

Analisis Kestabilan Lereng Jalan Tambang Menggunakan Metode Bishop Simplified Di Area Penambangan Bijih Besi PT.Aro Suka Mandiri, Provinsi Sumatera Barat.

Taufan Prayogi *,Yoszi Mingsi Anaperta**

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*taufanprayogi15@gmail.com

**yosziperta@ft.unp.ac.id

ABSTRACT

PT. Aro Suka Mandiri is a company engaged in the mining of Iron Ore which is located in Batang Pamo Village, IX Koto District, Sungai Lasi, Solok Regency, West Sumatra Province. PT. Aro Suka Mandiri made roads on the hillside by dividing the ridge using an excavator. The actual geometry in the field has an overall slope height of 21.497 m with a slope of 68° and the actual slope FK value in saturated conditions is 0.962. With the slope and steep road heights as well as the maximum range of excavator digging length, it is not efficient to carry out a road construction system on a slope with a single slope design. This study aims to plan the geometry of the overall slope to obtain a safe slope FK value of 1.3. This research was conducted using the bishop method to obtain the FK value of the overall slope slopes. The actual slope geometry was changed, for the overall slope height of 21.497 m with an angle of 58° so that the FK value was 1.325. Furthermore, the slope modification is carried out by making a bend on the slope using the bishop method and the FK value for the overall slope in saturated conditions is 1.316. From the data analysis, the results obtained for single slope 1 with a height of 10.008 obtained FK in a saturated condition of 1,701, while for single slope 2 a height of 11.489 obtained FK in a saturated condition of 2,176. So it can be concluded that after redesigning the slope geometry using the bishop method the slope can be stated in a safe condition.

Keywords: initial geometry, simplified bishop, simplified janbu, safety factor

1. PENDAHULUAN

PT. Aro Suka Mandiri merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang penambangan Bijih Besi yang berlokasi di Kampung Batang Pamo, Kec IX Koto Sungai Lasi, Ke Negari Tanjung Balik Simiso Kec Tigo Lurah Semakin Meruncing, Kabupaten Solok Provinsi Sumatera Barat. PT. Aro Suka Mandiri mendapatkan izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi Surat Keputusan Bupati Solok No. IUP PT No 540-228-2011 tanggal 23 Mei tahun 2011 dengan ijin area jalan sepanjang 48 kilometer.



Gambar 1. Kondisi awal lereng

Kondisi lereng saat ini tersusun atas material soil dan bongkahan border yang terdapat pada kedalaman yang bervariasi. Bongkahan batu tersebut yang akan di tambang. Perusahaan PT. Aro Suka Mandiri Selatan melakukan penambangan pada lereng dengan cara menambang bagian punggung lereng terlebih dahulu.

Pada lereng tersebut pernah terjadi longsor pada bulan Juli 2020 pada lereng tersebut adalah longsor busur, hal ini disebabkan oleh jenis material yang lunak (loose material) dan bidang diskontinu yang rapat dan acak. Jika melihat dari longsor yang terjadi (failure history), material yang bersifat loose, pelapukan material yang kuat, serta terdapatnya bidang-bidang diskontinu yang rapat (heavily jointed) dan tidak dapat dikontrol maka longsor yang mungkin terjadi berupa longsor busur. belum adanya dilakukan analisis kestabilan lereng karena tidak adanya bagian geotek di perusahaan.

Busur, hal ini disebabkan oleh jenis material yang lunak (loose material) dan bidang diskontinu yang rapat dan acak. Jika melihat dari longsor yang terjadi (failure history), material yang bersifat loose, pelapukan material yang kuat, serta terdapatnya bidang-bidang diskontinu yang rapat (heavily jointed) dan tidak dapat dikontrol maka longsor yang mungkin terjadi berupa longsor busur. belum adanya dilakukan analisis kestabilan lereng karena tidak adanya bagian geotek di perusahaan.

Penelitian ini mencoba menganalisis kestabilan lereng untuk memperoleh design dan faktor keamanan pada lereng soil tersebut. Longsor lereng dianalisis dari parameter masukan dan data yang di uji untuk mendapatkan geometri lereng optimum untuk perusahaan.

Dengan melakukan penelitian di aspek-aspek tersebut maka bisa didapatkan beberapa tujuan. Adapun tujuan penelitian penelitian ini ialah:

Mendapatkan nilai sifat fisik dan mekanik material lereng PT. Aro Suka Mandiri.

1. Mendapatkan nilai faktor keamanan aktual pada analisis kestabilan lereng PT. Aro Suka Mandiri..
2. Mendapatkan geometri lereng PT. Aro Suka Mandiri. dalam keadaan jenuh, setengah jenuh dan kering

2. KAJIAN TEORI

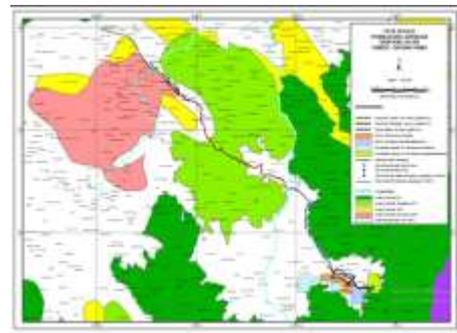
2.1. Deskripsi Perusahaan

PT. Aro Suka Mandiri merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan Bijih Besi kegiatan penambangan yang berpusat di kota Solok. PT. Aro Suka Mandiri mendapatkan izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi Surat Keputusan Bupati Solok No. IUP PT No 540-228-2011 tanggal 23 Mei

tahun 2011 dengan ijin area jalan sepanjang 48 kilometer dengan ijin area konsesi seluas 198 ha yang terletak pada koordinat:

Untuk mencapai lokasi tambang PT. Aro Suka Mandiri yang berada di Kampung Batang Pamo, Kec IX Koto Sungai Lasi, Ke Negari Tanjung Balik Simiso Kec Tigo Lurah Semakin Merunding, Kabupaten Solok Provinsi Sumatera Barat. dapat dicapai dengan:

1. Padang ke Solok dapat menggunakan kendaraan roda dua atau roda empat sejauh 110 km atau sekitar 3 jam.
2. Dari Solok ke Desa Tambang sejauh 20 km dan dari Desa Tambang ke lokasi sejauh 48 km.



Gambar 2. Peta lokasi PT. Aro Suka Mandiri

2.2 Kestabilan lereng

Kestabilan dari suatu jenjang individual dikontrol oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada daerah tersebut, kondisi air tanah setempat, dan juga oleh teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi perbandingan yang berbeda, dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum, untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng untuk memastikan lereng itu akan stabil.

Apabila kestabilan dari suatu jenjang dalam operasi penambangan meragukan, maka kestabilannya harus dinilai berdasarkan dari struktur geologi, kondisi air tanah dan faktor pengontrol lainnya yang terjadi pada suatu lereng. Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya

penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor.

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.)

Umumnya material di alam dalam keadaan stabil dengan distribusi tegangan dalam keadaan setimbang (equilibrium). Adanya penggalian untuk penambangan menyebabkan terjadinya distribusi tegangan baru. Hilangnya overburden juga akan menyebabkan berkurangnya tegangan vertikal, munculnya rekahan akibat penghilangan tegangan, dan terbukanya kekar-kekar sehingga nilai kohesi dan sudut gesek dalam tanah dan batuan menurun. Air tanah juga dapat dengan mudah melewati rekahan-rekahan yang ada dan menyebabkan turunnya tegangan normal efektif pada bidang-bidang yang berpotensi runtuh. Semakin dalam tambang digali, zona tanpa tegangan ini akan semakin besar sehingga runtuh dapat menjadi lebih buruk. Kestabilan lereng biasa dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (FK) yang didefinisikan sebagai berikut.

$$(FK) = \text{gaya penahan} / \text{gaya penggerak}$$

Keterangan:

1. $FK > 1,0$: lereng dianggap stabil
2. $FK = 1,0$: lereng dalam keadaan seimbang dan siap untuk bergerak apabila ada sedikit gangguan
3. $FK < 1,0$: lereng dianggap tidak stabil. Keterangan:
4. $FK > 1,3$: lereng dianggap stabil
5. $FK = 1,0$: lereng dalam keadaan seimbang dan siap untuk bergerak apabila ada sedikit gangguan
6. $FK < 1,0$: lereng dianggap tidak stabil.

Apabila nilai FK untuk suatu lereng $> 1,3$ (gaya penahan $>$ gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi stabil. Namun, apabila harga $FK < 1,0$ (gaya penahan $<$ gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi tidak stabil dan mungkin akan terjadi longsor pada lereng tersebut.

Kondisi seperti diatas $FK = 1,0$ tidak dikehendaki, karena apabila terjadi pengurangan gaya penahan atau penambahan gaya penggerak sekecil apapun lereng akan menjadi tidak

mantap dan longsor segera terjadi. Karena itu harga FK selalu dibuat lebih dari 1,0 (untuk lereng sementara/front penambangan $FK = 1,3$, untuk lereng permanen $FK = 1,5$, dan untuk bendungan $FK \geq 2,0$). Seperti pada tabel 5 di bawah ini hubungan nilai FK dan kemungkinan kelongsoran lereng tanah.

Tabel 1. Hubungan nilai FK dan Kemungkinan Kelongsoran Lereng Tanah

Jenis Lereng	Kategori Longsor (Consequence of Failure: COF)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Min	Faktor Keamanan (FK) Desain (min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) (FKa1)
Lereng terjal	Bendah s.d. Terjal	1,1	Tidak ada	25-50%
	Bendah	1,15-1,2	1,0	25%
Lereng-ramp	Menceng	1,2-1,3	1,0	20%
	Terjal	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Bendah	1,3-1,5	1,0	15-20%
	Menceng	1,3	1,05	10%
	Terjal	1,4-1,5	1,1	5%

Sumber : *KEPMEN nomor 1827, (2018, Halaman 57)*

Apabila FK lereng $> 1,3$ yang berarti gaya penahan lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng dalam keadaan stabil. Begitu sebaliknya bila nilai $FK < 1,3$ maka lereng tidak stabil dan rawan terjadi longsor. Jika nilai kestabilan lerengnya $1,07 < FK < 1,3$ dimana FK yang mempunyai nilai antara 1.07 dan 1.25 maka lereng tersebut berada dalam keadaan kritis.

2.3 Kuat Geser

Kuat geser terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Untuk analisis stabilitas lereng untuk jangka panjang digunakan harga kuat geser efektif maksimum (c, ϕ). Untuk lereng yang sudah mengalami gerakan atau material pembentuk lereng yang mempunyai diskontinuitas tinggi digunakan harga kuat geser sisa ($c_r = 0; \phi_r$).

2.4 Berat Isi

Berat isi diperlukan untuk perhitungan beban guna analisis stabilitas lereng. Berat isi dibedakan menjadi berat isi asli, berat isi jenuh,

dan berat isi terendam air yang penggunaannya tergantung kondisi lapangan.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan geser terdiri atas:

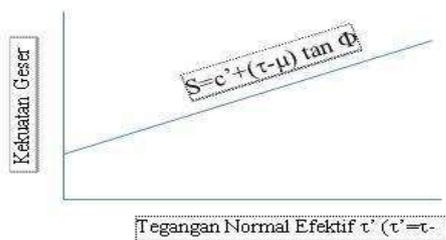
1. Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah/batuan dan ikatan butirnya.
2. Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus:

$$S = C' + (\tau - \mu) \tan \phi$$

dimana:

- S = kekuatan geser
- τ = tegangan total pada bidang geser
- μ = tegangan air pori
- C' = kohesi efektif
- ϕ = sudut geser dalam efektif



Gambar 3. Kekuatan Geser Tanah

2.5 Klasifikasi Berat Isi Tanah dan Batuan

Klasifikasi berat isi tanah asli serta faktor pengembangannya menurut (Das M Braja 1990), dapat dilihat seperti tabel 2 berikut:

Tabel 2. Properties Tanah

No	Jenis Tanah	Kohesi C (kN/m ²)	Sudut Gesek (Ø)	Bobot isi γ (kN/m ³)
1	Lempung Lunak	18	0	12
2	Lempung Sedang	48	0	15
3	Lempung Kaku	100	0	17
4	Pasir Lepas	0	28	14
5	Pasir Sedang	0	32	16
6	Pasir Padat	0	38	20
7	Lempung Lunak Pasir Lepas	18	28	13
8	Lempung Lunak Pasir Sedang	18	32	15
9	Lempung Lunak Pasir Padat	18	38	18
10	Lempung Sedang Pasir Lepas	48	28	14
11	Lempung Sedang Pasir Sedang	48	32	15
12	Lempung Sedang Pasir Padat	48	38	18
13	Lempung Kaku Pasir Lepas	100	28	15
14	Lempung Kaku Pasir Sedang	100	32	16
15	Lempung Kaku Pasir Padat	100	38	18

Sumber: Das M Braja (1990)

2.6 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi kemantapan lereng diantaranya:

1. Geometri Lereng
2. Sifat Fisik dan Mekanik Material
3. Struktur Geologi
4. Hidrogeologi
5. Cuaca/Iklim
6. Gaya Dari Luar

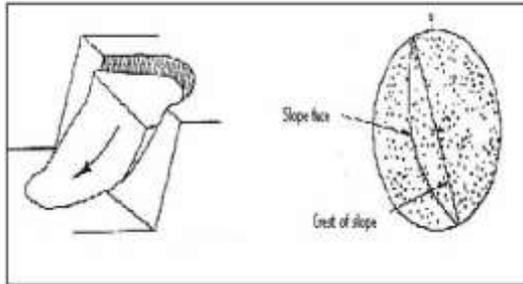
2.7 Jenis jenis longsoran

Secara umum longsoran terdiri dari 4 jenis. Adapun 4 jenis longsoran tersebut adalah sebagai berikut

2.7.1 Longsoran Busur (Sircular Failure)

Jenis longsoran ini adalah yang paling umum terjadi di alam (tipikal longsoran tanah/soil). Pada batuan yang keras, jenis longsoran ini hanya dapat terjadi jika batuan tersebut sudah lapuk dan mempunyai bidang-bidang diskontinu yang rapat (heavily jointed), atau menerus sepanjang sebagian lereng sehingga menyebabkan longsoran geser dipermukaan.

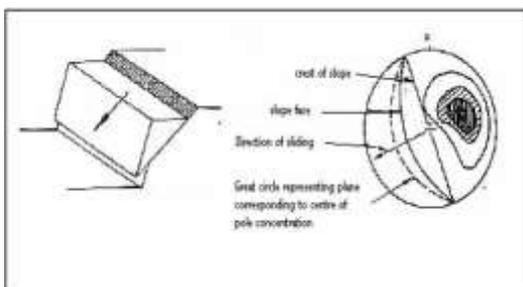
Yang lebih sering terjadi adalah gabungan antara longoran bidang dan longoran busur, terutama lereng-lereng buatan. Longoran busur dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 .Longoran busur

2.7.2 Longoran Bidang (Plane Failure)

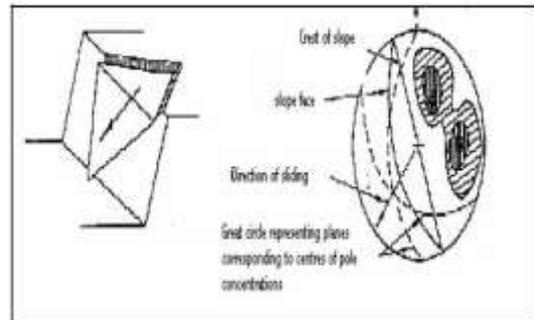
Longoran jenis ini terjadi pada batuan yang mempunyai bidang luncur bebas (day light) yang mengarah ke lereng dan bidang luncurnya pada bidang diskontinu seperti: sesar, kekar, liniasi atau bidang perlapisan. Fenomena lainnya yang memicu longoran jenis ini yaitu bila sudut lereng lebih besar dari sudut bidang luncur serta sudut geser dalam lebih kecil dari sudut bidang luncurnya. Biasanya terjadi pada permukaan lereng yang cembung dengan kemiringan bidang kekar rata-rata hampir atau searah dengan kemiringan lereng. Longoran bidang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Longoran Bidang

2.7.3 Longoran Baji (Wedge Failure)

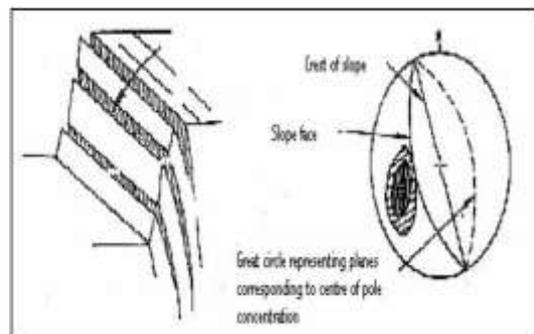
Model longoran ini hanya bisa terjadi pada batuan yang mempunyai lebih dari satu bidang lemah atau bidang diskontinu yang bebas, dengan sudut antara kedua bidang tersebut membentuk sudut yang lebih besar dari sudut geser dalamnya. Fenomena yang paling sering terjadi adalah garis perpotongan dua bidang kekar mempunyai kemiringan ke arah kemiringan lereng. Longoran baji dapat dilihat pada gambar [6].



Gambar 6. Longoran baji

2.7.4 Longoran Guling (Toppling Failure)

Longoran topling akan terjadi pada lereng yang terjal pada batuan keras dengan bidang - bidang diskontinu yang hampir tegak atau tegak, dan longoran dapat berbentuk blok atau bertingkat. Bila longoran terjadi pada massa batuan yang kuat dengan fenomena kekar yang relatif tegak, maka rekahan tariknya akan melendut terus dan miring ke arah kemiringn lereng. Longoran guling dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Longoran guling

2.8 Metode Bishop Simplified

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan salah satu metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan batas 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 (Duncan, et al, 2002) [13]. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan berikut ini:

Oleh sebab itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antar butirnya. Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus:

$$S = C' + (\tau - \mu) \tan \phi$$

dimana:

- S = kekuatan geser
 τ = tegangan total pada bidang geser
 μ = tegangan air pori
 C' = kohesi efektif
 ϕ = sudut geser dalam efektif

4. Bobot isi tanah

Berat isi diperlukan untuk perhitungan beban guna analisis stabilitas lereng. Berat isi dibedakan menjadi berat isi natural, berat isi kering dan berat isi jenuh. Rumus untuk mencari bobot isi natural, kering dan jenuh.

$$\text{Bobot isi natural } (\gamma) = \frac{w_2 - w_1}{V}$$

$$\text{Bobot isi kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma}{1+w}$$

$$\text{Bobot isi jenuh } (\gamma_{sat}) = \frac{1 + \omega_{sat}}{1 + \omega_{sat} \times G_s} \times G_s \times \gamma_w$$

Dimana :

- (γ) = Berat isi (gram/cm³)
 (γ_{sat}) = Berat isi Jenuh (gram/cm³)
 (γ_d) = Berat isi kering (gram/cm³)
 G_s = Berat Jenis
 e = Angka pori
 W_2 = Berat Sampel + Cincin
 W_1 = Berat Cincin
 V = Volume Cincin
 V_s = Volume Butiran
 V_v = Volume Rongga
 (γ_w) = Berat Volume air (1 gram/cm³)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengeboran dan Pengambilan Sampel

Penulis melakukan pengambilan sampel di lapangan menggunakan alat hand bor, sampel dari hasil pengeboran tersebut selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium sehingga di dapat hasil berupa nilai bobot isi material (n) dengan satuan kN/m³, nilai kohesi (c) dari material dengan satuan (kPa) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai kohesi dan sudut geser dalam didapat dari Direct Shear Test. Kemudian penulis melakukan pengambilan data di lokasi penelitian lereng jalan PT.Aro Suka Mandiri

dengan mengambil data orientasi lereng (tinggi, lebar jenjang dan kemiringan lereng) pada lereng tersebut.

4.2 Pengujian Sampel

Pengujian sampel bertujuan untuk mengetahui jenis dan karakteristik material dari sampel di lokasi penelitian. Pada kegiatan ini dilakukan beberapa jenis pengujian, yaitu penentuan bobot isi dan uji kadar air. Pengujian terhadap sampel dilaksanakan di Laboratorium Tambang Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang.

4.2.1 Uji penentuan kadar air

Pengujian kadar air terhadap sampel bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kadar air yang terkandung dalam material penyusun lereng di lapangan. Adapun data hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada tabel 3.

banyak lagi. Hal tersebut merupakan salah satu penyebab tingginya keragaman spesies ikan di terumbu karang.

Tabel 3. Hasil pengujian kadar air

Hasil pengujian	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Rata-rata
Kadar air	31,15%	33,54%	32,9%	32,53%

4.2.2 Uji Bobot Isi

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan bobot isi natural, bobot isi kering dan bobot isi jenuh berat isi/bobot isi tanah yang merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volumenya (gram/cm³).

Tabel 4. Data pengujian bobot isi dalam keadaan natural

no	Berat Tanah+ Berat Cincin (gr) (w2)	Berat Cincin (gr) (w1)	Volume cincin (cm ³)	Bobot Isi natural
1	144,38	54,91	64,3	1,39
2	145,03	54,12	64,3	1,41
3	143,51	54,96	64,3	1,37

Tabel 5. Data hasil pengujian berat jenis

Sampel	Berat Jenis	Rata-rata Berat jenis
A	2,42	2,19
B	1,93	
C	2,24	

4.2.4 Pengujian kuat geser langsung

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan parameter kekuatan tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ø). Berikut hasil pengujian geser langsung. Diameter :

6,32cm, Luas : 31,35cm²

Tabel 6. Hasil pengujian kuat geser langsung

No	Beban normal (kg)	Beban geser (s) (kg)
1	6,5	20,1
2	13	21,9
3	19,5	25,7

Analisis data :

Diameter cetakan = 6,32cm (diameter dalam cincin “d”)

Luas = ¼ Πd²

Luas (A) = 1/4 × 3,14 x 6,32 = 31,35 cm²

S = gaya geser

Tegangan geser (τ) = S/A

Uji geser (τ) pada sampel dengan beban 6,5 kg

$$(\tau) = 6,5/31,35 = 0,207 \text{ kg/cm}^2$$

Uji geser (τ) pada sampel dengan beban 13 kg

$$(\tau) = 18,7/31,35 = 0,414 \text{ kg/cm}^2$$

Uji geser (τ) pada sampel dengan beban 19,5

$$\text{kg } (\tau) = 19,5/(31,35) = 0,644 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan normal (σ) = N/A Sampeldengan

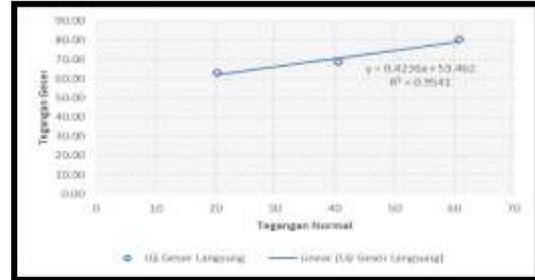
beban normal 6,5 kg (σ)= 20,01/ 31,35= 0,644 kg/cm²

Sampel dengan beban normal 13 kg

$$(\sigma) = 21,9 / 31,35 = 0,691 \text{ kg/cm}^2$$

Sampel dengan beban normal 19,5 kg

$$(\sigma) = 25,7 / (31,35) = 0,820 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 9 Grafik Kuat Geser

Kohesi (c) $y = 0,4236x + 53,46 \text{ Kg/cm}^2$

$$= 53,462$$

Sudut geser (ø) = 0,4236

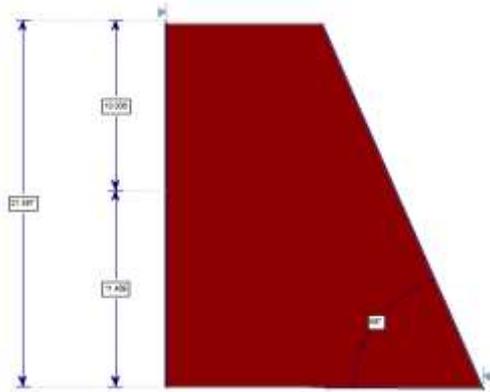
$$= \tan^{-1} 0,4236$$

$$= 22,96$$

4.3 Analisis FK lereng menggunakan metode Bishop Simplified

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode sangat populer dalam analisis kestabilan lereng dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti. Kesalahan metode ini apabila dibandingkan dengan metode lainnya yang memenuhi semua kondisi kesetimbangan seperti Metode Spencer atau Metode Kesetimbangan Batas Umum, jarang lebih besar dari 5%. Metode ini sangat cocok digunakan untuk pencarian secara otomatis bidang runtuh kritis yang berbentuk busur lingkaran untuk mencari faktor keamanan minimum.

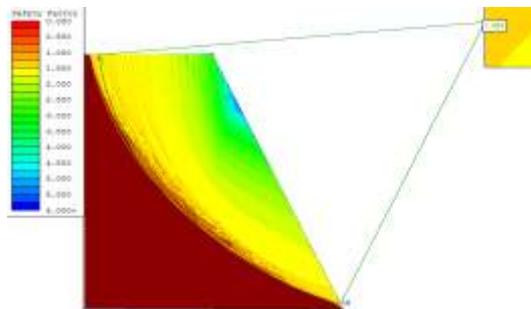
Analisis dilakukan menggunakan aplikasi Rocscience Slide Version 6.005 berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode Bishop Simplified untuk jenis material yaitu Clay nilai kohesi, sudut geser dalam, bobot isi tanah, dan bobot isi kering untuk masing-masing material didapat setelah dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanik terlebih dahulu, sedangkan untuk geometri lereng didapat dari data pengukuran dilapangan dan data dari perusahaan PT.Aro Suka Mandiri.



Gambar 10. Lereng Aktual PT.Aro Suka Mandiri

4.3.1 FK Lereng dalam kondisi natural

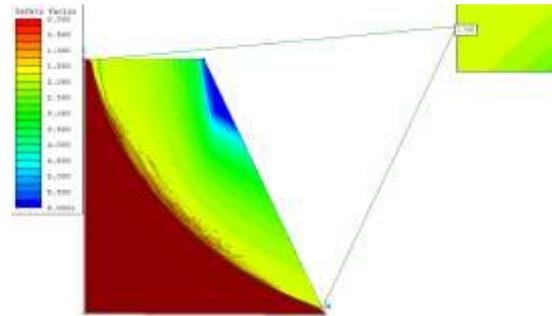
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng natural adalah sebesar 1,423, dengan nilai kadar air(ω) sebesar 31,15%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi natural (γ) sebesar 13,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 11 FK lereng pada kondisi natural PT.Aro Suka Mandiri

4.3.2 Analisis FK lereng dalam kondisi kering

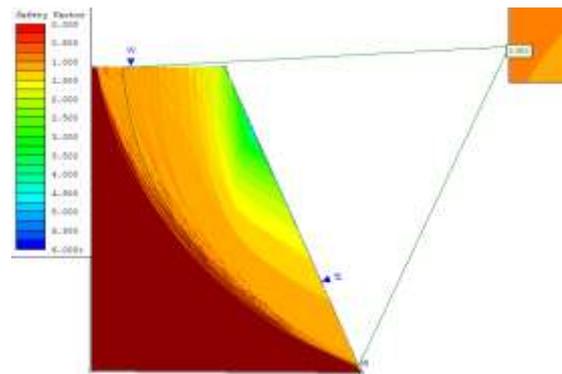
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi kering adalah sebesar 1.758 dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman



Gambar 12. FK lereng pada kondisi kering PT.Aro Suka Mandiri.

4.3.3 Analisis FK lereng pada keadaan jenuh

Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng jenuh adalah sebesar 0,962 $FK < 1,3$ artinya lereng berada pada kondisi tidak aman.



Gambar 13. FK lereng pada kondisi jenuh PT.Aro Suka Mandiri.

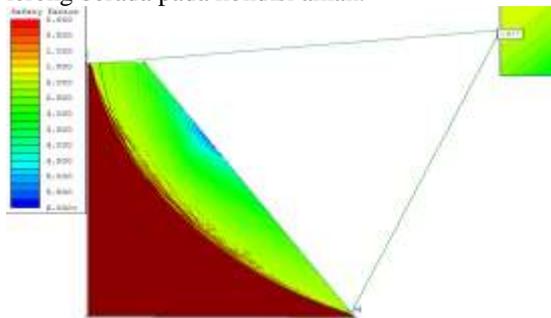
Tabel 7. Nilai faktor lereng aktual sebelum dimodifikasi

Tinggi (m)	Sudut	Metode	Faktor keamanan aktual	
			Natural	Jenuh
21,497	68°	Bishop	1,423	0,962

4.4 modifikasi Lereng aktual dengan merubah sudut

4.4.1 FK Lereng dalam kondisi natural

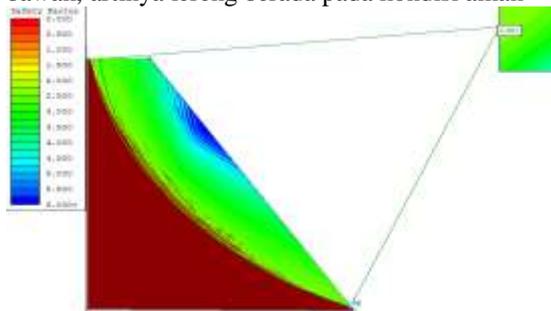
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng natural adalah sebesar 2,381, dengan nilai kadar air (ω) sebesar 32,53%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi natural (γ) sebesar 13,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 14. FK lereng pada kondisi natural PT.Aro Suka Mandiri.

4.4.2 FK Lereng dalam kondisi kering

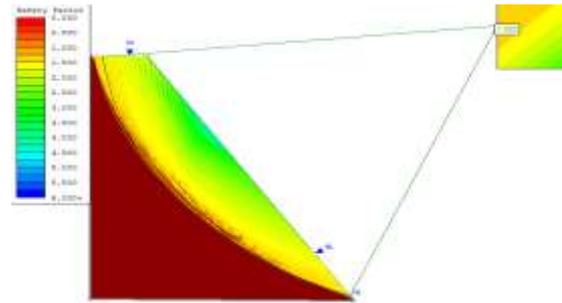
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng setengah kering adalah sebesar 2,301 dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman



Gambar 15. FK lereng pada kondisi kering PT.Aro Suka Mandiri.

4.4.2 FK Lereng dalam kondisi jenuh

Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi rocscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi keseluruhan 21,497 meter dan sudut 58°, dimana nilai FK 1,325 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini.

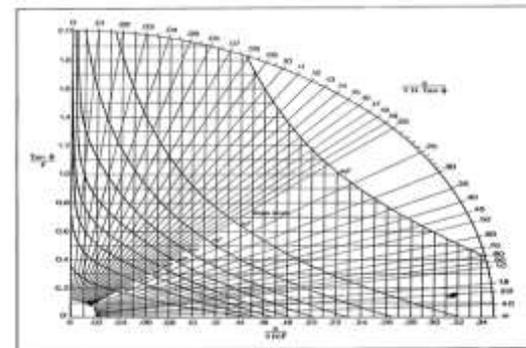


Gambar 16. FK lereng pada kondisi jenuh PT.Aro Suka Mandiri.

4.5 Analisis FK aktual dengan perbandingan menggunakan metode Hoek and Bray

- Diketahui :
- Tinggi lereng (H) : 21,497 m
 - Sudut kemiringan : 68°
 - Bobot isi asli (γ) : 13,63KN/m³
 - Bobot isi kering (γ_d) : 10,24KN/m³
 - Bobot isi jenuh (γ_{sat}) : 16,63KN/m³
 - Kohesi (c) : 53,46KN/m²
 - Sudut geser dalam (ϕ): 22,96°

4,5,1 Analisis FK lereng aktual dalam kondisi Natural



Gambar 17. Chart analisis lereng pada keadaan Natural

Dari data diatas, dapat diketahui nilai persamaan :

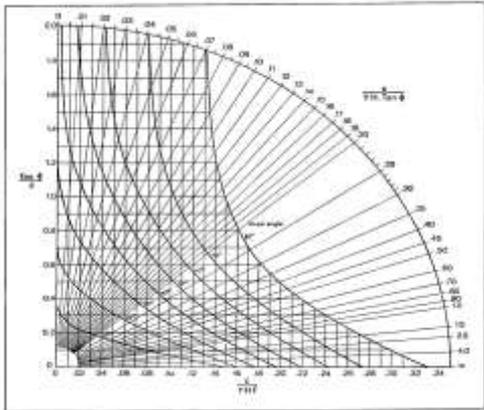
Lereng aktual keadaan Kering

$$\frac{c}{(\gamma_d) \times H \times \tan 22,96^\circ} = \frac{53,46}{10,24 \times 21,497 \times 0,424} = 0,70$$

Lereng aktual keadaan jenuh

$$\frac{c}{(\gamma_{sat}) \times H \times \tan 22,96^\circ} = \frac{53,46}{16,04 \times 21,497 \times 0,424} = 0,36$$

4,5,2 Analisis FK lereng aktual dalam keadaan Jenuh



Gambar 18. Chart analisa lereng pada keadaan Jenuh

$$a) \frac{c}{(\gamma_{sat}) \times H \times F} = 0,179$$

$$\frac{53,46}{16,63 \times 21,497 \times F} = 0,179$$

$$F = \frac{53,46}{16,63 \times 21,497 \times 0,179} = 0,98$$

$$b) \frac{\tan \phi}{F} = 0,24$$

$$\frac{0,424}{F} = 0,24$$

$$F = \frac{0,424}{0,24} = 1,76$$

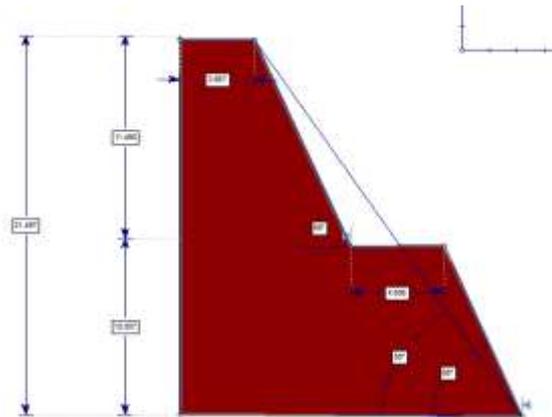
Tabel 8. Nilai FK lereng aktual dengan metode (hoek and bray)

Tinggi (m)	Sudut	Metode	Faktor Keamanan Aktual	
			Kering	Jenuh
21,497	68°	Hoek and Bray	1,76	1,28

4.5 Modifikasi lereng dengan membuat bend

Dari hasil analisis kestabilan lereng pada masing-masing titik pengamatan, terlihat bahwa lereng memiliki nilai faktor keamanan FK < 1,3 pada kondisi lereng jenuh. Nilai faktor keamanan FK < 1,3 artinya lereng berada pada kondisi tidak aman/kemungkinan terjadinya longsor disekitar lereng penambangan.

Berdasarkan hasil FK yang diperoleh maka penulis melakukan modifikasi pada lereng dengan melakukan perubahan pada geometri lereng tersebut. Perubahan yang dilakukan dengan mengurangi tinggi lereng dan sudut kemiringan lereng pada masing-masing titik pengamatan berdasarkan analisis *software slide 6.0*. sehingga penulis memodifikasi sudut kemiringan lereng tunggal 68° dan overall 58° pada masing-masing titik pengamatan, seperti di bawah ini.

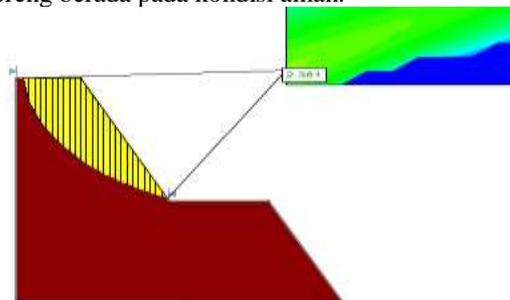


Gambar 19. Geometri Modifikasi lereng

4.6 Analisis FK lereng menggunakan metode Bishop Simplified

4.6.1 Analisis FK Lereng single slope 1 Dalam Keadaan natural

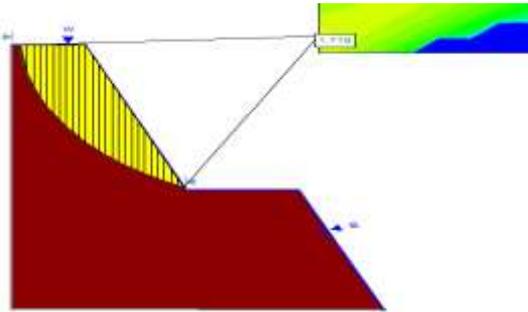
Berdasarkan analisis menggunakan *software slide 6.0* diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng natural adalah sebesar 2,381, dengan nilai kadar air (ω) sebesar 32,53%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi natural (γ) sebesar 13,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (φ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 18. FK lereng pada kondisi natural PT.Aro Suka Mandiri.

4.6.2 Analisis FK Lereng single slope dengan Kondisi jenuh

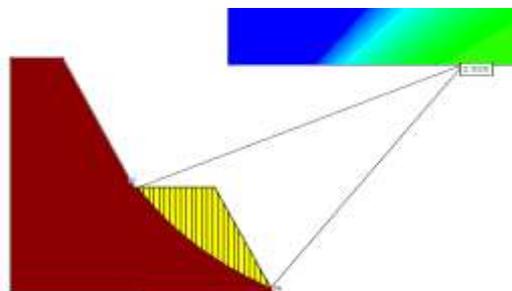
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng jenuh adalah sebesar 1,719, dengan nilai kadar air (ω) sebesar 32,53%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi jenuh (γ_{sat}) sebesar 16,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 20. FK lereng pada kondisi jenuh PT.Aro Suka Mandiri.

4.6.3 Analisis FK Lereng single slope 2 dengan Kondisi natural

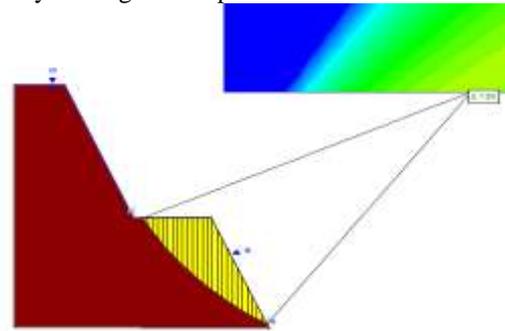
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng natural adalah sebesar 2,829, dengan nilai kadar air (ω) sebesar 32,53%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi natural (γ) sebesar 13,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 21 . FK lereng pada kondisi natural PT.Aro Suka Mandiri.

4.6.4 Analisis FK Lereng Single Slope dengan Kondisi jenuh

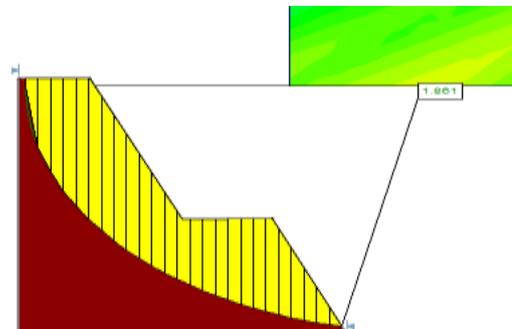
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng jenuh adalah sebesar 1,719, dengan nilai kadar air (ω) sebesar 32,53%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi jenuh (γ_{sat}) sebesar 16,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 22. FK lereng pada kondisi jenuh PT.Aro Suka Mandiri.

4.6.5 Analisis FK Lereng overall Slope dengan Kondisi natural

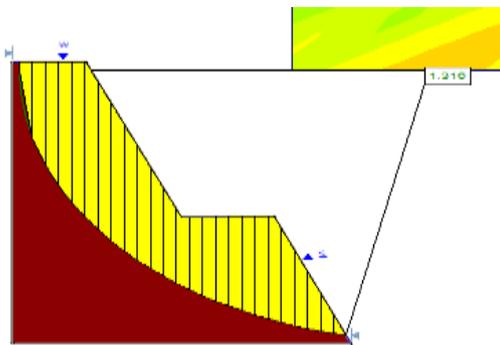
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng natural adalah sebesar 1,861, dengan nilai kadar air (ω) sebesar 32,53%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi natural (γ) sebesar 13,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 23. FK lereng pada kondisi natural PT.Aro Suka Mandiri.

4.6.6 Analisis FK Lereng overall Slope dengan Kondisi Jenuh

Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng jenuh adalah sebesar 1,719, dengan nilai kadar air (ω) sebesar 32,53%, berat jenis (GS) sebesar 2,19, nilai bobot isi jenuh (γ_{sat}) sebesar 16,63 KN/m³, nilai kohesi sebesar 53,46 KN/m², serta nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 22,96. Dari hasil diatas dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 24. FK lereng pada kondisi jenuh PT.Aro Suka Mandiri.

5.Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- 1.Berdasarkan hasil pengamatan kondisi lereng di lokasi penambangan PT. Aro Suka Mandiri memiliki sudut kemiringan lereng 68^o dan sesudah lonsor mendapat sudut yang amanya 58^o dengan ketinggian 21,497 m, dan melakukan pengujian di laboratorium didapatkan nilai kadar air sebesar 32,53 %, bobot isi natural sebesar 13,63 KN/m³, bobot isi kering sebesar 10,24 KN/m³, serta bobot isi jenuh sebesar 16,63 KN/m³. Sudut geser dalam sebesar 22,96^o dan kohesi sebesar 53,46 KN/m².
- 2.Berdasarkan analisis lereng dengan menggunakan program software rocsience slide v.60 dengan metode Bishop didapat faktor keamanan untuk lereng aktual

dalam kondisi lereng jenuh FK <1,3 yaitu sebesar 0,962, dalam keadaan natural FK 1,423, dalam keadaan kering didapat FK 1,758 dan analisis manual menggunakan metode Hoek and Bray didapat faktor keamanan untuk titik pengamatan dalam kondisi lereng jenuh adalah FK <1,3 yaitu sebesar 1,28, dimana kondisi tersebut sangat rentan untuk terjadinya runtuh/longsoran.

3. Berdasarkan hasil FK yang diperoleh penulis melakukan perubahan pada geometri lereng yaitu dengan merubah sudut pada lereng aktual dimana kemiringan aktual sebelum terjadinya lonsor 68^o dan sesudah terjadinya lonsor didapatkan 58^o. selanjutnya dengan cara merubah sudut maka yang di dapat FK jenuhnya yaitu 1,325 dan selanjutnya memodifikasi lereng dengan membuat jentang pada lereng, dimana secara overall slope dengan sudut kemiringan menjadi 58^o dan untuk single slope sudut kemiringannya dibuat dengan modifikasi yaitu single slope 1 68^o mendapatkan Fk dalam keadaan jenuh yaitu (1,701) ,single slope 2 68^o mendapatkan FK dalam keadaan jenuh yaitu (2,176) ,overall slope dengan sudut 58^o mendapatkan FK dalam keadaan Jenuh yaitu (1,316).

5.2 Saran

- 1.Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di atas, maka penulis menyarankan kepada perusahaan agar mengkaji ulang geometri lereng jalan tambang yang ada saat ini, karena geometri lereng saat sekarang ini berpotensi mengalami kelongsoran.
- 2.Pengkajian ulang geometri lereng agar mencapai keadaan aman dengan FK besar dari 1,3 maka penanggulangannya dengan pengurangan sudut lereng tambang tersebut.

Daftar Pustaka

- A.Muri Yusuf. 2005. Metodologi Penelitian (Dasar-Dasar Penyelidikan Ilmiah). Padang: UNP Press.
- Abramson, L. W. 2002. Slope Stability and Stabilization Methods. John Wiley&Sons. Hoboken. United States of America
- Anoim. 2009. Batas Izin Usaha Pertambangan PT. MSPS Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat
- Braja, M.Das. 1995. Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis. Jilid 12. Erlangga. Jakarta.
- Cherianto, Octovian. 2014 Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop di Kawasan Citrand. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Ginan, Ginanjar Kosim., Maryanto., dan Dono Guntoro. 2015. Analisis Balik Longsor Low Wall Pit B3 di Tambang Batubara PT BJA menggunakan Metode Probabilistik Monte Carlo. Universitas Islam Bandung
- Gostab, Akbar Perdana. 2013. Evaluasi Kestabilan Lereng Pada Penambangan Batubara Di Pit Arjuna PT. Putra Muba Coal Kabupaten Musi Banyu Asin Sumatera Selatan.Upn "Veteran" Yogyakarta.
- Horner. P.C, 1988. "Earthworks", ICE Works Construction Guides. Thomas Telford. United States of America
- Ifnanta, A., & Anaperta, Y. M. (2020). Analisis Kestabilan Lereng Tambang Di Area Penambangan Andesit PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat. Bina Tambang, 5(1), 116-130.
- Kornelis Bria. 2010. Analisis Kestabilan Lereng Pada tambang batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niaga Cakra Buana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur.
- Mulyadi,Hendri. 2011. Analisis Kestabilan Lereng Penggalian Pada Penambangan Batubara Di Daerah Blok Payang PT Gunung bayan Pratamacoal Kabupaten Kutai Barat, Muara Tae, Kalimantan Timur. Universitas Pembangunan Nasional.
- Prayoga , Sonny. 2005. Analisa Kestabilan Lereng Dinding Akhir di PIT AB Monyet PT. KPC, Sangatta, Kalimantan Timur. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Putra, Ilham Setiawan. 2016. Analisis Balik Lereng High Wall pada Penambangan Batubara Area Central, Pit Timur, PT Kuansing Inti Makmur, Desa Tanjung Belit Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Muaro Bungo, Provinsi Jambi. Universitas Negeri Padang.
- Sandra, H., & Anaperta, Y. M. (2018). Analisis Kesetabilan 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 Barat Kabupaten Padang Panjang. Bina Tambang, 3(4), 1657-1670.