ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2019

ANALISIS PROBABILITAS KELONGSORAN LERENG KESELURUHAN LOWWALL BERDASARKAN METODE MONTE CARLO DI PT. PERKASA INAKAKERTA, KALIMANTAN TIMUR

Noche Lorensius Sairdekut* [1], Yazid Fanani[1], Yudho Dwi Galih Cahyono [1]

[1]Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim No.100 Surabaya

*e-mail: sairdekutnockhe388@gamil.com

ABSTRAK

PT. Perkasa Inakakerta adalah salah satu anak perusahaan grup dari Bayan Resource yang bergerak dalam bidang penambangan terbuka. PT. Perkasa Inakakerta terletak di kecamatan bengalon, kabupaten kutai timur, provinsi kalimantan timur. Kegiatan penambangan yang dilakukan PT. Perkasa Inakakerta dapat mempengaruhi kestabilan lereng pada wilayah penambangan. Oleh karena itu diperlukan analisis kemantapan lereng untuk mendapatkan rekomendasi faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran. Analisa kemantapan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas bishop. Perhitungan faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran berdasarkan metode monte carlo dan menggunakan bantuan perangkat lunak slide 6.0. Dari hasil analisa, didapatkan rekomendasi faktor keamanan lereng dan probabilitas kelongsoran yaitu, untuk lereng tunggal rekomendasinya adalah tinggi 10 meter dan sudut 55° pada kondisi setengah jenuh dengan Faktor keamanan (deterministic = 1.186, mean = 1.175) dan nilai probabilitas kelongsoran yaitu 40.200%. Sementara untuk lereng keseluruhan lowwall, rekomendasinya pada tinggi 105 meter dengan sudut 21° pada kondisi setengah jenuh dan kondisi kering. Nilai faktor keamanan (deterministic = 1.478, mean = 1.460) dan nilai probabilitas kelongsoran = 4.3% pada kondisi setengah jenuh, dan pada kondisi kering, faktor keamanan (deterministic = 1.520, mean = 1.515) dan nilai PK = 2.3%.

Kata Kunci **:** kestabilan lereng, metode bishop, faktor keamanan, probabilitas kelongsoran,, monte carlo.

ABSTRAK

PT. Perkasa Inakakerta is a subsidiary of the Bayan Resource group which is engaged in open-pit mining. PT. Perkasa Inakakerta is located in Bengalon sub-district, East Kutai district, East Kalimantan province. Mining activities carried out by PT. Perkasa Inakakerta can affect slope stability in mining areas. Therefore, it is necessary to analyze the stability of the slopes to obtain recommendations for the safety factor and the probability of sliding. Analysis of slope stability using the Bishop boundary equilibrium method. Calculation of safety factor and probability of landslide based on monte carlo method and using slide 6.0 software. From the results of the analysis, it is found that the recommendation for slope safety factors and the probability of landslides is, for a single slope the recommendation is a height of 10 meters and an angle of 55° in a semi-saturated condition with a safety factor (deterministic = 1.186, mean = 1.175) and the value of the probability of sliding is 40.200%. As for the overall lowwall slope, the recommendation is at a height of 105 meters with an angle of 21° in semi-saturated and dry conditions. The value of the safety factor (deterministic = 1.478, mean = 1.460) and the probability of avalanches = 4.3% in the semi-saturated condition, and in the dry condition, the safety factor (deterministic = 1.520, mean = 1.515) and the PK value = 2.3%.

*Keywords**:** slope stability, bishop method, safety factor, landslide probability, monte carlo.*

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu bahan galian yang tersebar di berbagai wilayah di Indonesia terutama di pulau Sumatera dan Kalimantan. Pada umumnya di Indonesia sistem penambangan yang digunakan adalah sistem penambangan terbuka yaitu sistem penambangan yang aktivitas penambangannya berlangsung di atas permukaaan bumi dan berhubungan langsung dengan udara bebas.

PT. Perkasa Inakakerta adalah salah satu anak perusahaan grup dari Bayan Resource,Tbk. Berlokasi di Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Sebelum dilakukan penambangan, perlu dilakukan kajian geoteknik untuk mendapatkan rancangan lereng yang aman dan tidak menimbulkan bahaya. Kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pertimbangan dalam pembuatan lereng dengan maksud untuk mengatasi

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2019

terjadinya kelongsoran dan mengurangi terjadinya kecelakaan kerja sehingga tidak menimbulkan bahaya dalam aktivitas penambangan nantinya.

Kegiatan penambangan yang dilakukan PT. Perkasa Inakakerta yang semakin dalam tentunya akan mempengaruhi kestabilan lereng pada wilayah penambangan. Untuk menjamin keamanan pada kegiatan penambangan diperlukan lereng yang mantap dan stabil. Oleh karena itu diperlukan analisis kemantapan lereng untuk mendapatkan rekomendasi geometri lereng yang aman. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini akan menganalisis probabilitas kemantapan lereng dengan metode monte carlo. Metode monte carlo ini digunakan karena metode ini menetapkan fungsi distribusi probabilitas dari nilai input.

Dalam melakukan penelitian, metode yang digunakan yaitu metode survei. Karena metode ini merupakan pengamatan secara langsung di lapangan untuk mendapatkan data-data lapangan. Dengan tahapan sebagai berikut :

a) Studi Literatur
b) Pengamatan Lapangan
c) Pengumpulan Data
d) Pengolahan Data
e) Analisa Akhir Pengolahan Data
f) Kesimpulan

LOKASI DAN KESAMPAIAN DAERAH

Lokasi wilayah Perjanjian Kerjasama Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) atas nama PT. Perkasa Inakakerta, Blok Beruang dan Sepaso dengan kode wilayah KW. 01PB0001 termasuk dalam wilayah Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Propinsi Kalimantan Timur, pada lahan seluas 10.110 Ha.

Dari Yogyakarta ke lokasi ini dapat dicapai dengan rute sebagai berikut :

1. Yogyakarta – Balikpapan melalui jalur udara selama ± 1,5 jam.
2. Balikpapan – Bengalon melalui jalur darat ± 10 jam.

Bengalon - Lokasi penambangan ± 45 menit



Gambar 1 Peta Kesampaian Daerah

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam menganalisa kestabilan lereng yang harus diperhatikan terlebih dahulu adalah material pembentuk lereng yaitu tanah atau batuan. Tanah merupakan sekumpulan mineral, bahan organik, dan sedimen yang relatif lepas yang terdapat diatas suatu batuan dasar. Tanah dengan mudah dapat dihancurkan menjadi butiran–butiran mineral atau bahan organik [1]. Sedangkan Bieniawsky (1973), tanah merupakan suatu material pembentukan alam yang mempunyai kuat tekan uniaksial kurang dari 1 Mpa sedangkan batuan lebih dari 1 Mpa [2].

Kuat geser tanah merupakan style perlawanan yang dicoba oleh butir- butir tanah terhadap desakan ataupun tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah hadapi pembebanan hendak ditahan oleh [3] :

- Kohesi tanah yang bergantung pada tipe tanah serta kepadatannya, namun tidak bergantung dari tegangan wajar yang bekerja pada bidang geser,
- Gesekan antara butir- butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan wajar pada bidang gesernya.

Parameter kuat geser tanah dibutuhkan buat analisis-analisis antara lain ;

a) Kapasitas dukung tanah
b) Stabilitas lereng
c) Style dorong pada bilik penahan Keruntuhan

Keruntuhan terjalin akibat terdapatnya kombinasi keadaan kritis dari tegangan wajar serta tegangan geser. Ikatan guna tersebut dinyatakan;
dengan [4] :

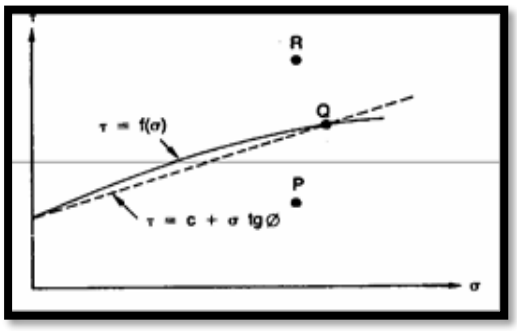
τ = tegangan geser (kN/m2)
σ = tegangan normal (kN/m2)
$\tau = f(\sigma)$

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir tanah terhadap desakan ataupun tarikan. Bila`tanah hadapi pembebanan hendak ditahan oleh :

a. Kohesi tanah yang bergantung pada tipe tanah sertakepadatannya
b. Gesekan antar butir – butir tanah

Coulomb (1776) mendefinisikan [5] dengan :
$\tau = c + \sigma \, tg\phi$
τ = kuat geser tanah (kN/m2)
σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m2)
c = kohesi tanah (kN/m2)
ϕ = sudut gesek dalam tanah (derajad)

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2019



Gambar 2 Grafik Mohr Coulomb

Uji Triaksial

Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (φ). Mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (φ) pada pengujian triaksial ini bisa dengan penggambaran sampul mohr dan rumus kuat geser tanah.

Keterangan : σ_1 = tekanan sel (kN/m^2)

σ_3 = tekanan vertikal total (kN/m^2)

$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$

$\sigma = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$

Tujuan analisis setabilitas lereng adalah [6]:

1. Menguasai pertumbuhan serta wujud lereng natural serta proses yang terjalin pada keadaan alam yang berbeda.
2. Memastikan stabilitas lereng pada keadaan jangka pendek serta jangka panjang.
3. Memastikan mungkin terjalin keruntuhan pada lereng.
4. Mempelajari pengaruh beban gempa pada lereng serta timbunan.

Deformasi batuan merupakan kemampuan suatu batuan untuk meregang sebagai akibat dari pembebanan atau respon terhadap pembongkaran batuan. Tegangan dalam masa batuan berhubungan dengan rancangan, resiko keruntuhan batuan disebabkan besarnya kenaikan tegangan didalam struktur sehingga menekan perpindahan masa batuan [7].

Batuan merupakan kombinasi dari satu ataupun lebih mineral yang berbeda, tidak memiliki komposisi kimia senantiasa. Namun batuan tidak sama dengan tanah, tanah diketahui selaku material yang rapuh serta posisinya dekat dengan permukaan bumi.

1. Bagi para pakar geoteknik sebutan batuan cuma buat formasi yang keras serta padat dari kulit bumi yang ialah sesuatu bahan yang keras serta koheren ataupun yang sudah terkonsolidasi serta tidak bisa digali dengan metode biasa semacam cangkul ataupun belincong.
2. Bagi Suseno, batuan merupakan sesuatu bahan yang terdiri dari mineral padat(*solid*) berbentuk massa yang berdimensi besar maupun berbentuk fragmen- fragmen.

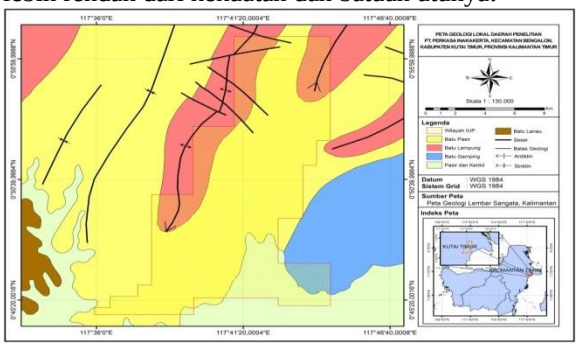
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Geologi Lokal

1. Berdasarkan Lokasi penelitian yang dilakukan di PT. Perkasa Inakakerta terdapat beberapa formasi batuan adalah sebagai berikut :
2. Aluvium terdiri dari Lempung dan lanau, pasir dan kerikil, merupakan endapan pantai, sungai.
3. Formasi Golok terdiri dari Napal bersisipan lempung dan batu gamping. Napal berwarna coklat kekuningan, setempat, pasiran, lunak, berbutir halus sampai sedang, lempung dan batu gamping banyak mengandung fosil, terutama Globigeneria, berumur Miosen Akhir – Plio Pleistosen.
4. Formasi Menumbar terdiri dari Perselingan batulumpur gampingan di bagian bawah dan di bagian atas batupasir masif mengandung glukonit, dan memperlihatkan perlapisan silang siur. Batulumpur gampingan, kelabu, lunak, mengandung foram, ditunjukkan oleh umur miosen tengah bagian atas – miosen akhir.
5. Formasi Tendehhantu terdiri dari batugamping terumbu wajah, batugamping koral dan batugamping terumbu bagian belakang, lokal, berlapis, kuning muda, padat dan berlubang. Usia Miosen Tengah Atas.
6. Formasi Maluwi terdiri dari batulempung, batulempung pasiran dengan sisipan napal, serpih kelabu, serpih pasiran, sedikit karbon, kearah atas berangsur menjadi batugamping dengan sisipan napal dan batulempung kelabu coklat. Di banyak tempat ditemukan konkresi lempung gampingan yang kaya fosil, berumur miosen tengah bagian bawah.

- Bidang Diskontinu

Model geoteknik sering digambarkan dalam sebuah grafik yang menerapkan sifat-sifat batuan utuh sedangkan sedangkan di lapangan sifat-sifat batuan berupa massa batuan yang memiliki banyak bidang diskontinu yang akan mempengaruhi kekutannya. Semakin banyak bidang diskontinu pada massa batuan menyebabkan kekuatan massa batuan justur lebih rendah dari kekuatan dan batuan utunya.



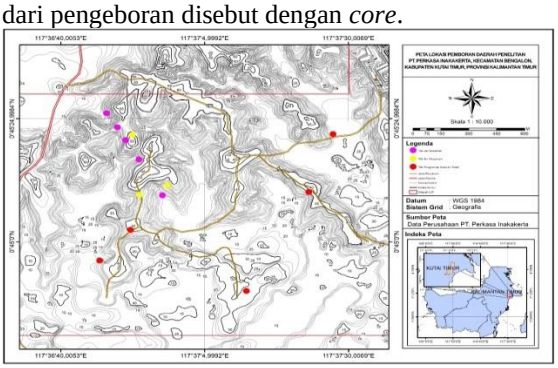
Gambar 3 Peta geologi lokal daerah penelitian

B. Lokasi sebaran logbor

Lokasi pemboran geoteknik tersebar di wilayah ijin

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2019

usaha penambangan PT. Perkasa Inakakerta dengan luas ± 10.110 Ha, lebih tepatnya berada pada blok Sepaso, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, provinsi Kalimantan Timur. Lokasi logbor sendiri berada pada penampang A-A'. Pada lokasi penelitian, pemboran geoteknik terdiri dari 5 log bor Antara lain, PIK GT-01, PIK-GT 02, PIK-GT-02A, PIK-GT-03, PIK-GT-04. Kegiatan pemboran geoteknik yang dilakukan PT. Perkasa Inakakerta berlangsung selama kurang lebih 6 bulan yang dimulai pada tanggal 27 januari 2019 sampai dengan 15 juli 2019 dengan 1 logbor seharusnya dapat selesai dikerjakan dalam 1 minggu namun karena factor cuaca dan alat bor yang sering mengalami kerusakan sehingga memakan waktu yang cukup lama. Penentuan sebaran titik logbor untuk melakukan pemboran geoteknik didasarkan pada survey sebelumnya dengan mempertimbangkan luas *boundary* pit yang sudah direncanakan. Pemboran geoteknik dilakukan dengan cara pengeboran inti atau sering disebut dengan *core drilling*. Sedangkan hasil dari pengeboran disebut dengan *core*.



Gambar 4 Peta sebaran logbor

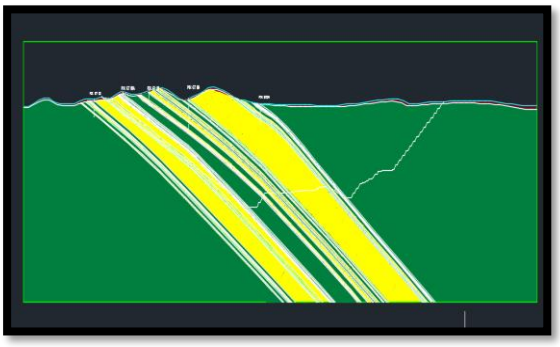
C. Kedudukan Lapisan

Kedudukan lapisan batuan pada setiap log bor mulai dari lapisan permukaan paling atas (*surface*), diikuti dengan jenis lapisan soil pada pembukaan awal pemboran (open hole). Setelah lapisan tanah pembuka soil terdapat lapisan tanah penutup (*overburden*) yang menutupi batubara, lapisan tanah penutup (*overburden*) mempunyai lapisan batuan (litologi) seperti *sandstone, siltstone, dan claystone*. Pada pengeboran geoteknik adapun yang dinamakan *core lose* dalam penegeboran, yang berarti hilangnya core atau sample yang disebabkan oleh lunaknya material batuan tersebut, dan biasanya core lose ini sering terjadi pada material sandstone atau batupasir yang lunak.



Gambar 5 Sampel hasil pemboran

Kelima titik bor tersebar pada penampang A-A' dan terdapat beberapa lapisan batuan antara lain, soil, lempung, lanau, pasir, karbon, dan batubara. Lapisan – lapisan ini merupakan bagian dari kesatuan lapisan di wilayah pit. Adapun warna yang mewakili lapisan-lapisan batuan tersebut, antar lain hijau untuk lempung, hijau muda untuk lanau, kuning untuk pasir, putih untuk batubara, abu-abu untuk karbon.



Gambar 6 Kedudukan lapisan litologi

D. Analisa Logbor

Analisa log bor dilakukan pada sampel inti bor pada pemboran geoteknik untuk mendapatkan ketebalan litologi dari masing-masing lapisan batuan pada inti bor. Lapisan-lapisan ini merupakan lapisan-lapisan pembentuk lereng yang terdapat pada setiap log bor daerah penelitian. Jenis batuan atau litologi pada logbor PIK-GT-01 sampai logbor PIK-GT-04A2 antara lain claystone, siltstone, sandstone, shallycoal, coallshally dan coal. Material- material ini merupakan material-material pembentuk lereng yang terdapat pada lokasi pemboran geoteknik.

Ketebalan dari masing-masing lapisan batuan bervariasi mulai dari lapisan paling atas sampai dengan lapisan batuan paling bawah pada logbor. Pada masing- masing logbor, ketebalan lapisan yang paling tebal adalah sandstone dan claystone dan lapisan yang paling tipis adalah karbon.

E. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik

Pengujian sifat fisik dan mekanik batuan dilakukan di laboratorium Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui parameter- parameter yang dibutuhkan

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2019

dalam permodelan lereng. Parameter-parameter yang dibutuhkan antara lain bobot isi kering, bobot isi jenuh, kohesi dan sudut geser dalam.

Tahapan – tahapan yang dilakukan dalam pengujian sifat fisik batuan ini adalah sebagai berikut :

1. Memilih sampel uji fisik dari hasil potongan preparasi sebelumnya.
2. Kemudian lepas pembungkus yang ada.
3. Timbang berat aslinya.
4. Letakan sampel dalam cawan dan masukan kedalam desikator yang terisi air selama 24 jam.
5. Keluarkan udara yang ada didalam desikator dengan menggunakan pompa vakum selama ± 15 menit.
6. Setelah 24 jam lamanya, keluarkan sampel dari desikator dan timbang berat jenuhnya.
7. Kemudian timbang juga dengan cara tergantung.
8. Masukan sampel dalam oven yang bersuhu 100 derajad dan diamkan selama 24 jam sehingga kering.
9. Lakukan penimbangan berat kering.

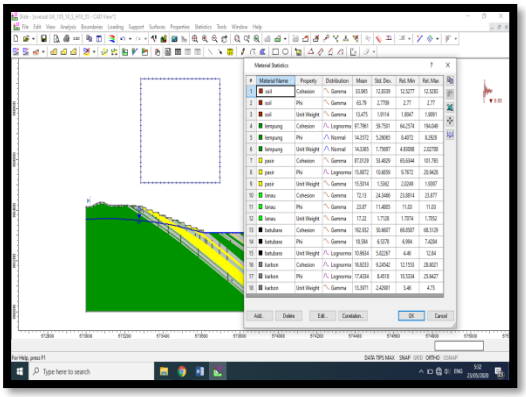
Penentuan sifat mekanik yang dilakukan diantaranya, ada uji kuat geser dan uji kuat tekan (UCS).

1. uji kuat geser
2. uji kuat tekan

F. Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Berdasarkan hasil uji laboratorium, diketahui bahwa nilai uji sifat fisik dan sifat mekanik pada beberapa material yang diuji memiliki nilai yang berbeda-beda pada setiap lapisan (litologi). Dapat dilihat pada tabel 5.9 sampai dengan table 5.14 bahwa untuk setiap material memiliki nilai yang bervariasi. Soil : bobot isi kering yang paling kecil sampai yang paling besar adalah 11.57 – 15.38 kn/m^3, bobot isi jenuh yaitu dari 16.56 – 18.59 kn/m^3, kohesinya berkisar antara 21.44 – 46.49 kn/m^3, dan untuk nilai sudut geser dalam antara 61.02 – 66.56. Lempung : untuk nilai bobot isi kering yaitu antar 9.41 – 15.79 kn/m^3, untuk bobot isi jenuh yaitu 15.39 – 19.98 kn/m^3, untuk nilai kohesi yaitu antara 33.54 – 291.85 kn/m^3 dan untuk sudut geser dalam yaitu 5.95 – 22.65. Pasir : untuk nilai bobot isi keringnya antara 13.48 – 17.44 kn/m^3, bobot isi jenuh yaitu 18.38 – 21.02 kn/m^3, nilai kohesinya yaitu dari 21.38 – 188.79 kn/m^3, dan untuk nilai sudut gser dalam yaitu 6.22 – 36.93. Lanau : untuk nilai bobot isi kering pada lanau yaitu antara 15.51 – 18.93 kn/m^3, bobot isi jenuhnya yaitu 19.65 – 22.01 kn/m^3, nilai kohesinya yaitu 48.25 – 96.01 kn/m^3, dan untuk nilai sudut geser dalamnya yaitu 12.84 – 34.90. batubara : untuk nilai bobot isi kering yaitu 6.51 – 23.80 kn/m^3, bobot isi jenuhnya yaitu 11.89. 40.33 kn/m^3, kohesinya yaitu 123.07 – 261.44 kn/m^3, sudut geser dalamnya yaitu 11.59 – 26.01. Karbon : bobot isi keringnya yaitu 9.94 – 18.12 kn/m^3, bobot isi jenuhnya yaitu 14.11 – 20.50 kn/m^3, nilai kohesi yaitu antara 36.68 – 350.19 kn/m^3, sudut geser dalam karbon yaitu 6.9 -22.3.

Simulasi Monte Carlo Merupakan penggabungan data distribusi statistic, setiap parameter masukan diberi nilai sampel secara acak dari distribusinya dan untuk setiap rangkaian nilai input PK dihitung. Dengan mengulagi proses ini berkali-kali, distribusi dari PK ini dapat diperoleh. Nilai distribusi dari masing-masing litologi terdiri dari distribusi normal, lognormal dan gamma, selanjutnya akan dimasukan ke slide 6.0 untuk analisisprobabilitas kelongsorannya menggunakan metode monte carlo.



Gambar 7 Data distribusi statistic material yang sudah dimasukan ke slide

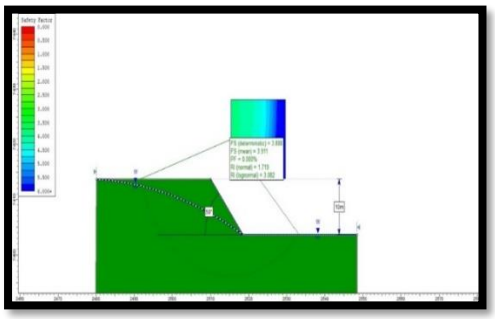
G. Permodelan Lereng Tunggal

Berikut beberapa pendekatan yang dipakai dalam permodelan lereng tunggal :

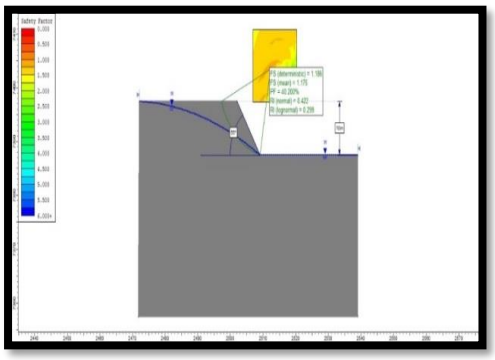
1. Permodelan lereng tunggal dilakukan pada masing-masing litologi dengan simulasi tinggi 10 meter dan 15 meter, dengan sudut kemiringan 50°,55°,60°,65°70°,75°,80°,85°.
2. Nilai PK yang dijadikan dasar bahwa lereng tersebut ama n adalah PK = 25% – 50%. (*kepmen ESDM No. 1827, 2018*).
3. Pemodelan diaplikasikan dengan pendekatan properti (jenis lapisan batuan) pada lubang bor.
4. Kondisi air tanah di asumsikan pada kondisi air jenuh, setengah jenuh, dan kering (*Hoek and Bray, 1981*).
5. Kekuatan geser material yang digunakan adalah kekuatan geser minimum atau paramter residu.

Permodelan lereng tunggal dilakukan untuk mendapatkan nilai factor keamanan dari masing masing litologi yang menjadi bagian dari lereng keseluruhana (*Lowwall)* dengan bantuan perangkat lunak (Slide 6.0) dengan menggunakan metode bishop. Hasil permodelan lereng tunggal akan memberikan nilai factor keamanan dari masing-masing litologi yang kemudian akan menjadi acuan untuk mendapatkan rekomendasi lereng tunggal untuk selanjutnya digunakan untuk permodelan lereng keseluruhan (*lowwall*).

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2019



Gambar 8 Permodelan lereng tunggal pada material lempung



Gambar 9 Permodelan lereng tunggal pada material karbon

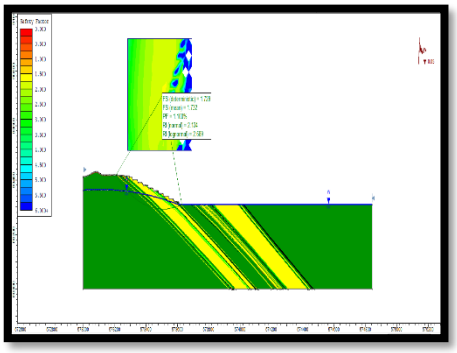
Pada permodelan lereng tunggal untuk litologi yang digunakan, didapatkan rekomendasi keamanan lereng tunggal berdasarkan probabilitas kelongsoran (PK) adalah pada tinggi 10 meter dan sudut 55° pada kondisi setengah jenuh dengan litologi karbon sebagai acuannya. Dikarenakan karbon adalah jenis litologi yang paling rentan. Nilai factor keamanannya yaitu (deterministic = 1.186 dan Mean = 1.175) dan Probabilitas kelongsoran (PK) = 40.200 %.

H. Permodelan Lereng Keseluruhan Lowwall

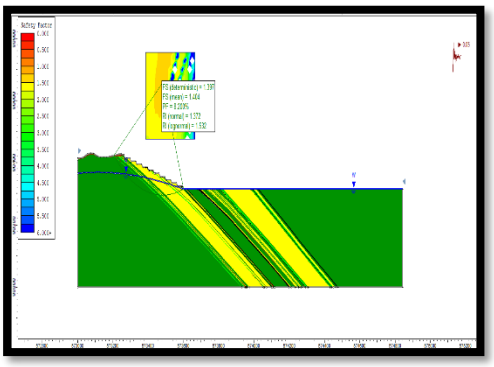
Berikut adalah beberapa pendekatan yang dipakai untuk melakukan analisa terhadap lereng keseluruhan:

1. Permodelan lereng keseluruhan dilakukan pada model penampang yang terdekat dengan titik bor geoteknik dengan mengambil lantai paling bawah dari batubara lapisan terbawah.
2. Lereng tunggal sesuai dengan rekomendasi yaitu tinggi 10 m dengan sudut 55º pada semua material. Nilai Fk yang dijadikan dasar bahwa lereng tersebut aman adalah FK > 1,30 -1,50 *(kepmen ESDM No.1827, 2018).*
3. Nilai PK yang dijadikan dasar bahwa probabilitas longsor lereng tersebut aman adalah 5% *(kepmen ESDM No.1827, 2018).*
4. Pemodelan dilakukan pada ketinggian 95 meter, 105 meter, 115 meter, dan 125 meter dan sudut 18º,21° 24 º dan 27º pada semua material.
5. Analisa dan rekomendasi yang diberikan berdasarkan pada asumsi kondisi air jenuh, setengah jenuh, dan kering.

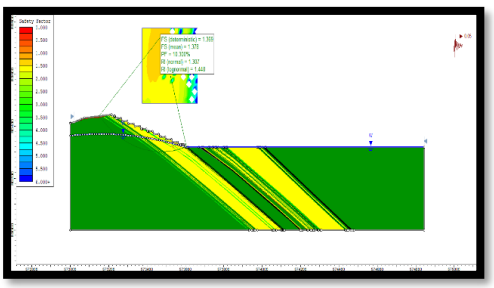
Pada permodelan lereng keseluruhan lowwall dengan menggunakan metode kesetimbangan batas (bishop) dengan bantuan perangkat lunak (slide 6.0) akan didapatkan faktor keamanan lereng dan rekomendasi yang bisa dipakai sebagai acuan. Berikut adalah beberapa model lereng keselurahan lowwall dengan tinggi yang berbeda. Berikut adalah salah satu permodelan lereng keseluruhan lowwall pada tinggi 105 meter dan sudut 18°.



Gambar 10 Model lereng keseluruhan lowwall dengan tinggi 105 meter dan sudut 18°



Gambar 11 Model lereng keseluruhan lowwall dengan tinggi 115 meter dan sudut 18°



Gambar 12 Contoh model lereng keselurahan dengan tinggi 125 meter dan sudut 18°

Berdasarkan hasil perhitungan model lereng keseluruhan lowwall pada kondisi setengah jenuh, kondisi kering dan kondisi jenuh maka telah didapatkan rekomendasinya adalah pada lereng keseluruhan lowwall pada kondisi setengah jenuh dan lereng keseluruhan lowwall pada kondisi kering dengan geometri lereng yaitu pada tinggi 105 meter dan sudut 21°. Pada lereng keseluruhan lowwall pada

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2019

kondisi setengah jenuh, nilai faktor keamanannya yaitu (deterministic = 1,478, mean = 1,460) dan nilai PK yaitu 4,3%. Sementara untuk lereng keseluruhan lowwall pada kondisi kering dengan geometri tinggi 105 meter dan sudut 21°, didapatkan nilai faktor keamanannya yaitu (deterministic = 1.520, mean = 1.515) dan nilai PK adalah 2.3%. Nilai PK pada kondisi setengah jenuh dan kondisi kering kurang dari 5% sehingga sangat baik untuk dijadikan rekomendasi. Sementara untuk lereng keseluruhan lowwall pada kondisi jenuh tidak masuk dalam rekomendasi dikarenakan nilai PK yang sudah melebihi batas normal sehingga lerengnya sudah berada dalam keadaan longsor dan tidak dapat dijadikan rekomendasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis probabilitas kelongsoran lereng keseluruhan lowwall berdasarkan monte carlo maka kesimpulan yang diambil sebagai berikut.

1. Geometri lereng adalah sebagai berikut :
   - ❖ Lereng tunggal, tinggi jenjang 10 meter dan 15 meter, dengan sudut kemiringan 50°,55°,60°,65°.70°,75°,80°.85°.
   - ❖ Lereng keseluruhan lowwall, dengan tinggi 95 meter, 105 meter, 115 meter, 125 meter, dan sudut kemiringan 18°,21°,24° dan 27°.
2. Dari hasil perhitungan analisis factor keamanan lereng tunggal dan lereng keseluruhan lowwall dengan menggunakan metode kesetimbangna batas (bishop) dan bantuan perangkat lunak (slide 6.0), maka didapatkan rekomendasi factor keamanan lereng dan probabilitas longsor adalah sebagai berikut :
   - ❖ Untuk lereng tunggal, dari hasil analisis keamanan lereng dan probabilitas longsor, rekomendasinya adalah tinggi 10 meter dan sudut 55° pada kondisi setengah jenuh dengan FK (deterministic = 1.1, mean = 1.1) dan nilai PK yang didapat yaitu 40.200% sesuai dengan kriteria probabilitas kelongsoran untuk lereng tunggal yaitu 25 – 50%.
   - ❖ Untuk lereng keseluruhan, rekomendasi yang di dapat yaitu tinggi 105 meter dengan sudut 21° pada kondisi setengah jenuh dan kondisi kering dengan nilai factor keamanan (deterministic = 1.478, mean = 1.460) dan nilai PK = 4.3% pada kondisi setengah jenuh. Sementara untuk lereng keseluruhan lowwall pada kondisi kering nilai faktor keamanannya ((deterministic = 1.520, mean = 1.515) dan PK = 2.3% sesuai dengan kriteria probabilitas kelongsoran untuk lereng keseluruhan yaitu dibawah 5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada bapak bagus, bapak ndaru selaku pembimbing lapangan, dan terima kasih kepada semua pihak yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak terlepas dari bimbingan dan saran dari pihak-pihak yang telah membantu.

DAFTAR PUSTAKA

R. Holtz and W. D. Kovacs, An Introduction to Geotechnical Engineering, Amerika Serikat: Prentice-Hall, Inc, 1981.

Z. T. Bieniawski, Engineering Classification of Jointed Rock Masses, Switzerland: Trans S. Sfr. Inst. Civ, 1973.

H. C. Hardiyatmo, Mekanika Tanah I, Yogyakarta: Gadjah Mada Univercity Press, 2002.

Mohr, Geotechnical Engineering Investigation Manual, Pennsylvania: McGrawHill Book Co. 984 p, 1910.

C. A. Coulomb, "Essai Sur une Aplication des Regles de Maximis et Minimum a quelques Problemes de Statique Relatifs al'Architecture," Des Sciences, vol. 3, p. 38, 1776.

d. Abramson, "Relationship Beetwen Physical Activity and Inflammation Among Apparently Healthy Middle-aged and Older US Adults," Arch Intern Med, vol. 162, no. 11, pp. 1286-1292, 2002.

R. E. Goodman, Introduction to Rock Mechanics, New York, USA: John Wiley and Sons, 1989.

L. D. Wesley, Mekanika Tanah, Jakarta Selatan: Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1977.

A. Irwandi, Geoteknik Tambang, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2016.

A. W. Bishop, "The Use the Slip Circle in the Stability Analisys of Slopes," Geotechnique, vol. 5, no. 1, pp. 7-17, 1955.

K. E. d. S. D. Mineral, Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM tahun 2018 tentang Kaidah Teknis Pertambangan yang baik, Jakarta: Direktoran Kementerian ESDM, 2018.

D. &. M. Wyllie, Rock Slope Engineering Civil and Mining 4th Edition, vol. 13, London: Spon Press Taylor and Francis Group, 2004.