

Karakteristik Geoteknika sebagai Dasar Penentuan Geometri Lereng Bukan Tambang pada Quarry Batu Gamping di Daerah Songgom Kabupaten Brebes Propinsi Jawa Tengah

¹Asep Fajar Hidayatullah, ²Maryanto, ³Febri Hirnawan

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

Email: ¹Fajarhidayatullah26@gmail.com, ²maryanto.geo@gmail.com, ³febrihirnawan@gmail.com

Abstract. Human activities related to Mining especially the Open Mine will always face problems with slopes (Slope). The slope should be analyzed for its stability to prevent landslide hazard in the future, as it concerns safety, equipment security, property, and the smoothness of production. In this final project report slope stability will be recommended on the slopes of quarry limestone mine located in Songgom area. Slope stability analysis was conducted using Phase2 6.0 program with Finite Element Method (FEM). The stability analysis of the embankment slopes using the Slide 6.0 program with the equilibrium boundary method, was also employed while for the quarrying analysis using two approached methods of Unconfined Compression Strength (UCS) and PLSI and Joint Spacing in term of rock masses strength properties. The data required for geotechnical modeling for the overall slope and single slope recommendations are weighted content, elastic modulus, poisson ratio, cohesion, deep friction angle and rock tensile strength, while for data disposal modeling that is needed is in the form of weighted data of weight (unit weight) of rock, cohesion and friction angle. For data of analysis of excavation UCS and PLSI data and Joint Spacing are used. The results of the overall slope stability analysis on both types of limestone and refers to the calculation of FK value ≥ 1.5 , then the geometry of slope limestone 1 can be recommended with high 70 m slope of 60° while for limestone 2 is recommended with a height of 60 m and slope of 50° . For single slope analyzes on both limestone and FK > 1.5 values for limestone 1 can be recommended with a height of 10 m and slope of 70° , while for batukapur 2 can be recommended with a height of 10 m and slope of 70° . For the analysis of the stability of the disposal slope with reference to calculation of FK value > 1.5 then it can be recommended the slope with height of 30 m and slope of 20° . The result of the analysis of the excavation that was done by UCS method which got the data from the laboratory test result showed the UCS value ranged from 0.28 to 21.93 MPa then the mass of the rock in the category between the moderate - blasting, while the analysis was done by the method PLSI field test results show numbers ranging from 0.3 to 1.0 MPa and for Joint Spacing rock mass ranged from 0.20 m to 0.60 m, then it can be stated to be in the category between moderate - blasting.

Keywords: Overall Slope, Single Slope, Slope Wastedump, and Capability

Abstrak. Aktivitas manusia yang berhubungan dengan Tambang khususnya Tambang Terbuka akan selalu menghadapi permasalahan dengan lereng (Slope). Lereng tersebut harus dianalisis kemantapannya untuk mencegah bahaya longsor di waktu-waktu yang akan datang, karena menyangkut keselamatan kerja, keamanan peralatan, harta benda, dan kelancaran produksi. Pada laporan tugas akhir ini akan dilakukan rekomendasi stabilitas lereng pada lereng tambang kuari batugamping yang terletak di daerah Songgom. Analisis kestabilan lereng tambang menggunakan program Phase2 6.0 dengan Metode Elemen Hingga (FEM). Analisis stabilitas lereng timbunan menggunakan program Slide 6.0 dengan metode kesetimbangan batas, sedangkan untuk analisis kemampuan-galian menggunakan dua metode pendekatan yaitu *Unconfined Compression Strength (UCS)* dan *PLSI* serta *Joint Spacing*. Data yang diperlukan untuk pemodelan geoteknik untuk rekomendasi lereng keseluruhan dan lereng tunggal ini yaitu berupa data bobot isi, modulus elastisitas, poisson ratio, kohesi, sudut gesek dalam dan kuat tarik batuan. Sedangkan untuk pemodelan disposal data yang diperlukan yaitu berupa data bobot isi (unit weight) batuan, kohesi dan sudut gesek. Untuk analisis kemampuan-galian digunakan data UCS dan PLSI serta Joint Spacing. Hasil analisis stabilitas lereng keseluruhan pada kedua jenis batukapur serta mengacu perhitungan nilai $FK \geq 1,5$ maka geometri lereng batukapur 1 dapat direkomendasikan dengan tinggi 70 m kemiringan 60° sedangkan untuk batu kapur 2 direkomendasikan dengan tinggi 60 m kemiringan 50° . Untuk analisis lereng tunggal pada kedua jenis batu kapur serta mengacu nilai $FK > 1,5$ maka untuk batu kapur 1 dapat direkomendasikan dengan tinggi 10 m kemiringan 70° sedangkan untuk batukapur 2 dapat direkomendasikan dengan tinggi 10 m kemiringan 70° . Untuk analisis stabilitas lereng disposal dengan mengacu perhitungan nilai $FK > 1,5$ maka dapat direkomendasikan lereng dengan tinggi 30 m serta kemiringan 20° . Hasil analisis kemampuan-galian yang dilakukan dengan metode UCS yang di dapatkan data dari hasil uji laboratorium menunjukkan nilai UCS berkisar antara 0,28 – 21,93 MPa maka massa batuan dalam kategori antara penggaruan – peledakan sedang,

sedangkan analisis yang di lakukan dengan metode PLSI hasil uji lapangan menunjukkan angka berkisar antara 0,3 – 1,0 MPa dan untuk Joint Spacing massa batuan berkisar antara 0,20 m – 0,60 m maka dapat dinyatakan berada dalam kategori antara penggaruan – peledakan sedang.

Kata Kunci: *Lereng Keseluruhan, Lereng Tunggal, Lereng Timbunan, Dan Kemampu-Galian*

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ini, khususnya bidang pertambangan mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini memberi pengaruh yang sangat besar terhadap dunia pertambangan dan dunia pendidikan. Kemajuan teknologi di zaman sekarang sangat bergantung kepada sumber daya manusia yang menjadi pelaksananya. Banyak teknologi baru yang diterapkan pada industri pertambangan dalam upaya meningkatkan keamanan, salah satunya lereng penambangan. Penambangan batugamping yang biasa dilakukan dengan sistem tambang terbuka metode quarry batu gamping, lereng – lereng tambangnya harus dalam keadaan aman dan stabil.

Tambang kuari batugamping di Songgom yang akan di buka memerlukan analisis stabilitas bukaan lereng tambang untuk menentukan geometri lereng. Analisis stabilitas bukaan lereng meliputi tinggi jenjang, kemiringan jenjang dan lebar jenjang, tinggi dan kemiringan lereng keseluruhan. Selain itu tambang kuari batugamping membutuhkan analisis kemampuan galian batuan. Pembongkaran material bersifat lunak dapat dilakukan secara langsung atau biasa disebut juga direct loading, namun apabila material bersifat keras maka pembongkaran dilakukan dengan penggaruan (ripping) maupun peledakan (blasting).

Tujuan Penelitian

1. Menentukan geometri lereng keseluruhan (tinggi keseluruhan dan kemiringan keseluruhan).
2. Menentukan lereng tunggal tambang (tinggi kemiringan, dan lebar jenjang).
3. Menentukan geometri dari westdump (tinggi jenjang, kemiringan jenjang dan keseluruhan jenjang).
4. Menentukan metode penggalian batuan.

B. Landasan Teori

Geoteknik berasal dari ilmu mekanika yang diaplikasikan pada batuan (kulit bumi). Mekanika batuan merupakan mekanika dari batuan. Mekanika adalah ilmu yang mempelajari efek yang terjadi apabila suatu tekanan atau gaya dikenakan pada sebuah benda. Sedangkan, batuan adalah suatu bahan atau material yang terdiri dari satu atau lebih mineral berbeda, yang telah terkonsolidasi dan bersatu membentuk kulit bumi. Secara umum istilah mekanika batuan adalah ilmu pengetahuan teoritis dan terapan, cabang dari mekanika, yang mempelajari tentang perilaku (*behavior*) atau respons batuan dan massa batuan bila terhadapnya dikenakan gaya atau tekanan.

Lereng Bukaan Tambang (*Pit Slope*)

1. *Single slope*, lereng tunggal yang terbentuk dari satu jenjang (*bench*) yang terdiri dari tinggi lereng (sama dengan tinggi *bench*), sudut lereng, kaki lereng (*Toe*), dan siku lereng (*Crest*).
2. *Inter-ramp slope*, lereng yang terbentuk antar jalan tambang, dapat terbentuk dari beberapa jenjang (*benches*).

3. Lereng keseluruhan (*Overall Pit Slope*), lereng yang terbentuk dari *Crest* teratas dan *Toe* terbawah, dengan tinggi total lereng sama dengan kedalaman bukaan tambang.

Metode Analisis Longsor

1. Metode Finite Elemen Methode (FEM)

Pemodelan dengan FEM adalah pemodelan lereng dengan cara membagi blok lereng ke dalam elemen-elemen mesh, di mana setiap elemen mesh dibatasi oleh node-node yang akan dihitung data output perubahannya akibat perubahan yang terjadi pada blok lereng. Sebelum masuk ke analisis balik, terlebih dahulu akan dibahas sekilas tentang pemodelan dan analisis stabilitas lereng dengan FEM, menggunakan software Phase² versi 6.0. Tahapan proses dalam pemodelan numerik dengan FEM ini, adalah meliputi :

- a. pemodelan sistem statika,
 - b. pemodelan batuan dan parameter geoteknik,
 - c. pemodelan pembebanan dan tegangan insitu,
 - d. penentuan kondisi batas, dan
 - e. validasi model.
- #### 2. Metode Keseimbangan Batas

Metode keseimbangan batas menggunakan asumsi lereng dibagi ke dalam beberapa irisan dan menganalisis kestabilannya agar dihasilkan faktor keamanan untuk lereng yang paling kritis. Dalam menentukan faktor keamanan dengan menggunakan metode keseimbangan batas, terdapat beberapa persamaan statis yang digunakan dalam menentukan faktor keamanan, meliputi :

- a. Penjumlahan gaya pada arah vertikal untuk setiap irisan yang digunakan untuk menghitung gaya normal pada bagian dasar irisan.
- b. Penjumlahan gaya pada arah horizontal untuk setiap irisan yang digunakan untuk menghitung gaya normal antar irisan.
- c. Penjumlahan momen untuk keseluruhan irisan yang bertumpu pada satu titik.
- d. Penjumlahan gaya pada arah horizontal untuk seluruh irisan.

Sifat- sifat material yang relevan dengan masalah kemantapan lereng adalah sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), dan berat satuan (γ) batuan.

3. Definisi Disposal atau Waste Dump

Waste dump atau *disposal* adalah daerah pada suatu operasi tambang terbuka yang dijadikan tempat membuang material kadar rendah atau material bukan bijih. Material tersebut perlu digali dari pit demi memperoleh bijih atau material kadar tinggi, sedangkan *stockpile* digunakan untuk menyimpan material yang akan digunakan pada saat yang akan datang. *Stockpile* juga dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan bijih kadar rendah yang dapat diproses pada saat yang akan datang maupun tanah penutup atau tanah pucuk yang dapat digunakan untuk reklamasi. Suatu kegiatan pertambangan umumnya memindahkan tanah penutup untuk mengambil bahan galian yang berada di dalam bumi. Oleh karena itu, diperlukan suatu area tertentu untuk membuang material tanah penutup tersebut sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan galian yang ekonomis. Tempat penimbunan dapat dibagi menjadi dua, yaitu *waste dump* atau *disposal* dan *stockpile*.

4. Kriteria Analisis Penggalian

- a. Kriteria Penggalian Menurut RMR

Kemampuan untuk menaksir kemampuan penggalian atau potongan suatu massa batuan sangatlah penting, apalagi bila akan menggunakan alat gali mekanis menerus

dan menunjukkan hubungan yang erat antara kinerja (produksi) Road header kelas berat (> 50 ton) dengan RMR. Nilai-nilai UCS, Energi Spesifik, Koefisien Abrasivity secara keseluruhan menyimpulkan bahwa batuan utuh tersebut tidak dapat digali dengan memuaskan oleh roadheader. Namun seperti dilaporkan bahwa pada kenyataannya massa batuan itu dapat digali dengan cara hanya menggoyang bongka-bongkah batuan dari induknya yang akhir jatuh bebas.

b. Kriteria Penggalian Menurut Indeks Kekuatan Batuan

Franklin dkk (1971) mengusulkan klasifikasi massa batuan menurut dua parameter, yaitu Fracture Index dan Point Load Index (PLI). Fracture Index dipakai sebagai ukuran karakteristik diskontinuiti dan didefinisikan sebagai jarak rata-rata fraktur dalam sepanjang bor inti atau massa batuan. Kedua parameter ini digambarkan dalam satu diagram untuk menduga kemampuan suatu massa batuan dimana I_f dan I_s masing-masing menyatakan Fracture Index dan PLI.

Diagram klasifikasi dibagi kedalam tiga zona umum yaitu, penggalian bebas (free digging), penggaruan (ripping) dan peledakan (blasting). Massa batuan yang terkekarkan dan lemah masuk kedalam kategori bagian bawah kiri diagram, sedangkan massa batuan massif dan kuat di plot dibagian atas kanan. Yang pertama tentunya sangat mudah untuk digali dan yang terakhir sangat sulit digali dengan alat mekanis.

5. Klasifikasi Kemampugaruan

Klasifikasi massa batuan untuk kepentingan penggaruan yang melibatkan parameter mesin penggaru dan sifat-sifat fisik, mekanik dan dinamik massa batuan diberikan oleh Klasifikasi Kemampugaruan (rippability chart). Parameter yang dipakai dalam klasifikasi ini adalah kecepatan seismik, kekerasan batuan, tingkat pelapukan, jarak kekar, kemenerusan kekar, jarak pemisahan kekar dan orientasi kekar terhadap penggalian.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Pemodelan lereng adalah representasi alamiah lereng bukaan tambang yang akan dianalisis dengan memasukkan faktor-faktor geometri, jenis batuan, batas dan bidang diskontinuitas, sifat fisik dan mekanik batuan, tegangan insitu, pembebanan dan kondisi batas, sehingga dapat menggambarkan dan mewakili keadaan lereng bukaan tambang mendekati keadaan sebenarnya di lapangan.

Geometri model bukaan tambang meliputi kedalaman dan kemiringan lereng *overall* akan menentukan banyaknya cadangan batukapur tertambang (*mineable reserves*) dan *waste* yang harus digali, yang dikenal dengan istilah *waste-limestone ratio* atau *stripping ratio*, SR. Dalam studi geoteknik ini, pemodelan dan analisis kemantapan lereng menggunakan pemodelan numerik metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM). Batuan sedimen dianggap mempunyai perilaku mendekati elasto-plastik, sehingga pemodelan dengan menggunakan software “*elasto-plastic finite element analysis*” (Phase² version 6.0 dari Rocscience), dipercaya akan memberikan hasil yang mendekati keadaan sebenarnya di lapangan. Tahapan proses dalam pemodelan numerik dengan FEM ini, meliputi 5 tahapan, yaitu:

1. Pemodelan sistem statika
2. Pemodelan batuan dan parameter geoteknik
3. Pemodelan pembebanan dan tegangan insitu
4. Kondisi batas
5. Validasi model

Dengan data-data yang sudah diolah, input parameter geoteknik untuk analisis stabilitas lereng tambang adalah sebagai dalam Tabel 1.

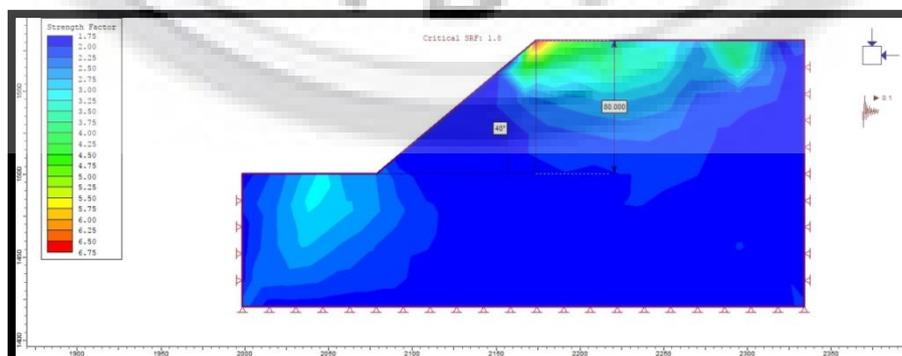
Tabel 1. Input Parameter Geoteknik Batukapur 1 dan 2

No	Parameter	Batukapur I	Batukapur II
1	Bobot Isi	21,75 kN/m ³	22,78 kN/m ³
2	Modulus Elastisitas	250.500 kPa	1.582.600 kPa
3	Poisson's Ratio	0,290	0,330
4	Kuat Tarik	282 kPa	1429 kPa
5	Sudut gesek dalam (peak)	30,57 ⁰	27,52 ⁰
6	Sudut gesek dalam (residual)	15,29 ⁰	13,76 ⁰
7	Kohesi (peak)	317 kPa	306 kPa
8	Kohesi (residual)	159 kPa	153 kPa

Analisis Kemantapan Lereng Keseluruhan

Dengan mengeksekusi atau menjalankan program FEM terhadap model lereng yang dibuat, maka akan dapat diketahui distribusi tegangan, distribusi pergerakan (*displacement*), dan distribusi faktor stabilitas atau faktor keamanan lereng (FK) dari setiap elemen (*mesh*) model. Dalam konteks analisis kemantapan lereng bukaan tambang, distribusi faktor keamanan, FK digunakan sebagai indikator untuk menentukan stabil-tidaknya lereng bukaan tambang yang dianalisis. Secara teoritis, setiap elemen di dalam model lereng dikatakan stabil jika *strength to stress ratio* atau FK pada elemen tersebut lebih besar daripada satu ($FK > 1,0$). Dapat juga dikatakan bahwa, faktor keamanan adalah angka yang menggambarkan besarnya nilai kekuatan dibandingkan dengan nilai tegangan yang bekerja pada setiap elemen model, sesuai dengan kriteria keruntuhan (*failure criteria*) yang digunakan. Analisis kemantapan lereng dalam studi ini, menggunakan software Phase² 6.0. Penentuan stabilitas lereng menggunakan “metode reduksi kekuatan gesek batuan” atau “*shear strength reduction method* (SSR method), yang secara otomatis dapat menghitung nilai SRF (*strength reduction factor*) kritis dari suatu model. SRF kritis (*critical SRF*) adalah ekuivalen dengan nilai SF (*safety factor*) pada metode analisis umumnya.

1. Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan Quarry BatuGamping 1
 - a. Elevasi lantai tambang : +90 mdpl
 - b. Ketinggian lereng keseluruhan : 80 m
 - c. Kemiringan lereng keseluruhan : 40⁰
 - d. Faktor keamanan lereng (FK) : 1,80



Gambar 1. Output Model Lereng Keseluruhan Quarry BatuGamping Mat.1

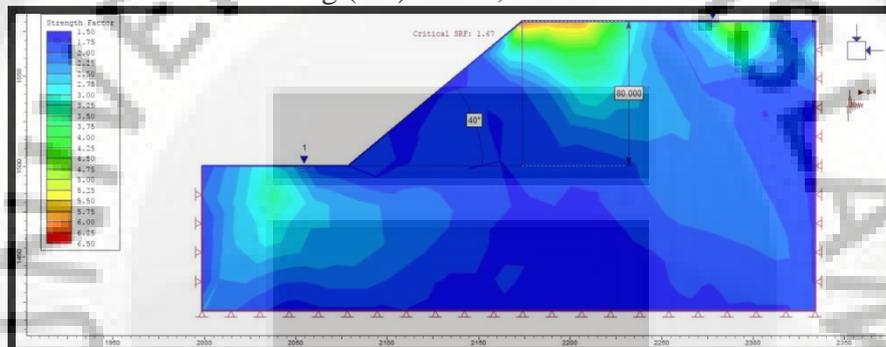
$$(\alpha = 40^0, H=80 \text{ m}, FK=1,80)$$

Tabel 2. Rekapitulasi FK Lereng Keseluruhan Material I

Slope	Ketinggian		
	80 m	70 m	60 m
40°	1,80	2,03	2,67
50°	1,52	1,76	2,02
60°	1,26	1,64	1,66

2. Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan Quarry BatuGamping 2

- a. Elevasi lantai tambang : +90 mdpl
- b. Ketinggian lereng keseluruhan : 80 m
- c. Kemiringan lereng keseluruhan : 40°
- d. Faktor keamanan lereng (FK) : 1,67



Gambar 2. Output Model Lereng Keseluruhan Batukapur Mat.2

($\alpha = 40^\circ$, H=80 m, FK=1,67)

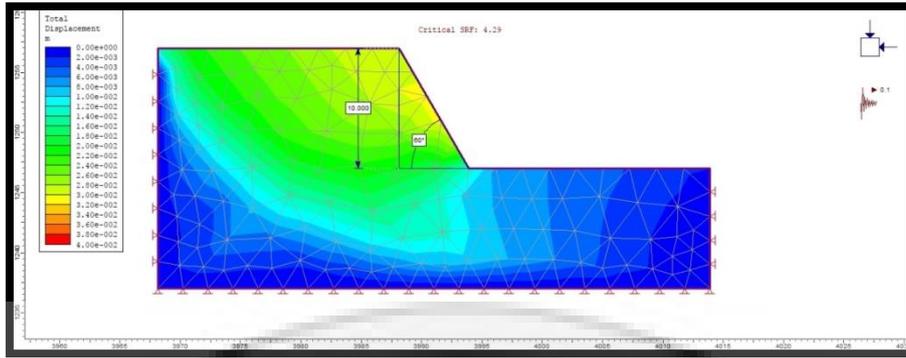
Tabel 3. Rekapitulasi FK Lereng Keseluruhan Material II

Slope	Ketinggian		
	80 m	70 m	60 m
40°	1,67	1,83	2,37
50°	1,34	1,6	1,88
60°	1,14	1,44	1,53

Analisis Stabilitas Lereng Tunggal

Simulasi analisis stabilitas lereng tunggal dilakukan dengan variabel :

- 1. Jenis batuan (batukapur 1 dan batukapur 2)
- 2. Tinggi lereng tunggal (10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m)
- 3. Kemiringan lereng tunggal (60°, 65°, 70°, 75° dan 80°)



Gambar 3. Output Model Lereng Tunggal Batukapur Mat.I

($\alpha = 60^\circ$, H=10 m, FK=4,29)

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan SF Lereng Tunggal Batukapur

Slope	Slope Angel	Height (m)	SF		Remarks
			IP 1	IP 2	
Single	60	10	4,29	6,62	
		15	3,10	4,91	
		20	2,53	4,02	
		25	2,17	3,43	
		30	1,96	3,07	
Single	65	10	4,10	6,49	
		15	2,99	4,79	
		20	2,43	3,74	
		25	2,00	3,03	
		30	1,78	2,68	
Single	70	10	4,01	6,20	
		15	2,93	4,45	
		20	2,31	3,55	
		25	1,97	2,92	
		30	1,75	2,52	
Single	75	10	3,98	6,16	
		15	2,98	4,39	

		20	2,30	3,68	
		25	2,00	3,13	
		30	1,95	3,06	
Single	80	10	3,96	6,19	
		20	2,91	4,31	
		30	2,24	3,57	
		40	1,85	3,10	
		50	1,74	2,79	

Analisis Kemantapan Lereng Tanah Timbunan

Analisis kemantapan lereng untuk tanah timbunan dilakukan dengan prinsip metode keseimbangan batas dengan bantuan program "SLIDE". Perhitungan tinggi dan sudut lereng untuk material timbunan dilakukan sama halnya dengan lereng penambangan. Lereng keseluruhan disimulasikan dengan sudut 20° , 25° , dan 30° dengan ketinggian bervariasi dari 10 sampai dengan 50 m. Berdasarkan jenis materialnya, maka bahan yang akan membentuk timbunan terdiri dari dua jenis material, yaitu lapisan tanah (*soil*), dan batukapur lapuk. Dari segi jumlah, batukapur lapuk mempunyai jumlah paling banyak (dominan), sedangkan lapisan tanah mempunyai jumlah yang sedikit. Dengan demikian pengambilan keputusan kurva FK didasarkan atas kombinasi material campuran. Salah satu input parameter yang dibutuhkan untuk menganalisis stabilitas lereng timbunan, adalah bobot isi (*unit weight*), yaitu perbandingan antara berat batuan dalam (N, KN, MN), dengan volume batuan, dalam (m^3). Bobot isi diperoleh dengan mengalikan densitas dan percepatan gravitasi, $9,81 \text{ m/det}^2$.

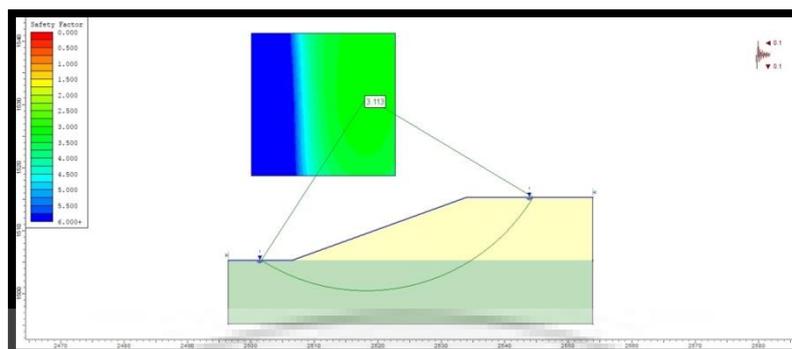
Perhitungan Bobot Isi Tanah Timbunan :

1. *Density* material asli = $2,0 \text{ gr/cm}^3$. *Swell Factor* = 80%
2. *Density* material timbunan = $2,0 \text{ gr/cm}^3 \times 80\% = 1,6 \text{ gr/cm}^3 = 1600 \text{ kg/m}^3$
3. Bobot isi material timbunan = $1600 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/dt}^2 = 15.696 \text{ N/m}^3 = 15,7 \text{ kN/m}^3$

Parameter kekuatan tanah timbunan yang terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser-dalam (ϕ) dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan grafik hubungan antara densitas dan sudut geser-dalam material timbunan.

Hasil perhitungan parameter geoteknik untuk tanah timbunan di daerah penelitian adalah :

1. Bobot isi (*unit weight*) = $15,7 \text{ kN/m}^3$
2. Kohesi (*cohesion*) = 10 kPa
3. Sudut geser-dalam = 22°



Gambar 4. Output Model Lereng Timbunan ($\alpha=20^0$, H=10m, FK=3,11)

Tabel 5. Rekapitulasi FK Lereng Timbunan

Tinggi Lereng (m)	Sudut Kemiringan Lereng Timbunan ($^{\circ}$)		
	20	25	30
10	3,11	2,69	2,38
20	1,84	1,62	1,44
30	1,55	1,39	1,26
40	1,37	1,22	1,06
50	1,25	1,09	0,96

Analisis Kemampuan Galian

Untuk menentukan kemampuan-galian atau mudah-tidaknya suatu material untuk digali menggunakan alat gali mekanis, umumnya dilakukan dengan metode pendekatan menggunakan parameter ;

- a. Kekuatan batuan, yang mengacu pada *Unconfined Compression Strength* (UCS)
- b. Korelasi antara nilai *Point Load Strength Index* batuan versus spasi bidang diskontinuitas (joint spacing), yang menginterpretasikan kekompakan massa batuan

1. Analisis Kemampuan-Galian Berdasarkan *Unconfined Compression Strength* (UCS)

Kekuatan batuan di daerah rencana penambangan berdasarkan hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa, nilai UCS berkisar antara 0,28 – 21,93 MPa. Tabel 6 di bawah ini adalah katagori kemampuan-galian batuan berdasarkan Index Kekuatan Batuan, menurut Franklin dkk., 1971, dapat digunakan sebagai acuan.

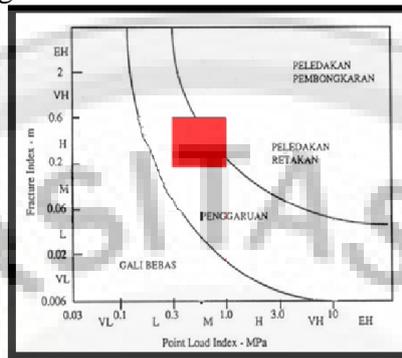
Tabel 6. Klasifikasi Kemampuan-Galian Berdasarkan *Unconfined Compression Strength*

UCS (MPa)	Kategori Kemampugalian
< 2	Penggalian langsung (direct loading)
2 – 10	Penggaruan (<i>ripping</i>)
10 – 20	Penggaruan dan pemotongan (<i>ripping and cutting</i>)
20 – 30	Peledakan sedang (<i>Medium Blasting</i>)
> 30	Peledakan berat (<i>Heavy Blasting</i>)

Menurut tabel tersebut di atas, massa batuan di penambangan batupapur Songgom ini dapat dinyatakan berada dalam katagori antara Penggaruan – Peledakan sedang (*Ripping – Medium Blasting*).

2. Analisis Kemampuan-Galian Berdasarkan PLSI dan *Joint Spacing*

Hasil uji PLSI (*Point Load Strength Index*) terhadap sampel batuan di Lapangan menunjukkan angka berkisar antara 0.3 – 1.0 MPa. Dari data deskripsi geoteknik terhadap inti bor (*core*), dan pemetaan geoteknik di permukaan diperoleh data bahwa *Joint spacing* massa batuan berkisar antara 0,20 m – 0,60 m. Analisis kemampuan-galian massa batuan dapat dilakukan dengan mengkorelasikan antara nilai *Point Load Strength Index* batuan dan spasi bidang pecah (*Fracture Index*) massa batuan, dan hasilnya sebagai ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Hasil Analisis Kemampuan-Galian Batuan

Berdasarkan analisis tersebut, disimpulkan bahwa batuan massa batuan di daerah rencana penambangan masuk dalam katagori Penggaruan – Peledakan sedang (*Ripping – Medium Blasting*) (daerah warna merah).

D. Kesimpulan

1. Hasil simulasi analisis stabilitas lereng keseluruhan pada kedua jenis batukapur, serta mengacu pada nilai minimum yang di tetapkan $FK > 1,5$ maka untuk batukapur 1 direkomendasikan lereng dengan tinggi 70 m serta kemiringan 60° dan untuk batukapur 2 dirokemendasikan lereng dengan tinggi 60 m serta kemiringan 50° karena dilihat dari input parameter batuan dan kemampuan alat gali yang digunakan untuk menjangkau bahan tambang.
2. Hasil simulasi analisis stabilitas lereng tunggal pada kedua jenis batukapur yang telah dibuat serta mengacu pada nilai minimum yang di tetapkan $FK > 1,5$ maka dapat direkomendasikan lereng tunggal untuk batukapur 1 dengan tinggi 10 m dengan kemiringan 70° dan untuk batukapur 2 direkomendasikan lereng dengan tinggi 10 m dengan kemiringan 70° karena dilihat dari input parameter batuan dan kemampuan alat gali yang digunakan untuk menjangkau bahan tambang.
3. Hasil simulasi analisis desain lereng disposal yang telah dibuat, serta mengacu pada nilai minimum yang di tetapkan $FK > 1,5$ dengan menggunakan “*Slide*” maka dapat direkomendasikan lereng dengan tinggi 30 m serta kemiringan 20° lereng inilah yang akan dianalisis stabilitasnya untuk kepentingan slope stability.
4. Hasil analisis kemampuan galian yang di lakukan dengan metode parameter Unconfined Compression Strength (UCS) hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai UCS berkisar antara 0,28 – 21,93 MPa, maka pembongkaran massa batuan pada penambangan batukapur di Songgom dapat dinyatakan berada dalam kategori antara penggaruan – peledakan sedang (*Ripping – Medium Blasting*). Sedangkan analisis yang di lakukan dengan metode parameter *Point Load Strength Index* dan *Joint spacing*, untuk PLSI hasil uji lapangan menunjukkan angka berkisar antara 0,3 – 1,0 MPa dan untuk *Joint Spacing* massa batuan berkisar antara 0,20 m – 0,60 m, pembongkaran massa batuan pada penambangan

batukapur di Songgom dapat dinyatakan berada dalam kategori antara penggaruan – peledakan sedang (Ripping – Medium Blasting).

Daftar Pustaka

- Anonim, 2008, Diktat Penuntun Praktikum Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Petambangan Universitas Islam Bandung.
- Bieniawski, Z.T. 1984. “*Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*”, A. A. Balkerna, Rotterdam
- Bieniawski, Z.T. 1989. “*Engineering Rock Mass Classifications*”. New York: Wiley.
- Hoek, E.& J. W. Bray, 1981. “*Rock Slope Engineering*”, Revised Third Edition, The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Maryanto, 2008., “*Geoteknik Tambang*”. Diktat Perkuliahan, Universitas Islam Bandung.
- Maryanto. 2010. “*Pengantar Perencanaan Tambang*”. Universitas Islam Bandung., Bandung.

