

KAJIAN GEOTEKNIK UNTUK OPTIMASI LERENG DISPOSAL DI PT. BOSS (BORNEO OLAH SARANA SUKSES) DI DESA DASAQ KUTAI BARAT KALIMANTAN TIMUR

Edi Setiadi

Teknologi Pertambangan, Universitas Muhammadiyah Mataram
Edysetiady10@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima:26-08-2019

Disetujui:02-12-2019

Kata Kunci:

Disposal
Kajian Geoteknik
Lereng Tunggal
Faktor Keamanan

ABSTRAK

Suatu kegiatan pertambangan umumnya memindahkan tanah penutup untuk mengambil bahan galian yang berada di dalam bumi. Oleh karena itu, diperlukan area tertentu untuk membuang material tanah penutup tersebut sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan galian yang ekonomis. Area ini disebut sebagai *disposal* atau *dumping area*. Sebelum melakukan penambangan, perlu dilakukan kajian geoteknik untuk mendukung rancangan desain yang sudah ada. Kajian geoteknik dilakukan untuk memperkirakan model yang akan diterapkan agar lereng yang terbentuk nantinya aman dan tidak menimbulkan bahaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi desain geometri lereng tunggal untuk *disposal area* dan mengetahui parameter yang berpengaruh dalam rancangan lereng *disposal area*. Metode ini menggunakan metode Bishop dengan menggunakan aplikasi *software slide 6.0* untuk mencari nilai faktor keamanannya. Lereng tunggal dengan tinggi jenjang 15 m dengan sudut 60°, 65°, 70°, dan 75° pada kondisi kering dan setengah jenuh semua lereng berada dalam kondisi aman. Dengan rekomendasi lereng terdapat pada material *CLAY* faktor keamanan 1.408, material *SAND* faktor keamanan 1.838 dan material *Mixing Undistrib* 1.829.

Lereng tunggal dengan tinggi 20 m dengan sudut 60°, 65°, 70°, dan 75° pada kondisi kering dan setengah jenuh berada dalam kondisi aman dan sebagian berada pada kondisi tidak aman. Dengan rekomendasi lereng terdapat pada material *CLAY* faktor keamanan 1,247, material *SAND* faktor keamanan 1.566 dan material *Mixing Undistrib* 1.591 dan faktor keamanan <1.200 terdapat pada material *CLAY* dengan faktor keamanan 1.155.

Abstract

A mining activity generally move overburden to take minerals that are in the earth. Therefore, certain areas are needed to dispose of the overburden material so that it does not cover areas that still contain economical minerals. This area is called the disposal or dumping area. Before mining, a geotechnical study needs to be carried out to support the existing design. A geotechnical study is carried out to estimate the model that will be applied so that the slope formed will be safe and not cause danger. The purpose of this study is to provide a single slope geometry design recommendation for the disposal area and determine the parameters that influence the design of the disposal area slope. This method uses the Bishop method by using the slide 6.0 software application to find the value of the safety factor. The results of a single slope analysis with a height of 15 m with an angle of 60°, 65°, 70°, and 75° in dry and half-saturated conditions all slopes are in a safe condition. With the slope recommendations found in the CLAY material the safety factor is 1,408, the SAND material is the safety factor 1,838 and the Mixing Undistrib material is 1,829.

The results of a single slope analysis with a height of 20 m with an angle of 60°, 65°, 70°, and 75° in dry and half-saturated conditions are in safe conditions and some are in unsafe conditions. With the recommended slope found in CLAY material 1,247 safety factor, SAND material 1.566 safety factor and Undistrib Mixing 1.591 material and <1,200 safety factor found in CLAY material 1,155 safety factor.

A. LATAR BELAKANG

Salah satu sistem penambangan yang digunakan untuk mengeksplorasi sumberdaya alam seperti batubara adalah sistem penambangan terbuka, dimana segala aktivitas penambangan dilakukan di atas atau relatif dekat dengan permukaan bumi. Prinsip pada

penambangan terbuka (openpit mine) batubara adalah menggali tanah atau batuan penutup untuk mendapatkan batubara, tanah atau batuan penutup ini disebut sebagai overburden (Prasetyo, Hariyanto, & Cahyadi, 2011).

Disposal atau tempat penimbunan ini harus direncanakan dengan baik agar timbunan tanah tersebut

dalam kondisi stabil. Kestabilan lereng *disposal* tergantung faktor utama karakteristik material timbunan. Karakteristik material ini memuat perilaku material yang berbeda dengan perilaku batuan, sehingga kestabilan lereng *disposal* akan berbeda dengan stabilitas lereng batuan pada lokasi penambangan batubara.

Kestabilan lereng *disposal* menjadi masalah yang membutuhkan perhatian lebih bagi kelangsungan kegiatan penambangan dan menjadi suatu hal yang menarik. Kelongsoran pada lereng *disposal* dapat menyebabkan banyak kerugian yaitu terhambatnya jalan angkut utama maupun instalasi penting yang berada disekitar daerah *disposal* yang akan menyebabkan gangguan pada pengangkutan batubara dan proses produksi.

PT. Borneo Olah Sarana Sukses.Tbk (PT. BOSS) adalah induk perusahaan pertambangan batubara yang melakukan kegiatan penambangan di daerah Kecamatan Muara Pahu Desa Dasaq Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur

Sebelum melakukan penambangan, perlu dilakukan kajian geoteknik untuk mendukung rancangan desain yang sudah ada. Kajian geoteknik dilakukan untuk memperkirakan model lereng yang akan diterapkan agar lereng yang terbentuk nantinya aman dan tidak menimbulkan bahaya.

B. METODE PENELITIAN

Waktu penelitian dimulai dari tanggal 10 juli sampai 20 september 2018. Lokasi penelitian berada pada di Yogyakarta dan Kutai Barat Kalimantan Timur.

Dalam tahapan penelitian ini dilakukan terdiri dari tahapan pra lapangan, tahapan lapangan dan tahapan pasca lapangan.

1. Tahapan penelitian

a. Tahapan Pra Lapangan

a) Studi literatur

Studi literatur dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian dengan tujuan untuk mendapatkan referensi yang akan membantu dan menunjang pelaksanaan penelitian serta memahami materi yang diterapkan dalam penelitian. Dari studi literatur diperoleh data sekunder dan dijadikan laporan terdahulu.

b) Interpretasi

Metode interpretasi ini dilakukan pada peta topografi dan peta rencana penambangan.

Interpretasi peta topografi untuk mengetahui kondisi medan yang ada di lapangan, sedangkan peta rencana penambangan untuk mengetahui rencana penambangan yang akan digunakan di daerah penelitian.

b. Tahapan Lapangan

a) Tes Sondir

Uji ini dilakukan untuk mengetahui ketinggian lapisan tanah keras (*Hard Layer*) dan homogenitas tanah dalam arah lateral.

Tujuan sondir secara umum adalah untuk mengetahui kekuatan tanah tiap kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan. Hasil CPT disajikan dalam bentuk diagram sondir yang mencatat nilai tekanan konus dan friksi selubung, kemudian menghitung daya dukung pondasi yang dilekatkan pada tanah tersebut.

c. Pasca Lapangan

Pada tahap pasca lapangan kegiatan yang dilakukan antara lain analisa laboratorium dan pengolahan data lapangan.

2. Landasan Teori

a. Kestabilan Lereng

Prinsip dasar analisis kestabilan lereng secara sederhana meliputi peran dua hal, yaitu gaya-gaya penahan (kekuatan yang dimiliki lereng agar tidak longsor) dan gaya-gaya pendorong (gaya yang menyebabkan terjadinya longsor). Jika gaya penahan lebih besar dari gaya pendorong maka lereng akan stabil, begitu pula sebaliknya jika gaya pendorong lebih besar dari pada gaya penahan maka akan terjadi longsor.

b. Stabilisasi Lereng

Stabilisasi lereng merupakan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan untuk menjaga stabilitas lereng. Menurut (Abramson, et al., 2001) dalam menentukan metode yang akan diterapkan dalam upaya menjaga stabilitas lereng perlu dipertimbangkan beberapa faktor, seperti:

a) Waktu dan Biaya

b) Batasan Teknis (*Technical Constraint*)

c) Batasan Lokasi (*Site Constraint*)

d) Batasan Lingkungan (*Environmental Constraint*)

e) Metode Penanggulangan Longsoran Dengan Memperbesar Gaya Tahan

c. Penirisan air rembesan

Air bawah tanah merupakan masalah yang cukup serius karena dapat meningkatkan tekanan air pori pada lereng (gaya pendorong), sehingga dapat menurunkan faktor keamanan. Metode yang biasa digunakan dalam melakukan penirisan air rembesan berupa saluran horizontal pada lereng dan terowongan penirisan (*drainage tunnel*).

d. Penguatan

Setelah melakukan perubahan geometri lereng dan pengendalian air hal yang dilakukan untuk memperbesar gaya penahan pada lereng adalah penguatan (*reinforcement*). Dalam melakukan penguatan harus memperhatikan jenis material yang dihadapi (lereng tanah atau batuan), jenis keruntuhan yang mungkin timbul, dan faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keruntuhan lereng (Arif, 2016).

e. Proteksi terhadap material lepas

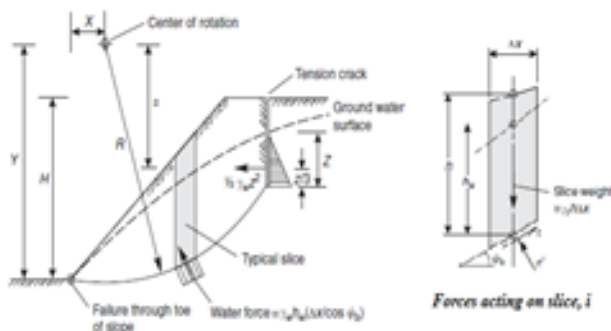
Proteksi terhadap material lepas diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya jatuhnya batuan atau bahkan longsoran sehingga dampak yang di timbulkan tidak meluas. Pada kegiatan pertambangan proteksi yang biasa dilakukan adalah membentuk *ramp* atau pun tanggul penahan.

d. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Kesetimbangan Batas

Metode kesetimbangan batas merupakan metode yang sangat populer untuk digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng tipe gelincir translasional dan rotasional. Pada metode ini, perhitungan analisis kestabilan lereng hanya menggunakan kondisi kesetimbangan statik dan mengabaikan adanya hubungan tegangan-regangan pada lereng. Kondisi kestabilan lereng dalam metode kesetimbangan batas dinyatakan dalam indeks faktor keamanan yang dihitung menggunakan kesetimbangan gaya, kesetimbangan momen, atau menggunakan kedua kondisi kesetimbangan tersebut (Arif, 2016).

a. Metode bishop disederhanakan

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Metode ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan yang mempunyai resultan nol pada arah vertical (Rajagukguk dkk, 2014).



Gambar 1. Metode Bishop Disederhanakan

b. Faktor Keamanan

Kestabilan lereng secara sederhana dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (FK), yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Faktor keamanan (FK)} = \frac{\text{gaya penahan}}{\text{gaya penggerak}} \quad (1)$$

$$\text{Faktor keamanan (FK)} = \frac{\sum X / (1 + Y/FS)}{\sum Z + Q} \quad (2)$$

Dengan:

$$X = [c + (\gamma r \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \tan \phi] (\Delta x / \cos \psi b)$$

$$Y = \tan \psi b \cdot \tan \phi$$

$$Z = \gamma r \cdot h \Delta x \sin \psi b$$

$$Q = 1/2 \gamma_w z^2 (z/R)$$

Rumus diatas menunjukkan bahwa kondisi kesetimbangan batas adalah suatu kondisi dimana faktor keamanan sama dengan satu (FK=1). Apabila FK

lebih besar dari satu (>1), maka secara teoritis block dalam keadaan stabil dan apabila FK lebih kecil dari satu (<1) maka block akan meluncur kebawah (Arif, Irwandi, 2015).

e. Tindakan Penunjang Kestabilan Lereng

a. Perbandingan Geometri Lereng

Tindakan ini dilakukan untuk memperoleh atau menciptakan geometri yang aman yaitu perbaikan geometri lereng pada lereng tunggal, dapat dilakukan dengan :

- Mengurangi tinggi lereng dengan membagi satu lereng yang terlalu tinggi menjadi beberapa lereng yang lebih pendek atau dengan memotong bagian atas lereng .
- Mengurangi sudut kemiringan sehingga lebih landai.

b. Penanganan Air Permukaan dan Air Tanah

• Penanganan Air Permukaan

Untuk penanganan air permukaan pada lereng dapat dilakukan dengan membuat saluran permukaan. Pembuatan saluran air ini berfungsi agar tidak terjadi genangan air dipermukaan lereng pada saat musim hujan dan juga berfungsi untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng.

• Penanganan Air Tanah

Penurunan muka air tanah dilakukakan guna mengurangi atau menghilangkan gaya nilai air dan meningkatkan kuat geser material lereng disposal. Penurunan muka air tanah dilakukan secara horizontal dengan cara pemasangan pipa-pipa penirisan dengan panjang tertentu pada permukaan lereng baik dengan pemompa maupun tanpa pemompa sehingga akan menurunkan permukaan air tanah.

c) Stabilisasi Dengan Menggunakan Vegetasi

Penggunaan vegetasi atau tanaman untuk menjaga stabilitas lereng dengan pengontrolan erosi air. Dengan adanya tanaman pada lereng akan meningkatkan faktor keamanan, karena adanya beban tambahan dan gaya tarik akar yang ditimbulkan oleh tanaman.

d) Pemantaun Lereng Disposal

Kegiatan pemantaun lereng disposal secara berkala perlu dilakukan untuk mengetahui adanya gerakan tanah yang mungkin terjadi baik yang tampak dipermukaan maupun yang tidak nampak pada permukaan dengan demikian apabila terjadi gejala ketidakstabilan dapat dilakukan segera upaya pencegahan.

f. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui keadaan sifat mekanik dan sifat fisik batuan dari sample yang telah diperoleh dari lapangan. Adapun pengujian yang dilakukan meliputi bobot isi, berat jenis, porositas,

kadar air, angka pori (void ratio), uji tekan, dan uji kuat geser yang semuanya telah diuji di laboratorium dengan mendapat masing-masing nilai yang akan selanjutnya diolah untuk diadikannya sebagai parameter untuk mencari nilai faktor keamanan.

a. Sifat Fisik Batuan

Sifat fisik batuan adalah sifat yang terdapat pada suatu batuan setelah dilakukan pengujian tak merusak (*nondestructive test*). Sifat-sifat fisik antara lain bobotisi, kadar air, void ratio, dan berat jenis.

b. Sifat Mekanik Batuan

Sifat mekanik batuan adalah sifat batuan yang merupakan pengujian merusak (*destructive test*) sehingga batuan hancur. Pengujian sifat mekanik ini terdiri dari uji kuat tekan dan uji kuat geser.

• Uji Kuat Tekan

Ujikuat tekan merupakan tegangan yang terjadi pada sampel batuan dan sampel tersebut mengalami keruntuhan (*failure*) akibat pembebanan. Ujikuat tekan dapat ditentukan melalui rumus:

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

Dimana:

σ_c = Uji kuat tekan

F = Gaya yang bekerja pada sampel batuan yang saat terjadi keutuhan

A = Luas penampang sampel batuan

• Uji Kuat Geser

Uji kuat geser bertujuan untuk mendapatkan harga nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ), baik puncak (*peak*) maupun sisa (*residual*). Dari uji kuat geser dapat diperoleh tegangan geser sisa (τ) dan tegangan normal (m). Adapun tegangan geser sisa (τ) dapat dihitung dengan rumus:

$$\tau = \frac{Sr}{A} \quad \text{dengan} \quad Sr = \frac{Sr^1 + Sr^n}{2}$$

dimana:

τ = Tegangan geser sisa

A = Luas bidang geser

Sr^1 = Harga gaya geser selama penggeseran maju

Sr^n = Harga gaya geser selama penggeseran mundur

Sedangkan tegangan geser normal dapat dihitung dengan rumus.

$$m = \frac{Fn}{A}$$

dimana:

m = Tegangan normal

Fn = Gaya normal

A = Luas bidang geser

g. Pengolahan Data

Hasil analisa laboratorium dijadikan sebagai parameter dalam pembuatan lereng, dimana analisa tersebut digunakan sebagai properties. Data yang digunakan antara lain, bobot isi kering (γ_d), bobot isi

jenuh (γ_s), hasil kohesi (c), dan sudut gesek dalam (*Friction Angle*) ($^\circ$).

h. Analisis Stabilitas lereng

Setelah dilakukan penyelidikan lapangan dan pengujian laboratorium, maka data yang diperoleh menjadi masukan (*input data*) dalam analisis stabilitas lereng. Dalam penelitian ini analisis dilakukan berdasarkan konsep kesetimbangan batas dengan menggunakan Program software Slide 6.0 dalam model 2 dimensi.

i. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penyondiran dan Sampling Geoteknik

Uji sondir atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis banyak digunakan di Indonesia. Pengujian ini merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung tanah.

Tujuan sondir secara umum adalah untuk mengetahui kekuatan tanah tiap kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan.

Adapun kelebihan dan kekurangan uji sondir yaitu:

- Kelebihan uji sondir
 - Cukup ekonomis dan cepat
 - Dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relative sama
 - Korelasi empirik yang terbukti semakin andal
- Kekurangan uji sondir
 - Tidak didapat sampel tanah.
 - Kedalaman penetrasi terbatas.
 - Tidak dapat menembus kerikil atau lapisan pasir yang padat.

Dibawah ini adalah tabel hasil uji sondir yang dilakukan dari beberapa titik sondir yang telah direncanakan akan dilakukan penyondiran.

TABEL 1.
Nilai Hasil Sondir Titik 2

Depth m	Soil Interpretation					
	γ kg/cm ³	Cu kg/cm ²	ϕ (°)	K m/dtk	lc	Soil behavior type
0,00 - 1,00	15,20	0,14	2,04	1,99E-10	3,80	Organic Soil
1,00 - 2,00	17,00	1,24	3,36	4,96E-09	3,31	Clays
2,00 - 3,00	18,30	2,02	3,85	9,19E-09	2,97	Clays
3,00 - 4,00	17,80	1,69	4,18	4,82E-09	3,07	Clays
4,00 - 5,00	17,70	1,60	4,30	3,41E-09	3,11	Clays
5,00 - 6,00	17,60	1,30	3,91	2,56E-09	3,14	Clays
6,00 - 7,00	18,60	2,26	3,37	2,08E-08	2,94	Silty Mictures, or Silty Clays
7,00 - 8,00	19,80	5,24	3,89	9,75E-08	2,63	Silty Mictures, or Silty Clays
8,00 - 9,00	19,80	5,83	4,41	1,16E-07	2,60	Silty Mictures, or Silty Clays
9,00 - 10,00	19,80	5,48	4,03	1,04E-07	2,61	Silty Mictures, or Silty Clays
10,00 - 11,00	19,80	5,83	4,15	1,15E-07	2,60	Silty Mictures, or Silty Clays
11,00 - 12,00	19,80	6,49	4,33	1,38E-07	2,57	Silty Mictures, or Silty Clays
12,00 - 13,00	19,90	7,14	4,50	1,60E-07	2,55	Silty Mictures, or Silty Clays
13,00 - 14,00	19,90	8,04	4,67	1,93E-07	2,52	Silty Mictures, or Silty Clays
14,00 - 15,00	19,90	7,38	4,53	1,70E-07	2,54	Silty Mictures, or Silty Clays
15,00 - 16,00	19,90	8,57	4,72	2,14E-07	2,51	Silty Mictures, or Silty Clays

TABEL 2.
Nilai Hasil Sondir Titik 13

Depth m	Soil Interpretation					
	γ kg/cm ³	C_u kg/cm ²	ϕ (°)	K m/dtk	i_c	Soil behavior type
0,00-1,00	15,10	0,05	4,12	2,17E+10	3,75	Organic Soil
1,00-2,00	15,50	0,51	4,71	3,18E+10	3,65	Organic Soil
2,00-3,00	16,80	1,15	4,45	2,24E+09	3,33	clay
3,00-4,00	17,90	2,43	4,58	6,50E+09	3,03	clay
4,00-5,00	17,40	2,25	5,17	3,87E+09	3,20	clay
5,00-6,00	16,80	1,61	5,20	1,30E+09	3,27	clay

TABEL 3.
Nilai Hasil Sondir Titik 15

Depth m	Soil Interpretation					
	γ kg/cm ³	C_u kg/cm ²	ϕ (°)	K m/dtk	i_c	Soil behavior type
0,00-1,00	18,90	1,88	3,52	1,57E+08	2,95	Clays
1,00-2,00	19,40	3,39	3,11	4,53E+08	2,75	Silty Mixtures, or Silty Clays
2,00-3,00	19,90	7,38	4,34	1,75E+07	2,56	Silty Mixtures, or Silty Clays
3,00-4,00	19,70	15,76	5,64	2,08E+07	2,52	Silty Mixtures, or Silty Clays

2. Hasil Pengujian Laboratorium

Sebelum melakukan pemodelan pada lereng terlebih dahulu dilakukan pengujian laboratorium. Tujuan dari pengujian laboratorium yaitu untuk memperoleh data dari berbagai jenis batuan secara akurat, dimana data tersebut akan digunakan sebagai data masukan untuk menentukan nilai faktor keamanan lereng tunggal (*single slope*). Pengujian laboratorium dilakukan terhadap sampel batuan yang kita dapat dari hasil penyondiran dengan berbagai macam kedalamannya. Pengujian laboratorium dibagi menjadi 2 (dua) yaitu:

- Pengujian sifat fisik
Pengujian sifat fisik yang dilakukan meliputi bobot isi kering, bobot isi jenuh, berat jenis semu, berat jenis nyata, kadar air asli, kadar air jenuh, derajat kejenuhan, porositas, dan angka pori.
- Pengujian sifat mekanik
Pengujian mekanik dilakukan berupa uji kuat tekan (UCS) dan uji kuat geser.

3. Sifat Fisik dan Mekanik Batuan di Lokasi Penelitian Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu sifat fisik dan mekanik batuan. Sifat fisik yang mempengaruhi kestabilan lereng diantaranya yaitu bobot isi dan porositas. Sedangkan sifat mekanik yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu kohesi, sudut gesek dalam, dan kuat tekan. Berdasarkan hasil uji laboratorium untuk sifat fisik dilihat dari tabel di peroleh nilai bobot isi kering terkecil yaitu 10.9180 kN/m³ yang ditemukan pada material CLAY B dan

terbesar yaitu 16.1809 kN/m³ yang di temukan pada material Mixing Undistrib. Untuk nilai bobot isi setengah jenuh terkecil 13.2175 kN/m³ yang ditemukan pada material SAND dan terbesar yaitu 20.6189 kN/m³ yang ditemukan pada material Mixing Undistrib. Sedangkan untuk sifat mekanik dilihat dari tabel (5.2) di peroleh untuk nilai kohesi terkecil yaitu 35.6307 kN/m² dijumpai pada material SAND dan terbesar yaitu 76.8187 di jumpai pada material CLAY C. Untuk nilai sudut gesek dalam terkecil yaitu 24.80° di jumpai pada material CLAY A dan terbesar yaitu 54.91° di jumpai pada material CLAY C. Dari nilai – nilai tersebut diketahui bahwa nilai bobot isi kering, setengah jenuh, kohesi, dan sudut gesek dalam. Untuk diketAhui bahwa nilai bobot isi kering lebih kecil di dibandingkan dengan nilai isi bobot setengah jenuh ini membuktikan bahwa jumlah air akan mempengaruhi bobot isi material.

4. Pemodelan Geoteknik

Dalam pemodelan geoteknik hal yang pertama kali dilakukan yaitu membuat geometri lereng. Geometri lereng yang dibuat memiliki lereng dan sudut yang berbeda – beda. Geometri yang dibuat yaitu lereng tunggal (*single slope*). Geometri yang sudah dibuat selanjutnya akan ditentukan nilai faktor keamanan. Tabel berikut ini menunjukkan tinggi dan sudut lereng yang digunakan dalam simulasi untuk menentukan faktor keamanan lereng tunggal pada hasil pengujian sifat fisik dan mekanik yang dilakukan di laboratorium.

TABEL 4.

Tinggi dan Sudut lereng yang digunakan dalam simulasi

No	Lereng	Tinggi (m)	Sudut Lereng (°)
1	tunggal (<i>single slope</i>)	5	60
			65
			70
		10	75
			60
			70
			75

Hasil sondir dan pengujian sifat fisik dan mekanik batuan sangat diperlukan dalam pemodelan geoteknik. Hasil dari pengujian sifat fisik dan mekanik tersebut akan dijadikan data masukan dalam menentukan analisis kestabilan lereng. Data masukan yang digunakan berupa bobot isi kering (*dry unit weight*), bobot isi jenuh (*saturated unit weight*), kohesi (*cohesion*), dan sudut gesek dalam (*internal friction angle*). Tabel 5 berikut ini merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan pemodelan geoteknik.

Analisis lereng tunggal bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan lereng tunggal. Pemodelan lereng tunggal diaplikasikan pada setiap litologi. Pemodelan lereng di analisis berdasarkan tinggi dan sudut yang berbeda-beda. Dalam kondisi yang berbeda pula. Lereng tunggal juga diasumsikan dalam keadaan setengah jenuh dan juga kering. Tabel dibawah ini merupakan hasil analisis yang dilakukan pada lereng tunggal pada kondisi kering dan juga setengah jenuh.

TABEL 5.

Parameter yang digunakan untuk pemodelan geoteknik

NO	MATERIAL	PARAMETER			
		bobot isi kering (dry unit weight) kN/m ³	bobot isi setengah jenuh (saturated unit weight) kN/m ³	kohesi (kN/m ²)	sudut gesek dalam (°)
1	CLAY A	14.2522	15.8213	43.4761	24.80
2	SAND	12.487	13.2175	35.6307	46.92
3	CLAY B	10.918	16.3116	45.7643	47.84
4	CLAY C	14.1542	19.8093	76.8187	54.91
5	Mixing Undistrib	16.1809	20.6189	37.2652	54.29

TABLE 6.

Analisis lereng tunggal pada kondisi kering

Tinggi Jenjang	Material	γ_d kN/m ³	C kN/m ²	ϕ (°)	Sudut			
					60	65	70	75
					faktor keamanan			
5	CLAY A	14.2522	43.4761	24.80	3.954	3.748	3.33	3.318
	SAND	12.487	35.6307	46.92	4.557	4.3	3.985	3.746
	CLAY B	10.918	45.7643	47.84	6.085	5.749	5.395	5.019
	CLAY C	14.1542	76.8187	54.91	7.869	7.435	6.981	6.492
	Mixing Undistrib	16.1809	37.2652	53.59	4.333	2.856	3.756	3.48
10	CLAY A	14.2522	43.4761	24.80	2.292	2.166	2.022	1.899
	SAND	12.487	35.6307	46.92	2.952	2.723	2.542	2.33
	CLAY B	10.918	45.7643	47.84	3.765	3.52	3.251	3.027
	CLAY C	14.1542	76.8187	54.91	4.866	3.552	4.202	3.915
	Mixing Undistrib	16.1809	37.2652	53.59	2.961	2.713	2.49	2.292

Ket: γ_d : bobot isi kering, γ_{sat} : bobot isi basah,

c: kohesi, ϕ : sudut gesek dalam

Rekomendasi lereng tunggal

TABLE 7.

Analisis lereng tunggal pada kondisi basah

Tinggi Jenjang	Material	γ_{sat} kN/m ³	C kN/m ²	ϕ (°)	Sudut			
					60	65	70	75
					faktor keamanan			
5	CLAY A	15.8213	43.4761	24.8086	3.981	3.752	3.525	3.317
	SAND	13.2175	35.6307	46.92	4.55	4.296	3.984	3.746
	CLAY B	10.918	45.7643	47.84	5.959	5.659	5.389	5.015
	CLAY C	16.3116	76.8187	54.91	7.738	7.34	6.973	6.488
	Mixing Undistrib	20.6189	37.2652	53.59	4.342	2.855	3.754	3.48
10	CLAY A	15.8213	43.4761	24.8086	2.285	2.163	2.021	1.889
	SAND	13.2175	35.6307	46.92	2.951	2.723	2.542	2.33
	CLAY B	10.918	45.7643	47.84	3.733	3.518	3.248	3.027
	CLAY C	16.3116	76.8187	54.91	4.832	4.549	4.199	3.915
	Mixing Undistrib	20.6189	37.2652	53.59	2.959	2.713	2.49	2.292

Ket: γ_d : bobot isi kering, γ_{sat} : bobot isi basah,

c: kohesi, ϕ : sudut gesek dalam

Rekomendasi lereng tunggal

Kriteria faktor keamanan (FK) yang digunakan dalam pemodelan lereng tunggal ini mengacu pada Bowles (1984). Dimana FK <1.07 termasuk dalam kondisi labil (longsor terjadi) FK >1.07-1,25 termasuk dalam kondisi kritis (longsor pernah terjadi) dan FK >1.25 masuk dalam kondisi stabil (longsor jarang terjadi). Artinya apabila FK dari analisis lereng tunggal < 1.07 maka lereng dianggap tidak aman. Sedangkan apabila FK > 1.25 maka lereng dianggap aman.

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng diatas dapat diketahui bahwa pada jenjang dan tinggi 5 meter dan 10 meter dan sudut lereng 60°, 65°, 70°, dan 75° pada kondisi kering mempunyai faktor keamanan terkecil 1.899 dan faktor keamanan terbesar 7.869. Faktor keamanan terkecil terdapat pada tinggi 10 m dengan material CLAY A dengan sudut 75°, sedangkan faktor keamanan terbesar terdapat pada tinggi 5 meter dengan material CLAY C dengan sudut 60°. Dari hasil analisis kestabilan lereng tunggal pada semua material dengan tinggi 5 dan 10 meter dengan sudut 60°, 65°, 70°, dan 75° semua lereng menunjukkan bahwa lereng tunggal berada dalam kondisi aman karena mempunyai nilai faktor keamanan >1.25. Pada kondisi basah, jenjang dengan tinggi 5 meter dan 10 meter dan sudut lereng 60°, 65°, 70°, dan 75° mempunyai faktor keamanan terkecil 1.889 dan faktor keamanan terbesar 7.738. Faktor keamanan terkecil terdapat pada tinggi 10 meter dengan material CLAY A sudut 75°, sedangkan faktor keamanan terbesar terdapat pada tinggi 5 meter dengan material CLAY C dengan sudut 60°. Dari hasil analisis kestabilan lereng tunggal pada semua material dengan tinggi 5 dan 10 meter dengan sudut 60°, 65°, 70°, dan 75° semua lereng menunjukkan bahwa lereng tunggal berada dalam kondisi aman karena mempunyai nilai faktor keamanan >1.25.

Dari tabel 6 dan tabel 7 tinggi jenjang dan sudut lereng akan mempengaruhi kestabilan lereng. Lereng pada tinggi jenjang 5 meter dan 10 meter dan pada sudut lereng 60°, 65°, 70°, dan 75° menunjukkan bahwa lereng tunggal berada dalam kondisi aman karena memiliki faktor keamanan >1.25. Berikut ini merupakan hasil analisis lereng tunggal kering dan basah dengan tinggi 5 dan 10 meter pada sudut 60°, 65°, 70°, dan 75° dengan material CLAY A (CLAY A dijadikan sebagai perwakilan dari CLAY A, CLAY B dan CLAY C), material SAND dan material Mixing Undistrib.

j. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari semua hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium dapat disimpulkan bahwa:

- Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah nilai bobot isi kering yaitu 10.9180 sampai 16.1809 kN/m³. Nilai bobot isi setengah jenuh 13.2175 sampai 20.6189 kN/m³. Nilai kohesi 35.6307 sampai 76.8187 kN/m². Nilai sudut gesek dalam 24.80° sampai 54.91°.
- Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng tunggal pada tinggi jenjang 5 meter dengan sudut 60°, 65°, 70°, dan 75° semua lereng berada dalam keadaan aman untuk kondisi kering dan setengah jenuh. Dengan rekomendasi lereng lereng terdapat pada material CLAY A faktor keamanan 3.746, material SAND faktor keamanan 2.330, dan material Mixing Undistrib 3.480. Analisis lereng tunggal dengan tinggi jenjang 10 meter dengan sudut 60°, 65°, 70°, dan 75° berada dalam kondisi kering dan jenuh sama-sama berada dalam kondisi aman. Dengan rekomendasi lereng terdapat pada material CLAY A faktor keamanannya 1.889, material

SAND faktor keamanan 2.330, dan material *Mixing Undistrib* faktor keamanan 2.292.

- c. Pada tinggi jenjang 5meter dengan sudut 60° , 65° , 70° , dan 75° semua lereng tunggal berada dalam keadaan aman dengan rekomendasi lereng tunggal terkecil yaitu dengan faktor keamanan (FK) 3.317 pada material *CLAY A* dengan sudut 75° pada kondisi kering dan setengah jenuh. Sedangkan pada tinggi jenjang 20meter dengan sudut 60° , 65° , 70° , dan 75° lereng berada pada kondisi aman dengan nilai faktor keamanan terkecil 1.889 terdapat pada material *CLAY A* pada kondisi kering dan setengah jenuh dengan sudut 75° . Untuk rekomendasi lereng tunggal kering didapat pada tinggi jenjang 10meter dengan sudut 75° faktor keamanan 1.899 terdapat pada material *CLAY A*. Rekomendasi lereng tunggal setengah jenuh didapat pada tinggi jenjang 10meter dengan sudut 75° faktor keamanan 1.889.

2. Saran

- a. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, penambahan data pengamatan diperlukan untuk memperkecil kesalahan dalam analisis.
- b. Diperlukan pemantauan lebih lanjut untuk mengetahui lebih dalam dari material perlapisan.
- c. Perbaikan geometri lereng lebih lanjut diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya kelongsoran pada daerah disposal.

DAFTAR RUJUKAN

Buku

[1] Arif, Irwandi., *Geoteknik Tambang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2016.

[2] Arif, Irwandi., *Geoteknik Tambang*. Bandung: ITB, 2015.

Jurnal

[3] Prasetyo, S. I., Hariyanto, & Cahyadi, T. A. Studi Kasus Analisa Kestabilan Lereng Disposal di Daerah Karuh, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. In *Seminar Nasional ke 6 tahun 2011: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi* (pp. 381-387). Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta. 2011.

[4] Rajagukguk, O. C. P., Turangan, A. E., dan Monintja, S., *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop*, Jurnal Sipil Statik Fakultas Teknik Sipil Sam Ratulangi, Vol.2 No.3. 2014.