

Analisis Kestabilan Lereng Tunggal Menggunakan Metode *Fellenius* dan *Slide v.6.0* serta Lereng Keseluruhan dengan *GeoStudio 2012* pada Pit I Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim – Sumatera Selatan

(Single Slope Stability Analysis using Fellenius Method and Slide v.6.0 and Overall Slope Stability with GeoStudio 2012 at Pit I Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim –South Sumatera)

Devito Wirasto Simanjuntak¹, Ferra Fahriani², Anisa Indriawati²

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

²Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bangka Belitung

Abstract

Slopes are a topography that is often found in opened pit mine that had been made by humans with the purpose of exploiting minerals that exist. Landslides can occur on any slopes that is formed due to the increase of shear stress, shear strength declining in the field of landslides or both simultaneously. Slope stability analysis performed to obtain the value of the safety factor of the field of potential landslides. The study conducted at a coal mine Pit 1 Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk by comparing the value of a single slope safety factor Fellenius with manual method to Slide v.6.0 software and the overall slope safety factor with software GeoStudio 2012. From the analysis performed on a single slope 1 to 9, safety factor values obtained below 1.25 for single slopes 1 and single slope 2 to 9 above 1.25. Of the value of the safety factor is obtained, a single slope 1 in critical condition and the single slopes 2 to 9 in stable condition. While the overall slope stability analysis using GeoStudio 2012 program obtained average value of the safety factor - average is 4.57 so the slope can be declared in a stable condition. Then there are efforts to increase the safety factor (FK) of single slopes by changing a single slope geometry previously at an angle of 55 ° to 47 ° in order to obtain the condition of the slopes in a stable condition.

Keywords: Slope Stability, Safety Factor, Slide v.6.0, GeoStudio 2012

1. Pendahuluan

Pada saat ini, PT Bukit Asam (Persero) Tbk melakukan operasi penambangan dengan metode tambang terbuka (open pit). Bertambahnya kedalaman akan merubah dimensi lereng baik pada panjang bidang gelincir, tinggi lereng maupun sudut lereng.

Selain itu kegiatan penggalian menyebabkan perubahan tegangan pada tanah yang menyebabkan terjadinya deformasi yang diikuti perubahan kestabilan pada lereng. Analisis stabilitas lereng mempunyai peranan yang sangat penting pada perencanaan operasi penambangan khususnya pada penelitian ini pada penambangan batubara. Ukuran kestabilan lereng diketahui dengan menghitung besarnya faktor keamanan.

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, maka dilakukan penelitian yang berjudul Analisis Kestabilan Lereng untuk melihat kondisi kestabilan lereng akibat aktivitas penambangan di daerah tersebut.

Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian ini terletak di lokasi penambangan Pit I Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk Kecamatan Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. (Gambar 1).

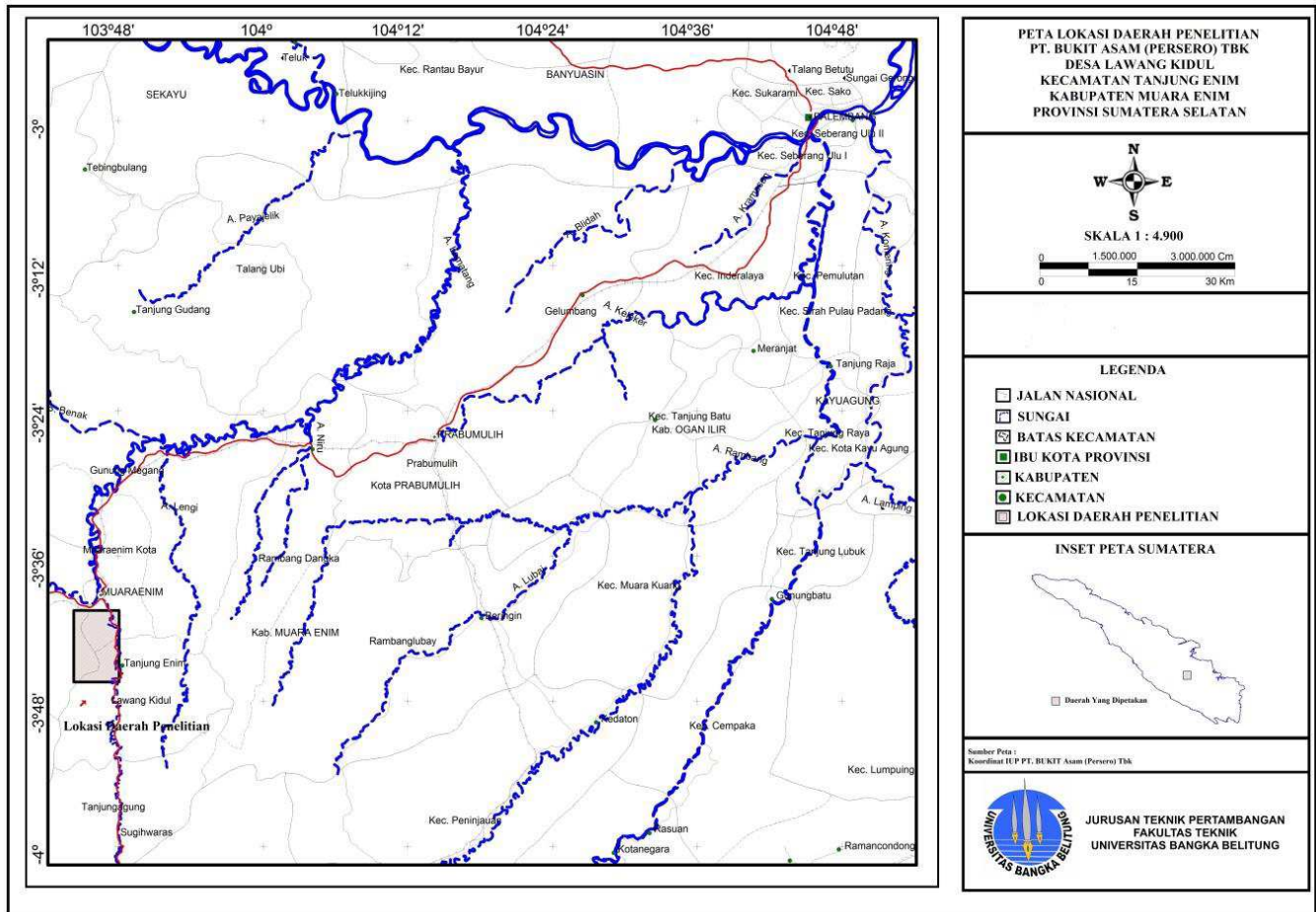
Tinjauan Pustaka

Geologi Regional

Pembagian fisiografi Sumatera bagian selatan menurut Asikin, 1989, dapat menjadi empat bagian, yaitu :

1. Cekungan Sumatera Selatan
2. Bukit Barisan dan Tinggian Lampung
3. Cekungan Bengkulu
4. Rangkaian kepulauan disebelah barat

*Korespondensi Penulis: (Devito Wirasto Simanjuntak) Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Bangka
Email: devitosimanjuntak@gmail.com
HP: +6281269497271



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Daerah penelitian secara regional berada di Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan Sumatera Selatan membentang dari Tinggian Asahan di barat laut sampai ke Tinggian Lampung di sebelah tenggara (Bishop, 2000). Cekungan Sumatera Selatan terbagi dalam empat sub cekungan, yaitu Sub Cekungan Palembang, Sub Cekungan Lematang, Sub Cekungan Jambi dan Sub Cekungan Merang (Pulunggono, 1983).

Sub – sub cekungan tersebut dipisahkan oleh tinggian-tinggian antiklinoria, yaitu Antiklinorium Palembang, Antiklinorium Pendopo dan Antiklinorium Muara Enim yang mempunyai arah umum kelurusan punggungan timurlaut – baratdaya (NE–SW) (Koesoemadinata, 1976).

Area tambang batubara Bukit Asam berada pada Cekungan Sumatera Selatan merupakan salah satu cekungan penghasil bahan bakar fosil terpenting di Indonesia. (Koesomadinata, 1976).

Pada akhir Tersier sampai Kuartar, kegiatan tektonik berlanjut dan menyebabkan batuan sedimen yang berada di Sumatera terangkat, tersesarkan dan terlipat. Pada kala itu, terbentuklah Antiklinorium Muara Enim (Tim Geologi PT.BA, 2008).

Geologi Daerah Banko Barat

Menurut Koesoemadinata (1969), potensi batubara di daerah Banko Barat terdapat pada Formasi Muara Enim. Lapisan batubara pada Formasi Muara Enim dibagi menjadi empat sub-bagian, yang diberi nama (dari bawah ke atas) M1, M2, M3, dan M4. Unit M1 merupakan lapisan yang paling bawah dari Formasi Muara Enim mengandung dua lapisan, Keladi dan Merapi. Unit M2 mengandung mayoritas dari sumberdaya batubara di Tanjung Enim. Stratigrafi Unit M2 (dari tua ke muda) adalah:

1. Lapisan Petai (C)
Lapisan Petai (C) yaitu lapisan batubara dengan ketebalan 7,0 - 14,6 m.
2. Lapisan Suban (B)
Lapisan Suban (B) yaitu lapisan batubara dengan ketebalan sekitar 17,0 m.
3. Lapisan Mangus Lower (A2)
Lapisan ini merupakan lapisan batubara dengan ketebalan sekitar 9,8 - 14,7 m.
4. Lapisan Mangus Upper (A1)
Lapisan ini merupakan lapisan batubara dengan ketebalan sekitar 5,0 - 13,25 m.

Jenis – Jenis Longsoran

Longsoran pada batuan dibedakan menjadi 4 (Hoek and Bray, 1981) yaitu, longsoran bidang, guling, baji dan busur. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng menurut Crude dan Varnes (1978) meliputi penyebaran batuan, morfologi daerah, struktur geologi, iklim, hasil kerja manusia, geometri lereng, pengaruh air tanah, sifat fisik dan mekanik material.

Konsep Kestabilan Lereng

Beberapa aspek geologi yang perlu untuk diketahui antara lain : struktur geologi seperti kekar dan sesar yang berkembang di daerah penelitian, kegempaan, pelapukan, air tanah dan aktivitas gerakan tanah yang terdahulu (Irwandi, 2016). Faktor aman dapat dilihat sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan pada Persamaan 1.

$$FK = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Penggerak}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

Metode Fellenius

Metode Fellenius (Ordinary Method of Slice) diperkenalkan pertama oleh Fellenius (1927,1936) pada Persamaan 2.

$$FK = \frac{[(c'.L + \{W \cos \alpha - \mu.L\} \tan \phi')]}{W \sin \alpha} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2}$$

Keterangan:

- FK = Faktor Kemanan
- L = Bidang gelincir (m)
- C = Kohesi (kg/cm²)
- Φ = Sudut geser dalam (°)
- W = Berat tanah utuh (kN/m)
- α = Sudut yang dibentuk bidang gelincir dengan bidang horizontal(°)
- μ = Tekanan air pori (kN/m²)

Slide Rocscience v.6.0

Slide adalah perangkat lunak analisis stabilitas lereng yang paling komprehensif yang tersedia, lengkap dengan analisis elemen hingga rembesan air tanah, penarikan cepat, sensitivitas dan analisis probabilistik, dan desain dukungan (www.slide.v.6.0.com).

GeoStudio 2012

GEO-SLOPE Office adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geolingkungan. Software ini melingkupi SLOPE/ W, SEEP / W, SIGMA / W, QUAKE/ W, TEMP / W, dan CTRAN / W yang sifatnya terintegrasi

sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain (www.geostudio2012.com).

2. Metode Penelitian

Objek Penelitian

Beberapa objek penelitian dalam analisis kestabilan lereng di penambangan Pit I Banko Barat ini terdiri dari nilai kestabilan lereng tunggal, nilai kestabilan lereng keseluruhan dan upaya peningkatan kestabilan lereng. Metode penelitian ini menggunakan perhitungan nilai Faktor Keamanan (FK) lereng tunggal dengan metode *Fellenius* secara manual dan menggunakan program *Slide v.6.0* serta perhitungan nilai Faktor Keamanan (FK) lereng keseluruhan lereng dengan menggunakan program GeoStudio 2012.

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengukur geometri setiap lereng, kemudian memperoleh data geoteknik material pembentuk lereng yang meliputi nilai kohesi, *total unit weight* dan sudut geser dalam. Sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai faktor keamanan lereng secara manual maupun menggunakan software. Perhitungan Faktor Keamanan lereng keseluruhan dengan GeoStudio 2012 dilakukan dengan membuat penampang pada peta sekuen pit penambangan dengan skala 1:2000. Penampang tersebut kemudian direkonstruksi pada kertas milimeter blok untuk mendapatkan bentuk lereng dalam 2D dan elevasi yang sesuai dilapangan.

Hasil dan Pembahasan

Pengamatan Data Lapangan

Pengamatan dilapangan dilakukan dengan menggunakan beberapa alat seperti kompas geologi, pita ukur, GPS, dan alat tulis untuk pengukuran dimensi lereng. Adapun tahapan pengambilan dimensi lereng adalah dengan melakukan pengukuran koordinat, panjang sisi miring dan sudut lereng. Hasil pengukuran geometri lereng dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 2. Lereng yang akan diteliti.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Data Lapangan.

Lereng	PanjangSisi Miring (m)	SudutLereng (°)	KoordinatPuncak		KoordinatDasar		JenisLapisan
			X	Y	X	Y	
Lereng 1	14,7	55	369530	9582840	369536	9582848	Top Soil
Lereng 2	15,2	47	569552	9582860	369555	9582866	Overburden A1
Lereng 3	13	50	369571	9582879	369578	9582885	Overburden A1
Lereng 4	12,8	45	369763	9582711	369770	9582718	Interburden A1-A2
Lereng 5	18	52	369751	9583022	369766	9583017	Interburden A2-B1
Lereng 6	10	46	369769	9583014	369777	9583008	Interburden A2-B1
Lereng 7	13,8	34	369801	9583006	369813	9583009	Interburden B1-B2
Lereng 8	10	31	369844	9583006	369857	9583008	Interburden B2-C
Lereng 9	11	45	369932	9582986	369937	9582975	Interburden B2-C

Kondisi Geoteknik Pit I Banko Barat

Dari hasil penyediaan data, kajian dan rekomendasi geoteknik di lokasi tambang Banko Pit 1 maka didapatkan parameter geoteknik yang berupa sifat fisik dan mekanik batuan. Parameter geoteknik ini didapatkan dari data hasil pengujian laboratorium geoteknik. Nilai parameter ini diantaranya nilai bobot isi

tanah/batuan (γ_w) dengan satuan kN/m^3 , nilai kohesi (C) dengan satuan kPa, nilai sudut geser dalam ϕ dengan satuan derajat ($^\circ$). Nilai parameter yang diperoleh akan digunakan untuk perhitungan nilai FK secara manual dengan metode fellenius maupun dengan software Slide V.6.0.

Tabel 2. Parameter Sifat Fisik dan Mekanik Lapisan Lereng

Lapisan	Parameter Statistik	Total Unit Weight		Direct Shear + Triaxial Test			
		γ_w	γ_d	C_p	ϕ_P	C_r	ϕ_r
		kN/m ³	kN/m ³	kPa	Deg	kPa	Deg
Top Soil	Min	17,05	12,12	14,26	18,25	12,93	14,76
	Max	17,97	12,91	25,56	25,25	20,37	20,05
	Avg	17,44	12,48	21,77	21,68	17,78	17,91
	Med	17,3	12,4	25,49	21,54	20,05	18,91
Lapisan Overburden A1	Min	19,12	14,78	18,45	14,63	14,13	12,06
	Max	21,26	18,21	169	27,72	127	22,56
	Avg	20,19	16,64	66,97	21,82	51,57	17,31
	Med	20,18	16,61	58,65	22,23	43,1	17,52
Lapisan Interburden A1 - A2	Min	19,15	15,6	24,88	21,85	20,08	16,98
	Max	21,02	18,17	475	28,77	398	23,14
	Avg	20,14	17,25	230,65	24,57	170,32	19,5
	Med	20,22	17,38	245,8	24,21	137,41	18,69
Interburden A2-B1	Min	18,89	14,96	85,02	19,46	24,6	14
	Max	21,13	18,12	136,99	28,31	104,13	23,28
	Avg	19,98	16,75	102,8	23,11	52,48	17,88
	Med	20,08	16,81	94,6	22,34	31,5	15,19
Interburden B1-B2	Min	19,71	16,62	24,95	17,18	18,05	13,96
	Max	21,13	18,74	91,01	23,67	59,34	20,68
	Avg	20,31	17,54	65,34	21,37	36,71	17,23
	Med	20,31	17,36	73,45	23,24	35,99	17,48
Interburden B2-C	Min	21,03	18,29	34,88	18,8	26,49	16,48
	Max	22,1	19,9	282,64	32	109,9	26,72
	Avg	21,58	19,29	111,73	26,74	57,75	21,67
	Med	21,65	19,39	95,35	26,46	52,35	22,15

Tabel 2. menunjukkan nilai parameter laboratorium pada setiap lapisan yang meliputi Total Unit Weight (γ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Dalam penelitian ini parameter total

unit weight yang digunakan adalah parameter dengan kandungan air (γ_w), parameter kohesi yang digunakan adalah kohesi peak (C_p) dan sudut geser dalam yang digunakan adalah sudut geser dalam peak (ϕ_p).

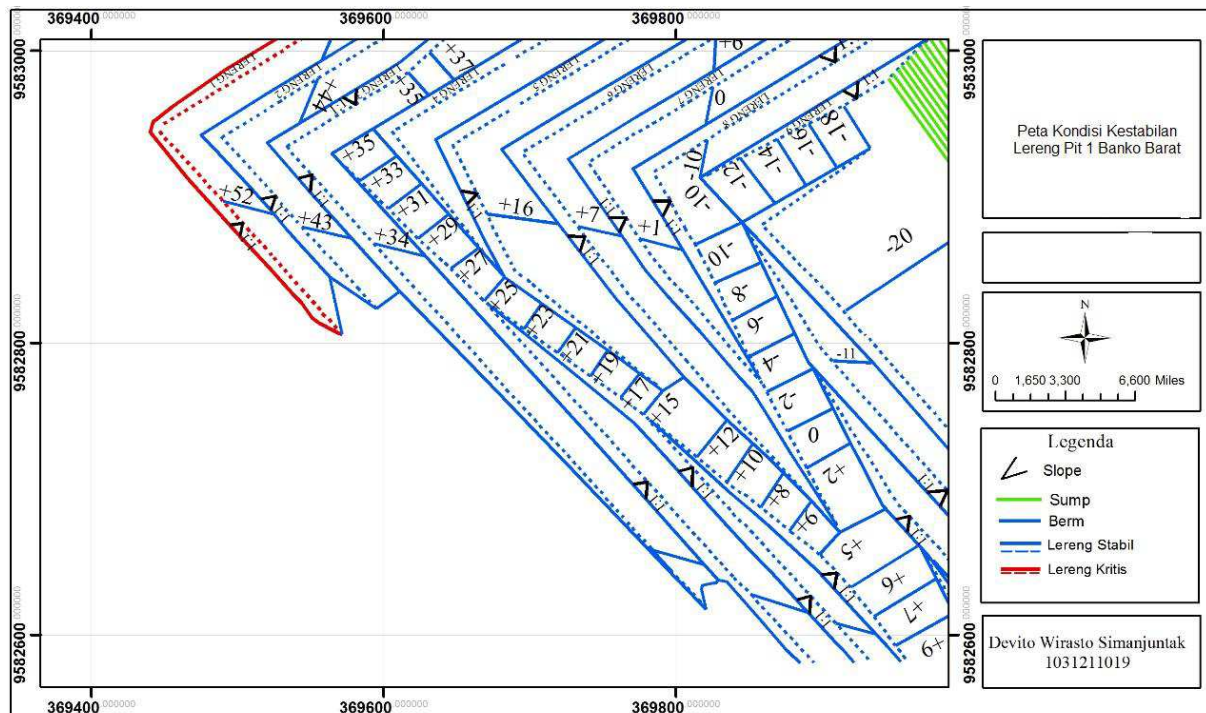
Analisis Kestabilan Lereng Tunggal

Hasil analisis nilai Faktor Keamanan (FK) setiap lereng tunggal dengan menggunakan Metode *Fellenius* dan *Slide v.6.0* dapat dilihat pada tabel 3. Perhitungan nilai Faktor Keamanan lereng secara manual maupun menggunakan software menunjukkan bahwa lereng 1 dalam keadaan kritis sedangkan lereng 2 hingga lereng 9 dalam keadaan stabil.

Hal ini disebabkan oleh sudut kemiringan lereng 1 yang lebih besar dibandingkan dengan lereng lainnya. Data geoteknik material pembentuk lereng juga berpengaruh terhadap nilai Faktor Keamanan lereng yang akan diperoleh.

Tabel 3. Nilai FK dengan Fellenius

No	Lereng	NilaiFaktorKeamanan		Kondisi
		Metode		
		<i>Fellenius</i>	<i>Slide v.6.0</i>	
1	Lereng 1	1,18	1,17	Kritis
2	Lereng 2	3,09	2,58	Stabil
3	Lereng 3	2,68	2,68	Stabil
4	Lereng 4	8,9	8,91	Stabil
5	Lereng 5	2,97	2,9	Stabil
6	Lereng 6	5,29	5,34	Stabil
7	Lereng 7	3,87	3,91	Stabil
8	Lereng 8	8,09	8,7	Stabil
9	Lereng 9	4,93	4,97	Stabil



Gambar 3. Kondisi Kestabian Lereng Tunggal

Perhitungan FK lereng keseluruhan dengan GeoStudio 2012

Kajian pada software ini bertujuan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng secara keseluruhan. Analisa Faktor Keamanan lereng keseluruhan perlu dilakukan mengingat salah satu faktor penyebab terjadinya longsor pada tambang karena adanya tekanan insitu yang merupakan akibat pembebanan dari lereng

diatasnya. Adapun cara untuk mengkaji nilai FK dengan membuat penampang pada peta sekuen pit penambangan dengan skala 1:2000. Penampang tersebut kemudian direkonstruksi pada kertas milimeter blok untuk mendapatkan bentuk lereng dalam 2D dan elevasi yang sesuai di lapangan. Bentuk lereng yang sudah ada kemudian diolah pada software geostudio 2012.

Tabel 4. Nilai Faktor Keamanan Lereng Keseluruhan dengan GeoStudio 2012

Penampang	KoordinatAwal		KoordinatAkhir		Nilai FK
	X	Y	X	Y	
Penampang A - A'	369528	9582534	369914	9582898	4,9
Penampang B - B'	369600	9582440	370000	9582800	4,42
Penampang C - C'	369790	9582400	370112	9582684	4,41

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan nilai Faktor Keamanan lereng keseluruhan menggunakan GeoStudio 2012. Secara keseluruhan lereng dalam keadaan stabil

sehingga tidak perlu dilakukan upaya penanggulangan ketidakstabilan lereng.

Upaya Peningkatan Kestabilan Lereng Tunggal

Berdasarkan hasil perhitungan faktor keamanan lereng, lereng tunggal 1 dalam keadaan kritis sehingga perlu dilakukan upaya peningkatan kestabilan lereng. Pada penelitian ini dilakukan rekayasa terhadap

geometri lereng dengan merubah sudut, tinggi dan lebar lereng. Perhitungan faktor keamanan lereng menggunakan software Slide v.6.0. Sudut yang dibentuk pada lereng tunggal 1 (Top Soil) adalah 55°, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1.17 sehingga lereng digolongkan kritis (Tabel 5).

Tabel 5. Upaya Peningkatan Kestabilan Lereng dengan Slide v.6.

No	Lapisan	Material	Kohesi	Total Unit Weight	Sudut Geser Dalam	Tinggi	Lebar	Sudut Lereng	Nilai FK	Permodelan Lereng
			Kpa	kN/m ³	°	m	m	°		
1	Top Soil	SiltyClays tone	21,77	17,44	21,68	12	8	55	1,17	Aktual
2	Top Soil	SiltyClays tone	21,77	17,44	21,68	12	11	47	1,28	Rekayasa
3	Top Soil	SiltyClays tone	21,77	17,44	21,68	12	12	45	1,33	Rekayasa
4	Top Soil	SiltyClays tone	21,77	17,44	21,68	12	13	43	1,37	Rekayasa

Setelah dilakukan rekayasa geoteknik dengan mengubah geometri lereng nilai faktor keamanan single slope yang diperoleh pada lapisan Top Soil akan tetap dalam keadaan stabil pada sudut 48°, 45° dan 43°. Kondisi lereng paling mantap berada pada sudut 43°.

3. Kesimpulan

Hasil analisis kestabilan lereng tunggal dilokasi Pit 1 Banko Barat dengan metode Fellenius dan Slide v.6.0 menunjukkan bahwa lereng tunggal 1 dalam keadaan kritis. Sedangkan lereng tunggal 2 hingga lereng 9 dalam keadaan stabil. Sedangkan hasil analisis faktor keamanan lereng keseluruhan

dengan menggunakan Software Slide v.6.0 menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil. Setelah dilakukan rekayasa geometri pada lereng tunggal 1 (Top Soil), lereng akan tetap stabil pada sudut 48°, 45° dan 43°. Kondisi lereng paling mantap berada pada sudut 43°.

Daftar Pustaka

- Asikin, Sukendar. 1989. Geologi Struktur Indonesia. Lab Geologi Dinamis – Geologi ITB. Bandung.
- Bishop, M.G., 2000, South Sumatera Basin Province, Indonesia, USGS Open-file report 99-50-S

- Crude dan Varnes, 1978, Slope Movement and Typea of Processes in Landslides, Analysis and Control Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C.
- Hoek, E. & Bray, J., 1981. Rock Slope Engineering. 3th ed. London: The Institution of Mining and Metallurgy.
- Irwandy, A., 2016. Geoteknik Tambang. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Koesoemadinata dan Pulunggono. 1969. Kerangka Sedimenter Endapan Batubara Tersier di Indonesia. Pertemuan Tahunan VI. IAGI
- Koesoemadinata, R.P., 1976. Tertiary Coal Basins of Indonesia, Prepare for 10th Annual of CCOP, Geological Survey of Indonesia.
- Pulunggono, A., 1983. Sistem Sesar Utama dan Pembentukan Cekungan Palembang. Ph.D. Thesis. ITB
- Tim Geologi PT Bukit Asam (Persero) Tbk. 2008. Laporan Pemetaan Singkapan Batubara di Daerah Bukit Asam dan Sekitarnya. Laporan Internal PT.BA. Satker Eksplorasi Rinci. Tanjung Enim
- www.geostudio2012.com, diakses pada tanggal 22 Februari 2017
- www.slide.v.6.0.com, diakses pada tanggal 22 Februari 2017