

ANALISIS GEOTEKNIK DALAM PERENCANAAN KESTABILAN LERENG PADA OPERASI PENAMBANGAN BATU KAPUR DI PT. SBV – SUMATERA SELATAN

Ceni Febi Kurnia Sari

Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju, Amban - Manokwari
Telp.082262000540. Email: ceniey15@gmail.com

Abstrak

Analisis geoteknik diperlukan untuk menentukan desain geometri lereng tambang yang mencakup tinggi dan sudut lereng yang dianggap aman. Secara umum geometri lereng dinding bukaan tambang pasir terbagi dalam dua kategori, yakni lereng kese-luruhan atau total (overall slope) dan lereng jenjang atau individu (bench individual slope). Selain menghitung dimensi kedua jenis lereng juga disertakan perhitungan terhadap lereng timbunan (dumping area). Analisis dan perhitungan kemandapan lereng dilakukan pada setiap lokasi titik pemboran yang mewakili daerah sekitarnya dan dibatasi sampai kedalaman maksimum dari se-tiap lubang bor. Untuk memperoleh geometri lereng total dan jenjang tambang yang aman diperlukan analisis perhitungan kemandapan lereng (slope stability) secara empirik. Dengan kata lain, analisis kemandapan lereng diperlukan untuk menentukan suatu bangunan lereng agar cukup stabil sehingga tidak berbahaya untuk keselamatan dan kehidupan. Hal yang terkait secara langsung dengan kemandapan lereng adalah menentukan nilai faktor keamanan (Safety Factor). Faktor Keamanan (FK) adalah nilai empirik yang diperoleh dari gaya penahan dibagi oleh gaya pendorong. Dimana gaya pendorong maupun gaya penahan yang bekerja pada sebuah lereng, setidaknya dipengaruhi oleh 2 (dua) faktor utama yang saling berkaitan, yaitu faktor da-lam (internal) dan faktor luar (eksternal).

Kata kunci: Desain Geometri, Faktor Keamanan, Geoteknik, Kemandapan Lereng.

Abstract

Geotechnics analysis is required to determine the geometric design of the mine's slope stability, including the height and angle of the slope that is considered safe. In general, the slope opening sand mine geometry is divided into two categories; overall slope and bench individual slope. Aside from calculating the dimension of both slopes, the slope of dumping area is also being calculated. Analysis and calculation of the slope stability is done at each drill-ing point location that represents the surrounding area and limited to maximum depth from each drilling point. Empirical analysis on calculating slope stability is needed to obtain safe overall slope and bench slope. In other words, slope stability analysis is needed to determine a slope to be stable enough to not endangering safety and wellbeing. Another directly related aspect to slope stability is to determine the Safety Factor. Safety Factor (SF) is an empirical value obtained from the restraining force divided by the driving force. The restraining force and the driving force acting on a slope are at least 2 (two) interrelated main factors, namely internal and external factors.

Keywords: Geometric Design, Safety Factor, Geotechnics, Slope Stability.

1. PENDAHULUAN

PT. SBV secara administrasi terletak di Kabupaten Ogan Komering Ulu terletak antara 103 40' sampai dengan 104 33' Bujur Timur dan antara 3 45' sampai dengan 4 55' Lintang Selatan. Kabupaten Ogan Komering Ulu terdiri dari 13 Kecamatan. Lokasi IUP Eksplorasi PT. SBV ini termasuk ke dalam Kecamatan Baturaja Barat. Lokasi IUP Eksplorasi PT. SBV terdapat di Kecamatan Baturaja Barat. Dimana secara sektoral PT. SBV ini salah satu kegiatannya adalah melaksanakan kegiatan operasi penambangan sebagai penyedia batu kapur tentunya sebelum melakukan kegiatan operasi penambangan batu kapur ini perlu melakukan penyelidikan geoteknik untuk *safety factor* di

kegiatan operasi penambangan batu kapur ini sendiri. Pada bidang pertambangan, khususnya tambang terbuka selalu terlibat dengan masalah lereng yang buatan maupun yang asli atau alami. Lereng selalu menjadi bagian dari kegiatan penambangan terbuka. Penyelidikan geoteknik untuk mendukung kegiatan operasional penambangan batu kapur dengan sistem penambangan terbuka (*quarry*) bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai kemiringan lereng galian yang dapat meminimalkan timbulnya long-soran dari dinding galian. Penyelidikan geoteknik terhadap kemandapan lereng untuk operasi produksi PT. SBV diawali dengan mempelajari dan mengamati daerah dan lokasi penelitian seperti relief muka bumi, topografi dan morfologi. Hal ini berguna untuk

mendiskripsikan lereng yang ada dan lereng yang dibentuk, sehingga diketahui jumlah pengupasan tanah penutup dan batu kapur nantinya. Secara umum topografi daerah penelitian mempunyai lereng 15° - 50° (agak curam-curam), kemudian morfologi yang dijumpai adalah perbukitan. Selanjutnya dilakukan kajian dan diskripsi batuan daerah penelitian. Batuan yang dijumpai adalah batu lempung, tufa dan dominan batu kapur. Batu lempung dan tufa terdapat pada lapisan atas kemudian disusul dengan batu kapur dibagian bawahnya, sehingga dapat dikatakan bahwa lapisan penutup batu gamping adalah batuan lunak. Hal ini akan mempermudah proses pengupasan tanah penutup dalam aktivitas penambangan. Kegiatan berikutnya adalah pengambilan percontohan core dimana dari hasil pemboran inti yang telah dilakukan oleh PT. SBV sebanyak 25 titik akan diambil 5 titik untuk diuji dilaboratorium guna memperoleh sifat fisik dan mekanik batuan. Pengujian percontohan dilaksanakan oleh laboratorium geomekanika. Data-data properties batuan yang tersebut di atas digunakan sebagai parameter data masukan untuk perhitungan faktor keamanan (FK).

Menurut batasan, lereng adalah bagian permukaan bumi yang miring pada bidang yang horizontal. Pada bidang pertambangan, khususnya tambang terbuka selalu terlibat dengan masalah lereng baik yang buatan maupun yang asli atau alami. Lereng selalu menjadi bagian dari kegiatan penambangan terbuka.

Penyelidikan geoteknik untuk mendukung kegiatan operasional penambangan batu kapur dengan sistem penambangan terbuka (*quarry*) bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai kemiringan lereng galian yang dapat meminimalkan timbulnya longsoran dari dinding galian.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode survei, pemetaan serta merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian meliputi tahap perencanaan dimana pada tahap ini dilakukan studi pustaka dengan mencari studi literatur yang berkaitan dengan analisis geoteknik serta artikel-artikel atau jurnal-jurnal yang mendukung pada analisis geoteknik pada rencana kegiatan operasi penambangan batu kapur yang akan dilakukan oleh PT. SBV – Sumatera Selatan. Penelitian deskriptif kuantitatif ini merupakan penelitian yang bertujuan menjelaskan fenomena yang ada dengan menggunakan angka-angka untuk mencadarkan karakteristik suatu kelompok atau individu (Syamsudin dan Damayanti: 2011). Penelitian ini menilai sifat dari kondisi-kondisi yang tampak. Tujuan dalam penelitian ini dibatasi untuk menggambarkan karakteristik sesuatu sebagaimana

adanya. Uraikan metode penelitian yang digunakan dengan ringkas. Jika terdapat metode yang tidak umum digunakan, uraikan dengan rinci. Prosedur yang digunakan dalam penelitian dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir, gambar atau diagram lain yang menunjang. Pada penelitian ini juga dilakukan survei dan pemetaan. Survei eksplorasi langsung serta peta dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah peta topografi dengan skala 1 : 25.000.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perhitungan Kemantapan Lereng

Untuk memperoleh geometri lereng total dan jenjang tambang yang aman diperlukan analisis perhitungan kemantapan lereng (*slope stability*) secara empirik. Dengan kata lain, analisis kemantapan lereng diperlukan untuk menentukan suatu bangunan lereng agar cukup stabil sehingga tidak berbahaya untuk keselamatan dan kehidupan. Hal yang terkait secara langsung dengan kemantapan lereng adalah menentukan nilai faktor keamanan (*safety factor*). Faktor Keamanan (FK) adalah nilai empirik yang diperoleh dari gaya penahan dibagi oleh gaya pendorong.

Persamaan yang menyatakan faktor keamanan (*safety factor*) atau FK adalah sebagai berikut ini:

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Pendorong}}$$

Selanjutnya nilai faktor keamanan (Bowles,1981) dinyatakan sebagai berikut:

- $FK < 1,0$: Lereng longsor
- $FK 1,0 - 1,2$: Lereng kondisi kritis
- $FK > 1,2$: Lereng dianggap aman (stabil)

Gaya pendorong maupun gaya penahan yang bekerja pada sebuah lereng, setidaknya dipengaruhi oleh 2 (dua) faktor utama yang saling berkaitan, yaitu faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam (internal) adalah gaya-gaya yang bekerja pada lereng tersebut, yaitu gaya pendorong dan gaya penahan. Besaran atau nilai gaya-gaya tersebut di atas, dalam aspek keteknikan dinyatakan sebagai nilai sifat fisik dan mekaniknya, seperti berat isi (*density*), sudut geser dalam (internal friction angle) dan kohesi dari setiap lapisan sub struktur yang menyusun lereng tersebut. Faktor luar (*eksternal*) adalah faktor yang dipengaruhi kondisi fisik, seperti; dimensi tambang (sudut dan tinggi lereng), kondisi geologi (struktur, kemiringan lapisan, kegempaan), kondisi hidrologi (pengaruh tekanan air atau *hydrostatic pressure* dan banjir), dan getaran yang disebabkan aktivitas atau kegiatan penambangan seperti penggunaan alat-alat berat.

Parameter untuk Analisis Kemantapan Lereng

Adapun parameter yang diperlukan untuk menghitung analisis kemantapan lereng adalah:

- Sifat fisik, khususnya berat isi (*bulk and dry density*), dinyatakan dengan γ dan γ_{sat} ;
- Sifat mekanik, yaitu kohesi dan sudut geser dalam, dinyatakan dengan c dan ϕ ;
- Tekanan pori atau tekanan hidrostatis; dan
- Percepatan atau akselerasi getaran (gempa, peledakan atau pergerakan alat-alat berat).

Nilai parameter yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium dari hasil pemboran (kohesi dan sudut geser dalam masing-masing total dan efektif).

Longsor

Longsor merupakan sebuah fenomena alam yang umum terjadi akibat perubahan keseimbangan terhadap kemantapan lereng. Ditinjau dari aspek keteknikan, longsor terjadi disebabkan oleh gaya dorong yang lebih besar dari gaya penahan sehingga nilai $FK > 1$.

Secara umum terdapat 4 (empat) jenis longsor yang terjadi pada areal tambang terbuka, yaitu:

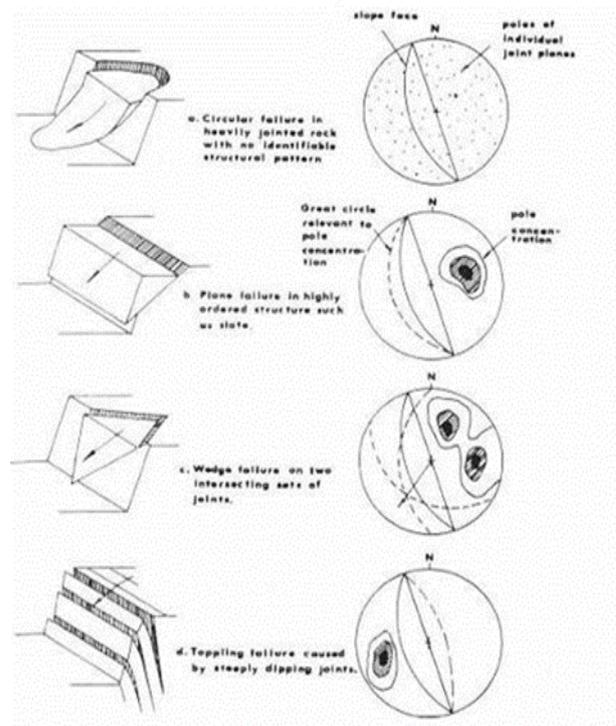
- Longsor blok atau bidang (*Plane Failure*);
- Longsor baji atau gunting (*Wedge Failure*);
- Longsor memutar atau tak memutar (*Circular/Non Circular Failure*);
- Longsor guling atau rebah (*Toppling Failure*).

Untuk menghitung analisis kemantapan lereng yang ditujukan untuk tipe longsor memutar digunakan rumus persamaan (Bishop, 1955), sebagai berikut:

$$FK = \frac{\sum \{ (c_i \cdot b_i + (W_i - \mu_i \cdot b_i) \cdot \tan \phi_i) + \frac{1}{\cos \alpha_i (1 + \tan \alpha_i) / FK} \}}{\sum W_i \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

Dimana:

- FK = Faktor Keamanan
- c = Kohesi
- b = Lebar Irisan Longsor
- W = Berat Massa (Luas x Berat Asli/Jenuh)
- α_i = Sudut Gelincir Bidang Longsor
- ϕ_i = Sudut Geser Dalam
- μ = Tekanan Hidrostatis (Berat Isi x Tinggi)



Gambar 1. Jenis longsor menurut Hock & Bray (1981)

Curah Hujan

Bln	2015 (mm/hr)	2016 (mm/hr)	2017 (mm/hr)	Maks
JAN	23,99	18,83	18,07	23,99
FEB	21,47	23,67	8,67	23,67
MAR	18,83	7,39	23,78	23,78
APR	7,46	6,14	9,11	9,11
MEI	4,72	5,46	2,45	5,46
JUNI	4,81	1,00	4,00	4,81
JULI	0,13	4,77	1,60	4,77
AGUS	0,00	0,00	0,00	0,00
SEPT	0,00	0,00	0,00	0,00
OKT	8,52	4,50	0,00	8,52
NOV	10,00	12,53	3,55	12,53
DES	12,73	12,30	8,11	12,73
MAKS	23,99	23,67	23,78	23,99
MIN	0,00	0,00	0,00	0,00
RATA	9,39	8,05	6,61	9,39
RATA				

Tabel 1. Data rata-rata curah hujan (2015-2017)

Mengingat data curah hujan cukup tinggi dan didukung hasil pengamatan mikrostruktur di lapangan, maka perhitungan analisis kemantapan lereng total diintensifkan pada jenis longsor memutar. Walaupun demikian untuk perhitungannya, masih diperlukan beberapa asumsi tambahan, yakni:

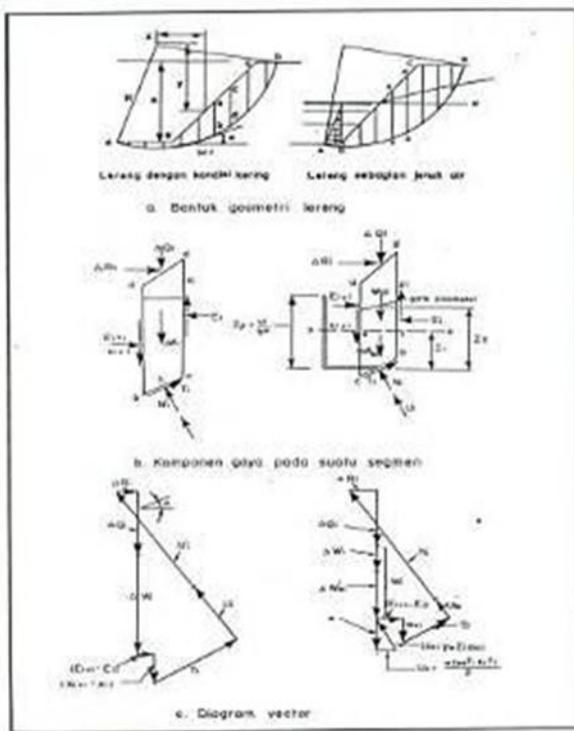
- a. Perhitungan untuk lereng total menggunakan nilai $FK > 1,3$ dengan ketinggian MAT (Muka Air Tanah), sesuai dengan hasil pengukuran. Untuk teras jenjang menggunakan nilai $FK > 1,5$ dengan kondisi dianggap jenuh dan batuan dianggap homogen.
- b. Dimensi longsoran ditentukan melalui daerah paling lemah (lapisan batu lempung) atau melalui bidang rekah yang terdeteksi.
- c. Perhitungan longsoran memutar diasumsikan; Bagian mahkota longsoran terletak pada puncak datar, yakni beberapa meter dari ujung lereng; Bagian kaki longsoran terletak pada lereng atau bagian bawah daerah datar, dihadapan lereng.

Analisis Lereng untuk Jenis Longsoran Memutar

Analisis kemantapan lereng terhadap longsoran memutar dilakukan dengan memakai 2 cara, yaitu perhitungan secara matematis dan secara grafis. Kedua perhitungan dapat digunakan sebagai pembandingan satu dengan lainnya. Untuk memperoleh tingkat keamanan paling baik, dengan nilai FK relatif sama, maka yang diambil adalah sudut lereng yang terkecil.

- a. Perhitungan secara Matematis (Bishop)

Analisis perhitungan secara matematis menggunakan rumus dari Bishop simplified methods (1955). Inti dari metode ini adalah dengan mengasumsikan bidang longsor memutar, bidang longsor dibagi menjadi beberapa segmen. Dengan demikian semakin banyak segmen yang dihitung semakin tinggi tingkat ketelitiannya.

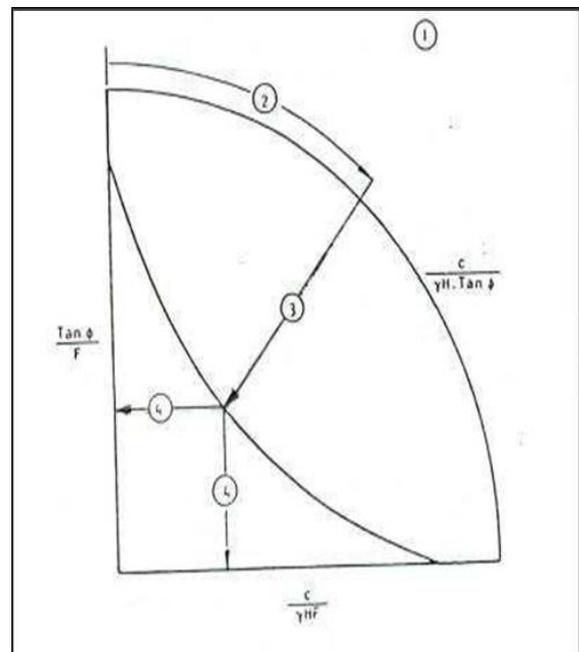


Gambar 2. Perhitungan segmen cara Bishop

- b. Perhitungan secara Grafis Hoek & Bray

Analisis kemantapan lereng secara grafis dengan menggunakan metode Hoek dan Bray dapat dilakukan lebih cepat karena menggunakan diagram/chart. Adapun cara dan langkah perhitungan dalam menggunakan diagram yang dibuat oleh Hoek and Bray, dengan langkah sebagai berikut:

- a. Tentukan kondisi air tanah untuk memperoleh ketinggian seperti pada gambar 3 yang dimaksud;
- b. Hitung harga $c/(h \tan \phi)$, kemudian masukan dalam gambar grafik vector diatas;
- c. Letakan harga (langkah 2) pada lengkung luar, tentukan harganya;
- d. Tarik garis lurus yang berawal dari titik hasil langkah 3, sehingga memotong lengkungan sudut lereng dan kemudian tentukan titik perpotongannya;
- e. Tarik garis lurus dari titik langkah 4, sehingga memotong garis tepi kiri ($\tan \phi/F$) atau garis batas bawah (c/HF); dan
- f. Hitung harga $F (=FK)$ dari persamaan $\tan \phi/F$ atau c/HF .



Gambar 3. Cara dan langkah perhitungan Hoek & Bray.

Analisis Geoteknik

Berdasarkan pada hasil kajian literatur dari hasil penyelidikan di lapangan berupa pengambilan core pendoran untuk dimasukkan ke laboratorium, maka bisa didapatkan jenjang yang direncanakan untuk kegiatan penambangan batu kapur yang akan dilaksanakan oleh PT. SBV akan

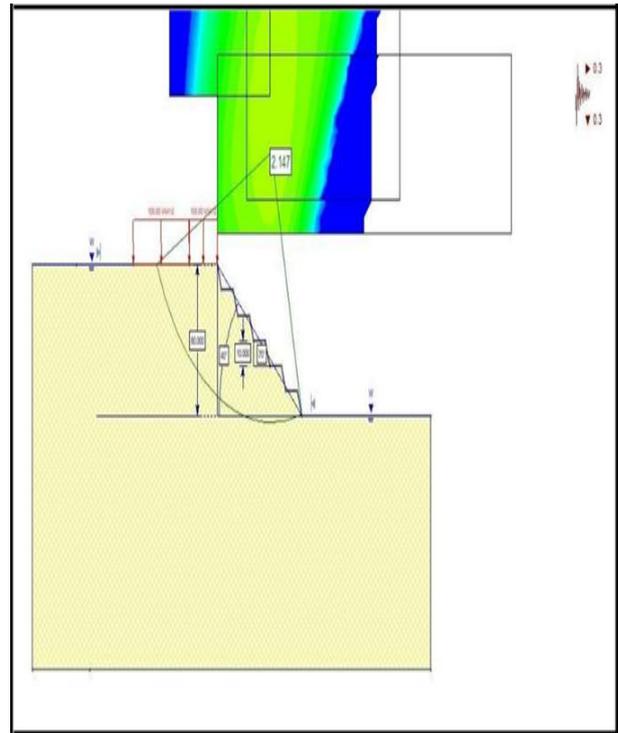
menggunakan sistem jenjang dengan kedalaman 50 sampai 60 meter dan sudut single bench pada kemiringan 40° s/d 70° serta dengan tinggi jenjang ± 7 meter.

Tabel 2. Rekapitulasi dan Rekomendasi Geoteknik Batu Kapur Single Slope

SINGLE SLOPE				
Sudut	Height	Kondisi Muka Air		
		I	II	III
50	6	10.42	10.46	10.6
	7	9.27	9.64	9.7
55	6	9.59	9.91	10
	7	8.87	9.23	9.28
60	6	9.16	9.52	9.55
	7	8.50	8.87	8.9
65	5	10.65	10.86	11.07
	6	8.87	9.2	9.23
	7	8.59	8.48	8.55
70	5	9.58	9.9	9.95
	6	8.59	8.9	8.94
	7	7.75	8.09	8.11
	10	6.18	6.49	6.57
75	5	9.45	9.72	9.78
	6	8.23	8.55	8.57
	7	7.4	7.79	7.83

Tabel 3. Rekapitulasi dan Rekomendasi Geoteknik Batu Kapur Overall Slope

REKOMEDASI GEOTEKNIK						
Overall Slope		Single Slope		Kondisi Muka Air Tanah		
Sudut	Height	Sudut	Height	I	III	V
40	82	70	10	1.77	2.02	2.23
40	71	70	10	1.94	2.26	2.39
40	60	70	10	2.14	2.37	2.60



Gambar 4. Model Rekomendasi Batugamping Overall Slope (Sudut 40°, Tinggi 60 m)

Untuk menentukan metode penggalian yang dapat digunakan untuk membongkar batu kapur di wilayah konsesi maka dapat digunakan grafik hubungan Point Load Index (Mpa) dengan Fracture Indeks-m. Kriteria Penggalian ditentukan berdasarkan Indeks kekuatan batuan yang diusulkan oleh Franklin, dkk (1971).

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 555.K/26/M.PE/1995 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Tambang, dinyatakan dalam upaya menjaga keselamatan kerja dan memelihara kestabilan lingkungan disyaratkan bahwa tinggi jenjang penambangan untuk endapan/sedimen maksimum adalah 6 meter, serta hasil kajian literatur pada penelitian analisis kestabilan lereng menggunakan alat bantu perangkat lunak terapan Rocscience Slide. Menggunakan Hoek-Brown Criterion untuk beberapa karakteristik material yang tidak ditentukan di laboratorium akan tetapi hasil penelitian pada kondisi berdasarkan keadaan di lapangan didapat data yang sangat ekstrim. Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka parameter yang digunakan untuk membuat desain penambangan diperoleh dari hasil studi geoteknik seperti diuraikan dibawah ini. Lereng keseluruhan (overall slope) didesain mengikuti geoteknik yang dibuat dengan rata-rata kondisi air dan faktor keamanan FK=2,00.

Geometri Jenjang (*Bench*)

Tinggi jenjang	6 m
Lebar <i>berm</i>	3 m
Kemiringan jenjang	70°

Geometri Lereng Akhir Tambang (*Final Pit Slope*)

Tinggi lereng keseluruhan (<i>overall</i>)	42 m
Kemiringan lereng keseluruhan (<i>overall slope</i>)	40°

Lereng Timbunan (*Dump Slopes*)

Kemiringan keseluruhan (<i>overall</i>)	24°
Tinggi jenjang	6 m
Lebar <i>berm</i>	6 m
Kemiringan jenjang	34°

Jalan Tambang (*Mine Roads*)

Lebar total	12 m
Lebar permukaan jalan	9 m
Lebar selokan	0,5 m
Gradien maksimum	8 % (AASHTO 1994)
Super elevasi	4 % (AASHTO 1994)
Turning Radius	10 m

Desain ramp

Lebar <i>pit ramp</i> operasi	10 m
Gradien <i>ramp</i>	8 %
Lebar selokan	0,5 m

4. KESIMPULAN

Penyelidikan geoteknik terhadap kemapatan lereng pada rencana kegiatan operasi produksi PT. SBV diawali dengan mempelajari dan mengamati daerah dan lokasi penelitian seperti relief muka bumi, topografi dan morfologi dimana ini berguna untuk mendiskripsikan lereng yang ada dan lereng yang dibentuk, sehingga diketahui jumlah pengupasan tanah penutup dan batu kapur nantinya. Secara umum topografi daerah penelitian mempunyai lereng 15° -50° (agak curam-curam), kemudian morfologi yang dijumpai adalah perbukitan. Selanjutnya dilakukan kajian dan diskripsi batuan daerah penelitian. Batuan yang dijumpai adalah batulempung tufa dan dominan batu kapur. Batu

lempung dan tufa terdapat pada lapisan atas penutup batu gamping adalah batuan lunak. Dari hasil pengamatan mikrostruktur di lapangan, maka perhitungan analisis kemapatan lereng total diintensifikan pada jenis longsoran memutar dan hasil penyelidikan di lapangan berupa pengambilan core pemboran untuk dimasukkan ke laboratorium, maka bisa didapatkan jenjang yang direncanakan untuk kegiatan penambangan batukapur yang akan dilaksanakan oleh PT. SBV akan menggunakan sistem jenjang dengan kedalaman 50 sampai 60 meter dan sudut single bench pada kemiringan 40° s/d 70° serta dengan tinggi jenjang ± 7 meter dengan lereng keseluruhan (*overall slope*) didesain mengikuti geoteknik yang dibuat dengan rata-rata kondisi air dan faktor keamanan $FK=2,00$.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2017. *Sumatera Selatan dalam Angka*.
- Djauhari Noor, 2009. *Pengantar Geologi*, CV. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Das, B.M., 1995. *Mekanika Tanah Jilid II*. Erlangga, Jakarta.
- Rai, M.A., Kramadibrata, S., dan Wattimena, R.K. 2015. *Mekanika Batuan*. Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang ITB, ITB – Bandung.
- Sugiyanto, 2003. *Tinjauan Aspek Geologi Teknik untuk Menunjang Rencana Pembangunan Pelabuhan Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan*. Buletin Geologi Tata Lingkungan, Vol. 13 No.2.
- Sulistiyana, W., dan Zulkarnaen. 2013. *Perancangan Penambangan Batugamping untuk Pabrik Semen di Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah*. Prosiding TPT XXII PERHAPI, p. 167 -173.
- Wesley, L.D., 2010. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Andi. Yogyakarta.
- Widiarso, D.A., Kusuma, I.A., dan Putro F.A., 2017, *Penentuan Potensi Sumberdaya Batu Gamping sebagai Bahan Baku Semen Daerah Gandu dan Sekitarnya, Kecamatan Bogorejo, Kabupaten Blora, Jawa Tengah*. Jurnal Teknik Universitas Diponegoro Vol.2, P.92-98, Doi: 10.14710/Teknik.v38n2.13213.
- Yoszi Mingsi Anaperta, Eko Irwan, 2019, *Analisis Kestabilan Lereng di Bukit Tui Kecamatan Padang Panjang Barat Kota Padang Panjang*, Jurnal Invotek, Vol.19 No.2., <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i2.597>