PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG CV. MUTIARA TIMUR BERDASARKAN FAKTOR KEAMANAN

Yazid Fanani[1], Aprilia Dwi Astuti[1], dan Andres Kevi Paki[1]

[1]Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: fanani.yazid@gmail.com

ABSTRAK

CV. Mutiara Timur merupakan sebuah perusahaan yang sedang mengajukan izin usaha pertambangan komoditas sirtu di Desa Klampok, Kecamatan Tongas, Kabupaten Probolinggo. Sistem penambangan yang direncanakan yaitu tambang terbuka dengan metode *quarry*. Dari hasil penelitian dilapangan didapatkan litologi batuan berupa topsoil, kerikil dan pasir. Dimana dalam rancangan lereng nantinya, topsoil akan dikupas terlebih dahulu. Tujuan dilakukan analisis kestabilan lereng untuk menentukan geometri lereng dengan memperhitungkan faktor keamanan agar tercipta kondisi kerja yang aman. Analisis kestabilan lereng pada CV. Mutiara Timur dengan metode Bishop menggunakan bantuan *software Slide v6.0*. Berdasarkan analisis yang dilakukan mendapatkan rekomendasi geometri lereng pada lereng tunggal yaitu tinggi 4 meter dengan kemiringan 60^0 sehingga mendapatkan faktor keamanan tanpa beban sebesar 1,350 dan faktor keamanan dengan beban yaitu 1,267. Selain itu didapatkan geometri lereng pada lereng keseluruhan yaitu tinggi total 21 meter dengan kemiringan 38^0 sehingga mendapatkan faktor keamanan tanpa beban sebesar 1,243 dan faktor keamanan dengan beban yaitu 1,239.

Kata kunci: batupasir, *bishop*, faktor keamanan, lereng, *quarry*

ABSTRACT

CV. Mutiara Timur is a company that is applying for a mining business permit for sirtu commodities in Klampok Village, Tongas District, Probolinggo Regency. The planned mining system is open pit mining using the quarry method. Where open-pit mining activities will not be separated from pit design or slope design. So it is necessary to analyze the stability of the slope to determine the geometry of the slope by taking into account the safety factor in order to create safe working conditions. Slope stability analysis on CV. Mutiara Timur uses Slide v6.0 software with an analytical method, namely the Janbu method. From the analysis activities carried out, it was found that the recommendation for slope geometry on a single slope is 4 meters high with a slope of 600 so that the no-load safety factor is 1.350 and the safety factor with load is 1.267. In addition, the slope geometry is obtained on the overall slope, which is a total height of 21 meters with a slope of 380 so that the no-load safety factor is 1.243 and the safety factor with load is 1.239.

Keywords: safety factor, single slope, overall slope

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di Provinsi Jawa Timur terutama pembangunan infrastruktur cukup pesat. Pembangunan infrastruktur mulai dari jalan tol, jelan layang, jembatan, hingga kawasan industri. Salah satu potensi yang tumbuh dari pembangunan infrastruktur ini adalah meningkatnya kebutuhan dan permintaan komoditas tambang khususnya bahan galian industri (Fanani dan Sari, 2018). Tingginya permintaan akan bahan tambang ini didukung dengan besarnya potensi tambang di Provinsi Jawa Timur (Fanani et al, 2018). Salah satu bahan galian industri yang sangat di butuhkan adalah sirtu. Bahan tambang sirtu dapat digunakan sebagai bahan baku bahan baku utama pembangunan sarana prasana maupun infrastruktur. Persebaran material sirtu di Kabupaten Probolinggo cukup melimpah, umumnya terdapat di bagian Utara dan memanjang dari Barat ke Timur, antara lain terletak di Kecamatan Wonomerto, Lumbang, Tongas, Maron, hingga Kraksaan. Sirtu terbentuk dari hasil erupsi eksplosif gunung api yang umunya membentuk aliran piroklastik dan membentuk batuan tuf. Bahan galian ini umumnya mempunyai warna abu-abu gelap hingga hitam. Material vulkanik tersebut bersumber dari aktivitas gunung berapi yang berada di sebelah Selatan Kabupaten Probolinggo, antara lain: Kompleks Pegunungan Bromo-Tengger, Gunung Argopuro, dan Gunung Lamongan.

CV. Mutiara Timur merupakan sebuah perusahaan yang sedang mengajukan izin usaha pertambangan komoditas sirtu di desa Klampok, Kecamatan Tongas, Kabupaten Probolinggo. Sistem penambangan yang direncanakan yaitu tambang terbuka dengan metode *quarry*. Dimana kegiatan tambang terbuka tidak akan

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

terlepas dengan perancangan pit atau desain lereng. Sehingga perlu dilakukan analisis kestabilan lereng untuk menentukan geometri lereng dengan memperhitungkan faktor keamanan agar tercipta kondisi kerja yang aman.

TINJAUAN PUSTAKA

Dasar-Dasar Kestabilan Lereng

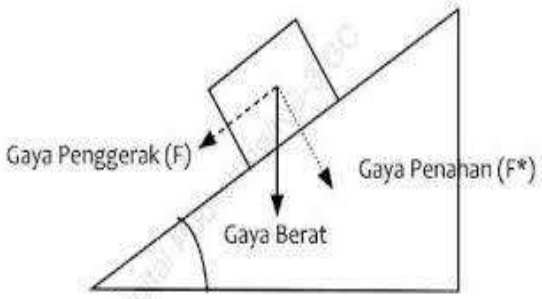
Geoteknik tambang merupakan aplikasi dari rekayasa geoteknik pada kegiatan tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Aplikasi geoteknik melibatkan disiplin ilmu mekanika tanah, mekanika batuan, geologi dan hidrologi. Peranan geoteknik dalam perancangan tambang adalah melakukan pendekatan kepada kondisi massa tanah dan batuan yang kompleks, menggunakan teknik-teknik dan instrumen-instrumen yang tersedia dalam rekayasa geoteknik, sehingga sifat-sifat dan perilaku massa tanah dan batuan benar-benar telah dikuasai sepenuhnya sebelum membangun suatu struktur (lereng, terowongan, sumuran) pada massa tanah dan batuan tersebut. Tujuan utama program penyelidikan geoteknik dalam suatu proyek pertambangan adalah untuk (Arif, 2016):

1. Memperoleh data kuantitatif kondisi geologi, hidrologi, hidrogeologi,sifat fisik dan mekanik.
2. Mengetahui karakteristik massa batuan atau tanah sebagai dasar perancangan penambangan.
3. Menyusun suatu klasifikasi dari berbagai tipe urutan stratigrafi batuan atap atau lantai, dan untuk mengkaji stabilitas relatifnya dibawah tegangan terinduksi akibat penambangan.
4. Mengembangkan rancangan lereng yang stabil untuk tambang terbuka atau rancangan masuk/pilar (untuk tambang bawah tanah) untuk penambangan yang akan datang berdasarkan analisis sensitivitas terhadap kondisi geoteknik dari strata atau kedalaman *overburden*.

Pada prinsipnya suatu lereng dikatakan stabil atau akan stabil apabila tegangan geser batuan yang menyebabkan lereng tersebut longsor *(driving forces)* sama besar dengan tegangan geser batuan yang menahan lereng longsor *(resisting forces).*

Kestabilan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan serta lereng timbunan, dipengaruhi beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya gaya penahan dan gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsoran) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berbeda dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya pengerakanya, longsoran merupakan suatu proses alami yang terjadi untuk mendapatkan kondisi kestabiln lereng yang baru, di mana gaya penahan besar labih dari gaya penggerakanya.

Untuk menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal istilah Faktor Keamanan *(Safety Factor).* Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui kemantapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsoran di waktu yang akan datang.



Gambar 1: Prinsip dasar kestabilan lereng

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa gaya yang bekerja pada suatu lereng adalah gaya berat, kemudian dihasilkan gaya pengerak dan gaya penahan. Untuk menjaga agar benda di lereng tidak jatuh *(failure),* di perlukan perhitungan terhadap kemiringan sesuai dengan faktor keamanan yang diinginkan. Secara mekanik sederhana, Faktor Keamanan (FK) dapat di rumuskan sebagai berikut:

Faktor keamanan (FK):

$$= \frac{gaya\ penahan}{gaya\ penggerak} = \frac{f*}{f}\frac{gaya\ penahan}{gaya\ penggerak} = \frac{f*}{f} \quad \text{.....1}$$

$$= \frac{momen\ penahan}{momen\ penggerak}\frac{momen\ penahan}{momen\ penggerak} \quad \text{.....2}$$

$$= \frac{kekuatan\ geser}{gaya\ penggerak} = \frac{F^*/A}{FxA}$$

$$\frac{kekuatan\ geser}{gaya\ penggerak} = \frac{F^*/A}{FxA} = \frac{\tau*\tau*}{\tau\ \tau} \quad \text{.....3}$$

Berdasarkan KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/30/MEM tahun 2018 besar faktor keamanan lereng minimal untuk lereng tunggal adalah FK ≥ 1,1 sedangkan untuk faktor keamanan lereng keseluruhan minimal adalah 1,1 – 1,5 (ESDM, 2018).

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Kemantapan (stabilitas) lereng merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Meskipun suatu lereng telah stabil dalam jangka waktu yang lama, namun lereng tersebut dapat menjadi tidak stabil karena beberapa faktor seperti (Arief, 2007):

1. Penyebab-penyebab eksternal yang menyebabkan naiknya gaya geser yang bekerja sepanjang bidang runtuh, antara lain yaitu perubahan geometri lereng, penggalian pada kaki lereng, pembebanan pada puncak atau permukaan lereng bagian atas, gaya vibrasi yang ditimbulkan oleh gempa bumi atau ledakan dan penurunan muka air tanah secara mendadak.
2. Penyebab-penyebab internal yang menyebabkan turunnya kekuatan geser material, antara lain yaitu pelapukan, keruntuhan, hilangnya sementasi material dan berubahnya struktur material.

Uji Kuat Geser

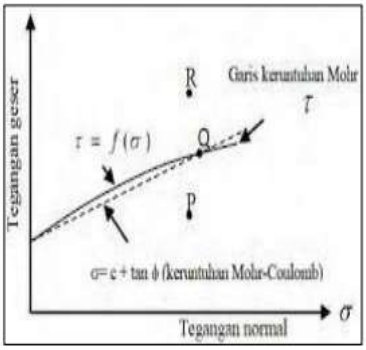
Dalam melakukan analisa kestabilan dilakukan uji mekanik batuan. Salah satu jenis pengujian mekanik yaitu uji kuat geser, dimana hasil uji ini berupa nilai kohesi dan sudut geser dalam. Kohesi merupakan gaya tarik menarik antara partikel dalam batuan. Kohesi batuan akan semakin besar jika kekuatan gesernya semakin besar. Salah satu aspek yang mempengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu batuan dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu batuan maka batuan tersebut akan lebih tahan lama menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya. Besar nilai kuat geser batuan dipengaruhi oleh tegangan normal yang diberikan, kohesi dan sudut geser dalam pada batuan tersebut (Rumbiak, et. al, 2020).

Kuat geser batuan sangat berguna sebagai parameter rancangan kestabilan lereng. Kriteria keruntuhan geser yang paling banyak digunakan adalah kriteria Mohr-coulumb yang ditulis dalam persamaan berikut:

$\tau = c + \sigma n \ (\tan \phi)$……....4

Kriteria Keruntuhan Mohr-Coloumb

Mohr menjelaskan bahwa keruntuhan sebagai akibat dari kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum dan tegangan geser maksimum saja (Arif, 2016). Menurut Mohr-Coloumb kondisi keruntuhan suatu tanah terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser pada sebuah bidang keruntuhan dinyatakan menurut kurva berikut (Hoek & Bray, 1981):



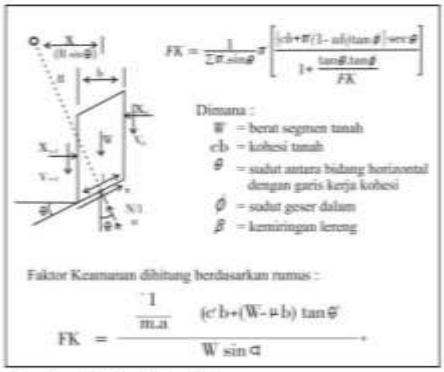
Gambar 2: Kriteria keruntuhan mohr-coloumb

Dapat dilihat pada Gambar 1, suatu massa batuan dalam satu bidang memiliki tegangan geser dan teganggan normal. Jika tegangan-tegangan tersebut baru mencapai titik P, maka keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser terjadi jika tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis keruntuhan, dan titik R tidak akan pernah terjadi pada lereng karena tanah telah mengalami keruntuhan pada titik Q.

Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir *(slip surface)* yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertical atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertical (Bishop, 1960).

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

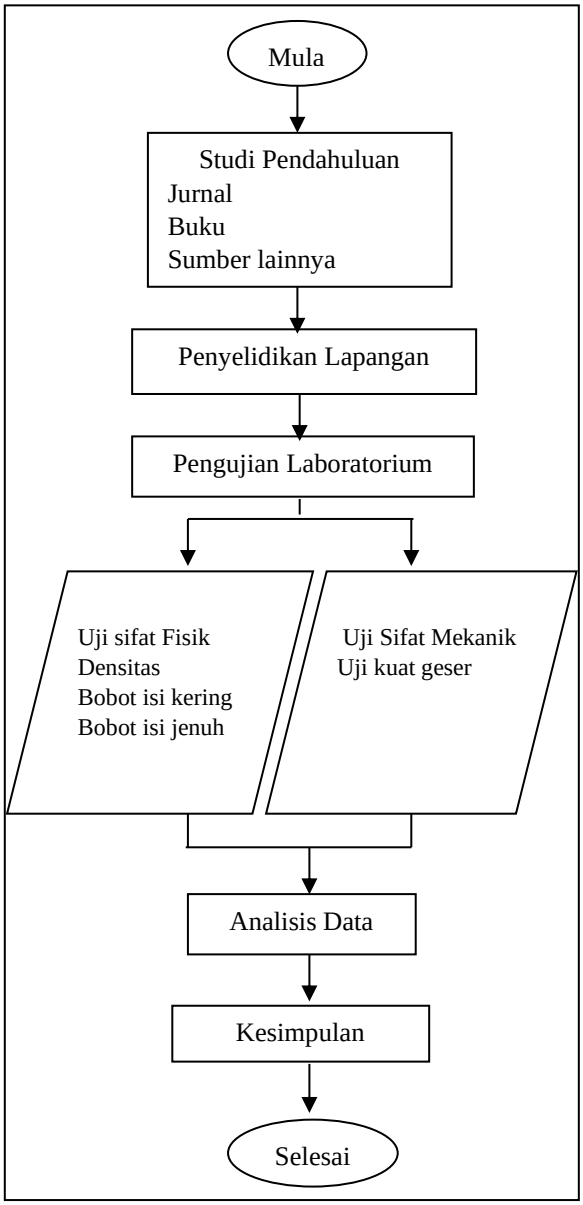


Sumber : Made Astawa Rai

Gambar 3: Metode Bishop

METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metodologi pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3: Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi

Lokasi penelitian berapa di Desa Klampok, Keccamatan Tongas, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Kondisi geologi pada lokasi ini berada pada formasi Aluvium (Qa) yang tersusun atas batulempung, lumpur, pasir, kerikil, kerakal, bongkah dan sisa tanaman serta berumur holosen. Pada lokasi penelitian ini tidak dijumpai kenampakan ciri struktur geologi baik berupa perlapisan, kekar maupun sesar.

Morfologi di daerah IUP merupakan perbukitan berlereng landai dengan kemiringan mayoritas <8% mengarah dari Selatan ke Utara. Peruntukan lahan sebagai tegalan yang di tanami dengan tanaman jagung, padi, ketela, kacang tanah, sengon, dan jati. Lokasi IUP OP mempunyai elevasi terendah 62 mdpl yang terletak di sebelah Utara dan elevasi tertinggi adalah 83 mdpl yang terletak di sebelah Selatan lokasi IUP, dengan beda elevasi 21 meter. Lokasi IUP dibatasi dengan sungai intermitten yang berada di sebelah Timur dan Barat dengan lebar 5-12 meter dan mempunyai arah aliran dari Selatan ke Utara.

Litologi

Berdasarkan hasil pengamatan singkapan maupun tebing bekas bukaan tambang yang terdapat di lokasi penyelidikan dan sekitarnya, diketahui bahwa daerah penyelidikan tersusun atas batuan vulkanik, lebih tepatnya adalah batuan piroklastik yang tertutup oleh *topsoil* setebal ± 1 meter. Batuan yang terdapat di lokasi penyelidikan tersusun material vulkanik berwarna abu-abu kehitaman, kompak, mempunyai struktur masif, sortasi buruk, dan kemas terbuka, dengan matrik berukuran pasir, sedangkan fragmen berbentuk *subangular-subrounded* dengan komposisi butir berupa kerikil, pasir dan butiran halus (lanau-lempung). Batuan piroklastik merupakan batuan yang terbentuk dari hasil letusan eksplosif gunungapi, umumnya terbentuk pada fasies gunungapi proksimal hingga medial.



Gambar 4: Kenampakan singkapan batuan di lokasi IUP

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021



Gambar 5: Kenampakan tanah pucuk yang menutupi bahan galian sirtu

Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

Uji sifat fisik batuan dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai sifat fisik yang berupa berat volume kering, berat volume atau densitas, porositas, kadar air natural, angka pori, derajat kejenuhan dan *specific gravity*. Pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November. Adapun hasil uji sifat fisik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1: Hasil uji sifat fisik batuan

No	Jenis pengujian	Satuan	Hasil
1	Berat volume tanah	gr/cc	1,538
2	Berat volume kering	gr/cc	1.242
3	Kadar air natural	%	23,711
4	Derajat kejenuhan	%	54,691
5	Porositas	%	53,958
6	Angka pori	-	1,173
7	Spesific gravity	-	2,699

Hasil Uji Sifat Mekanik

Uji sifat mekanik yang dilakukan adalah uji kuat geser dimana hasil uji berupa kohesi dan sudut geser dalam. Adapun hasil uji kuat geser dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2: Hasil uji kuat geser batuan

No test	Tegangan normal	Tegangan geser	Kohesi (Kg/cm2)	Sudut geser (^{0})
1	0,065	0,0690	0,06	34,28
2	0,125	0,1000		
3	0,250	0,1930		

Analisis Faktor Keamanan

Untuk menganalisa kestabilan lereng yang aman, perlu dilakukan permodelan desain lereng tambang guna mengetahui nilai faktor keamanan (FK) menggunakan *software Rocscience Slide v6*. Dimana dalam analisa menggunakan metode Bishop dengan memasukan data *define material* sesuai hasil pengujian diatas.

Tabel 3: Define Material

Jenis Material	Kohesi (kN/m2)	Sudut geser dalam (^{0})	Berat jenis kN/m3
Batupasir	5,884	34,28	15,082

Keterangan : 1 gr/cm3 = 9,806 kN/m3; 1 kg/cm2 = 98,0665 kN/m2

Adapun Hasil analisis perhitungan nilai faktor keamanan (FK) dengan variasi nilai sudut kemiringan lereng menggunakan software Rocscience Slide v6.0 adalah sebagai berikut:

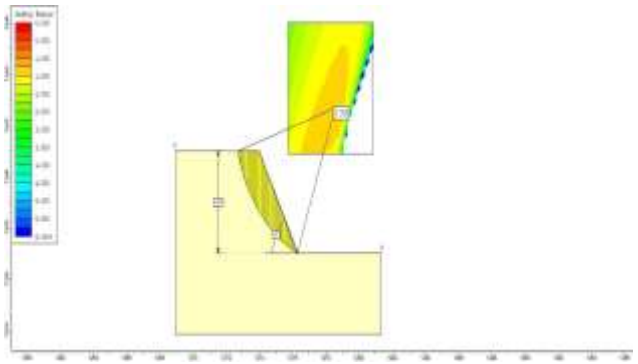
Tabel 4: Hasil Analisa Faktor Keamanan Lereng Tunggal menggunakan Roccsciense Slide v6.0

Tinggi (m)	Kemiringan (^{0})	Faktor Keamanan tanpa Beban	Faktor Keamanan dengan Beban	Keterangan
4	50^0	1,604	1,515	Aman
	60^0	1,350	1,267	Aman
	70^0	1,131	1,090	Kritis

Tabel 5: Hasil Analisa Faktor Keamanan Lereng Keseluruhan menggunakan Roccsciense Slide v6.0

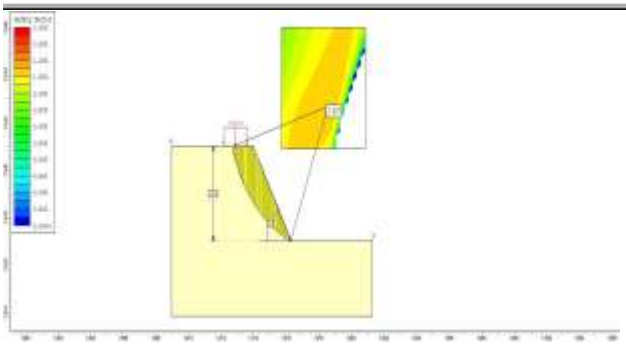
Tinggi (m)	Overall slope (^{0})	Lebar (m)	FK tanpa Beban	FK dengan Beban	Keteran gan
21	33^0	3	1,430	1,424	Aman
	38^0		1,243	1,239	Aman
	43^0		1,076	1,071	Kritis

Keterangan : Berdasarkan handbook Kobelco, beban alat berat excavator Kobelco SK200 sebesar 20.700 kg dengan dimensi seperti pada tabel IV.5, sehingga didapatkan beban excavator sebesar 770,08 kg/m2 atau 7,70 kN/m2



Gambar 6: Hasil analisis fk pada lereng tunggal tinggi 4 m, kemiringan 60^0 tanpa beban

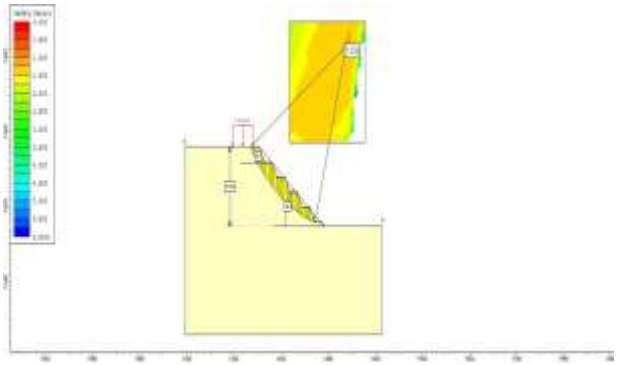
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021



Gambar 7: Hasil analisis fk pada lereng tunggal tinggi 4 m, kemiringan 60^0 dengan beban



Gambar 8: Hasil analisis FK pada lereng keseluruhan tinggi 21 m, kemiringan 38^0 tanpa beban



Gambar 9: Hasil analisis FK pada lereng keseluruhan tinggi 21 m, kemiringan 38^0 dengan beban

Dari hasil penelitian diatas maka dapat diketahui terdapat dua geometri lereng yang aman untuk rekomendasi geomteri lereng pada IUP CV. Mutiara Timur yaitu geometri lereng dengan tinggi 4 meter dengan kemiringan 50^0 dan 60^0 untuk lereng tunggal. Sedangkan untuk lereng keseluruhan yaitu tinggi 21 meter dengan kemiringan 33^0 dan 38^0 serta lebar lereng 3 meter. Penentuan rekomendasi geometri lereng selain didasarkan pada faktor keamanan juga didasarkan pada keekonomisan suatu lereng tersebut untuk di tambang. Sehingga geometri lereng yang direkomendasikan adalah yang memiliki kemiringan besar dan nilai faktor keamanan lebih dari 1,1.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas maka didapatkan kesimpulan bahwa rekomendasi geometri lereng pada lokasi IUP CV. Mutiara Timur di Desa Klampok, Kecamatan Tongas, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur untuk lereng tunggal adalah tinggi lereng 4 meter dengan kemiringan 60^0 didapatkan FK sebesar 1,267-1,350. Sedangkan rekomendasi geometri lereng untuk lereng keseluruhan adalah tinggi lereng 21 m, lebar lereng 3 m, overall slope 38^0 sehingga didapatkan FK sebsar 1,239-1,243.

DAFTAR PUSTAKA

Arief, S. (2007). *Dasar-Dasar Analisis Kestabilan Lereng.*

Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang.* Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Bishop, A. (1960). *Stability Ciefficient for Earth Slopes.* Soils Found.

Fanani, Y., & Sari, A. S. (2018). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Zonasi Kawasan Pertambangan Kabupaten Ngawi. *PROMINE*, *6*(2), 24-30.

Fanani, Y., Jone, Y., & Wahono, H. (2018, September). IDENTIFIKASI POTENSI SEBARAN BAHAN GALIAN KABUPATEN NGAWI JAWA TIMUR. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (pp. 283-288).

Hoek, E., & Bray, J. (1981). *Rock Slope Engineering.* London: Institution of Mining and Metallurgy.

Janbu, N. (1954). *Stability Analysis of Slopes with Dimensionless Parameters.* Cambridge: Harvard University.

Menteri ESDM. (2018). *KEPMEN Nomor 1827K/MEM/30 Tahun 2018 tentang Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.* Jakarta: Direktorat Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Rumbiak, V., Silva, A. I. D. E., Da Costa, J. O. A., & Cahyono, Y. D. G. (2020, July). PENGARUH UJI KUAT GESER TERHADAP BATU ANDESIT. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan* (Vol. 2, No. 1, pp. 605-609).