, sehingga meminimalisir bahaya terjadinya insiden longsor.
3. Pemantauan Lereng
Sistem pemantauan lereng berkala harus dilakukan untuk memastikan kondisi stabilitassaat operasional berlangsung. Sistem pemantauan geoteknik secara berkesinambungan yang juga merupakan kegiatan penting untuk mengenali awal adanya potensi bahaya geoteknik atau kondisi ketidakmampuan lereng.
4. Penanganan Tanah/Material lapuk dan *Soft Rock*
Untuk mengurangi tingkat pelapukan yang menyebabkan degradasi kekuatan atau material propertis lereng perlu diterapkan *System Drainage/* Aliran air dibawah lereng sesuai kaidah pertambangan yang baik (*Good minning practice*)

6. Daftar Pustaka

- [1] Arif, Irwandy. 2015. *Geoteknik Tambang*. Bandung: ITB.
- [2] Arif, Irwandy. 2016. "Geoteknik Tambang Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Meja Kestabilan Lereng". Bandung. Gramedia Pustaka Utama
- [3] Dwiatmoko, M. Utung. Sari & S. Andreas. (2020). *Analisa Kestabilan Lereng Bekas Tambang Tanah Uruug di Gunung Kupang Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan*. Jurnal GEOSAPTA Vol. 6 No. 1. Hlm. 69-72
- [4] Heda Vebriani, Dr. R Andy Erwin Wijaya, Bayurohman Pangacella Putra (2020). *Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang kuari Tanah Liat Mliwang Timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur*. Jurnal Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
- [5] Hoek, Evert and John Bray. *Rock Slope Engineering*, Revised Third Edition. The Institution and Metalurgy, London. 1981.
- [6] Irianto Purnnana, Alvin. & Kopa, Raimon (2020). *Analisis Kestabilan Lereng Pada Lereng Akhir Penambangan PT. Koto Alam Sejahtera*. Jurnal Bina Tambang, Vol.6, No.1
- [7] Ji, J., Zhang, W., Zhang, F., Gao, Y., & Lü, Q. (2020). *Reliability analysis on permanent displacement of earth slopes using the simplified bishop method*. *Computers and Geotechnics*, 117, 103286.
- [8] 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.
- [9] Metriani, Riri. Anaperta, Y. M., & Saldy, T. G. (2018). *Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang Disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang*
- [10] Nasution, S. N., Rachman, S., & Pramudito, H. (2021). *Slope stability analysis using bishop method and kinematic analysis*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1098, No. 6, p. 062041)*. IOP Publishing
- [11] Perdana, G. A. (2012). *Evaluasi Kestabilan Lereng Pada Penambangan Batubara Di Pit Arjuna PT. Putra Muba Coal Kabupaten Musibanyuasin Sumatera Selatan (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta)*
- [12] Saputri, O., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2017). *Analisis Kestabilan Lereng untuk Penambangan Overburden (Soil) Di Area IUP 412 HA Bukit Tajarang Indarung PT. Semen Padang*.
- [13] Sudjianto, A. Tugus. 2020. *Mekanika Tanah : Konsep Dasar Pengukuran Laboratorium*. Malang. Intimedia.
- [14] Surjandari, N. S., Riyadinata, F. D., & Purwana, Y. M. (2019). *Sensitivity Analysis of Soil Parameters on Slope Stability using Simplified Bishop Method (Case Study in Grobogan, Central Java, Indonesia)*. In *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1376, No. 1, p. 012012)*. IOP Publishing
- [15] Zhang, T., Cai, Q., Han, L., Shu, J., & Zhou, W. (2017). *3D stability analysis method of concave slope based on the Bishop method*. *International Journal of Mining Science and Technology*, 27(2), 365-370.
- [16] Zainul Syafar, Djamaluddin, & Anshariah. (2016). *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bioshop Pada Penambangan Nikel*. Jurnal Geomine, Vol 4, No 3.