

**EVALUASI KESTABILAN LERENG TAMBANG DI PIT TAMBANG AIR LAYA
(TAL) BARAT SEKUEN JANUARI 2017 PENAMPANG C-C' PT. BUKIT ASAM
(PERSERO) TBK. TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN**

Yoszi Mingsi Anaperta¹

ABSTRACT

Slope stability problems are often encountered in open pit mining. If the slopes are unstable there will be a loom that could disrupt the mining process. In this study, the authors discussed the evaluation of slope stability in the Tambang Air Laya (TAL) for the January 2017 sequence of C-C section. To calculate the slope safety factor, the physical and mechanical properties test parameters such as content weight, cohesion and internal shear data are required. The analytical method used in evaluating slope stability is using Bishop method dan Geostudio 2012 Slope / W software.

Based on the evaluation of slope stability using Geostudio 2012 Slope / W software, the result of security factor value on the slope for the west side wall is either single slope, intermediate slope, or overall slope in safe condition that is $FK > 1,25$. Meanwhile, the value of the slope safety factor for the east side wall, the overall single slope, and the intermediate slope are in safe condition that is $FK > 1,25$ while for the value of the overall slope side wall slope factor east slope is $FK = 1,138$ then based on the reference factor value Security slopes by Bowells then the slopes are in critical condition.

The recommendation of improvement and treatment on the slopes of the east side wall so that the value of the slope east side slope side wall overall safety factor is in a safe condition it is recommended to improve the geometry design on the slope where after the improvement of the geometry design on the slope obtained the value of safety factor on the slope for the overall slope East side wall is $FK = 1,316$ so that the slope is categorized in safe condition. It is also recommended that the manufacture of paritans (water channels) to control the flow of surface water so that surface water from the top of the slope can flow smoothly and water infiltration is reduced so that the slope is not in saturated condition with ground water. From result of analysis which done with Geostudio 2012 Slope / W software that influence of ground water level to the value of safety factor on the slope is very significant to the value of safety factor on the slope where the decrease of ground water level which initially the slope is at fully saturated condition is assumed to decrease partially Saturated. The slope safety factor value obtained for the slope of the east side wall after the partially saturated ground water level reduction is $FK = 1,322$ so that the slope is in safe condition.

Keywords: *Slope Stability, Bishop Method, Geostudio 2012 Slope / W*

¹ Dosen Jurusan Teknik Tambang FT - UNP

INTISARI

Masalah kestabilan lereng sering ditemui pada tambang terbuka (*open pit mining*). Apabila lereng tidak stabil maka akan terjadi kelongsoran yang dapat mengganggu proses kegiatan penambangan. Pada penelitian ini, penulis membahas mengenai evaluasi kestabilan lereng di Tambang Air Laya (TAL) Barat untuk sekuen Januari 2017 bagian penampang C-C'. Untuk menghitung faktor keamanan lereng dibutuhkan parameter – parameter uji sifat fisik dan mekanik seperti data bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam. Metode analisis yang digunakan dalam mengevaluasi kestabilan lereng yaitu menggunakan metode Bishop dengan menggunakan *software* Geostudio 2012 Slope/W.

Berdasarkan hasil evaluasi kestabilan lereng menggunakan *software* Geostudio 2012 Slope/W, maka didapatkanlah hasil nilai faktor keamanan pada lereng untuk *side wall* barat baik itu *single slope*, *intermediate slope*, maupun *overall slope* dalam kondisi aman yaitu $FK > 1,25$. Sementara itu, nilai faktor keamanan lereng untuk *side wall* timur, keseluruhan *single slope*, dan *intermediate slope* berada dalam kondisi aman yaitu $FK > 1,25$ sedangkan untuk nilai faktor keamanan lereng *overall slope side wall* timur yaitu $FK = 1,138$ maka berdasarkan acuan ketetapan nilai faktor keamanan lereng oleh Bowells maka lereng berada dalam kondisi kritis.

Adapun rekomendasi perbaikan dan perlakuan pada lereng *side wall* timur agar nilai faktor keamanan lereng *overall slope side wall* timur berada dalam kondisi aman maka direkomendasikanlah perbaikan terhadap desain geometri pada lereng dimana setelah dilakukan perbaikan terhadap desain geometri pada lereng didapatkanlah nilai faktor keamanan pada lereng untuk *overall slope side wall* timur yaitu $FK = 1,316$ sehingga lereng dikategorikan dalam kondisi aman. Selain itu juga direkomendasikan pembuatan paritan (saluran air) untuk mengendalikan aliran air permukaan agar air permukaan dari puncak lereng dapat mengalir lancar dan infiltrasi air berkurang sehingga lereng tidak berada dalam kondisi jenuh dengan air tanah. Dari hasil analisis yang dilakukan dengan *software* Geostudio 2012 Slope/W ternyata pengaruh muka air tanah terhadap nilai faktor keamanan pada lereng sangat berpengaruh signifikan terhadap nilai faktor keamanan pada lereng dimana dilakukan penurunan muka air tanah yang awalnya lereng berada pada kondisi *fully saturated* diasumsikan mengalami penurunan *partially saturated*. Adapun nilai faktor keamanan lereng yang didapat untuk lereng *side wall* timur setelah dilakukan penurunan muka air tanah secara *partially saturated* yaitu $FK = 1,322$ sehingga lereng berada dalam kondisi aman.

Kata Kunci: Kestabilan Lereng, Metode Bishop, Geostudio 2012 Slope/W

PENDAHULUAN

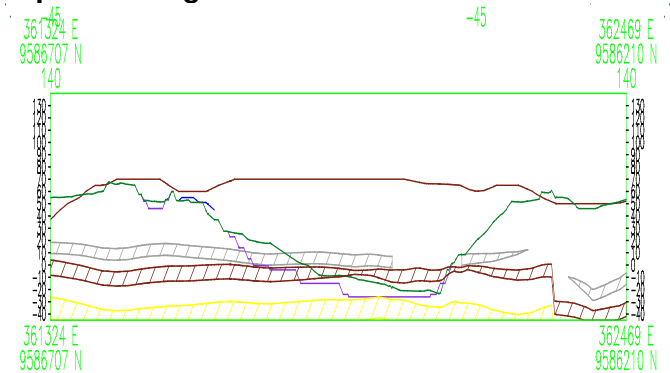
PT. Bukit Asam (Persero) Tbk merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang terletak di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Perusahaan ini memiliki daerah IUP seluas ± 40.781 Ha, meliputi Kabupaten Muara Enim dan Lahat yang terdiri dari Tambang Air Laya (TAL) dan Non Air Laya (NAL).

PT. Bukit Asam (Persero) Tbk merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang jasa pertambangan yang melakukan penambangan batubara dengan metode *open pit mining*, tentu masalah kestabilan lereng sangat banyak ditemukan pada lereng penambangan dengan *open pit mining*. Apabila lereng-lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan maupun yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan tidak stabil, maka dapat menyebabkan gangguan pada kegiatan produksi selain juga membahayakan keselamatan pekerja.

Perubahan kestabilan lereng dapat terjadi akibat pengangkatan, penurunan, penggalian, penimbunan, erosi, atau aktivitas lain di sekitar lereng tersebut. Untuk mengatasi perubahan itu, lereng akan berusaha untuk mencapai kondisi stabil yang baru secara alamiah. Cara ini biasanya berupa proses degradasi atau pengurangan beban, terutama dalam longsoran-longsoran atau gerakan-gerakan lain sampai tercapai keadaan kesetimbangan yang baru.



Gambar 1. Rencana Rekap penambangan TAL Barat 2017



Gambar 2. Peta Penampang C-C' Sekuen Januari 2017



Gambar 3 . Side Wall Timur



Gambar 4. Side Wall Barat

- 1) Bobot isi batuan
- 2) Porositas batuan
- 3) Kandungan air
- 4) Kekuatan batuan
- 5) Kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Gaya dari luar

Gaya-gaya dari luar yang dapat mempengaruhi (mengurangi) kestabilan suatu lereng adalah:

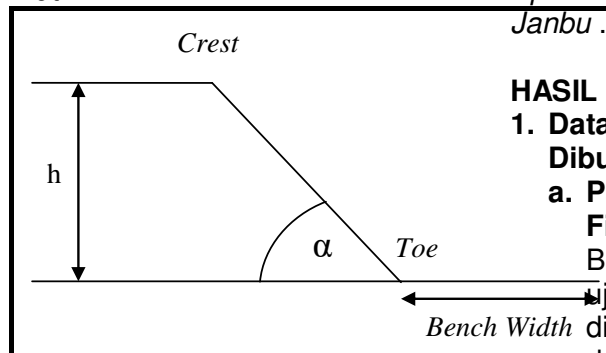
- 1) Getaran yang diakibatkan oleh gempa, peledakan dan pemakaian alat-alat mekanis yang berat di dekat lereng.
- 2) Pemotongan dasar (*toe*) lereng.
- 3) Penebangan pohon-pohon pelindung lereng.

DASAR TEORI KESTABILITAS LERENG

Menurut Karyono (2004 : 1-2) dan Herdian, dkk. (2009: 98), secara umum faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng dapat diidentifikasi sebagai berikut:

a. Geometri Lereng

Geometri lereng mencakup tinggi lereng, sudut kemiringan lereng dan lebar jenjang. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kestabilannya. Geometri lereng dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Sumber: Geoteknik Tambang Terbuka, UPN Yogyakarta

Gambar 5. Geometri Lereng

- b. Penyebaran Batuan
- c. Relief Permukaan Bumi
- d. Struktur Geologi Regional dan Lokal
- e. Iklim dan Curah Hujan
- f. Sifat Fisis dan Mekanis Batuan

h. Aktifitas Manusia

i. Keberadaan Air

Program Geostudio 2012 Slope/W

SLOPE/W merupakan produk *software* yang menggunakan teori kesetimbangan batas untuk menghitung faktor keamanan suatu lereng pada muka bumi. Program ini mampu menganalisis kasus stabilitas baik sederhana maupun yang kompleks dengan menggunakan metode variasi dalam perhitungan faktor keamanannya, seperti metode *Morgenstem Price*, *Spencer*, *Bishop*, *Ordinary* dan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data / Parameter yang Dibutuhkan

a. Parameter Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik

Berikut nilai – nilai parameter sifat fisik dan mekanik yang dibutuhkan dalam proses input data di *software Geostudio 2012 Slope/W*.

Tabel 1. Parameter Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Untuk Analisis Kestabilan Lereng Penampang C-C' Sekuen Januari 2017 Dengan *Software Geostudio 2012 Slope / W*

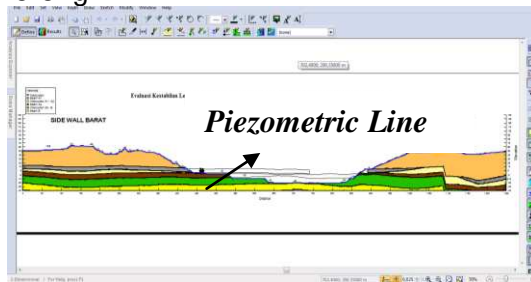
No	Lapisan	Material	Parameter			Warna
			Bobot Isi Jenuh (γ_w)	Kohesi (C)	Sudut Geser Dalam (ϕ)	
			kN/m ³	kPa	(^o)	
1	Overburden	Claye Siltstone	20.41	104.71	24.94	
2	Seam A1	Coal	12.20	200	30	
3	Interburden A1-A2	Silty Claye Sandstone	19.90	80.75	13.51	
4	Seam A2	Coal	12.12	187.11	26.78	
5	Interburden A2-B	Sandy Claye Siltstone	20.78	123.04	18.05	
6	Seam B	Coal	12.29	182.15	25.99	

b. Geometri Lereng dan Profil Material Penyusun Lereng

Adapun penampang yang akan dianalisis yaitu penampang C-C' (dapat dilihat pada gambar 1) dinyatakan dalam daerah koordinat (X,Y) dimana sumbu X menyatakan jarak atau panjang dari penampang tersebut sedangkan sumbu Y menyatakan ketinggian. Dari lapisan masing – masing *log bore hole* tersebut maka dapat diketahui posisi berupa elevasi serta kedalaman material yang ada dalam keadaan aslinya, dan secara otomatis dengan memplotkan litologi pada penampang melintang akan tampak batas – batas dari masing – masing lapisan berupa batuan / tanah dan batubara yang semuanya dinyatakan dalam koordinat (X,Y) dan selanjutnya dimasukkan dalam profil material dalam *Software Geostudio Slope/W*.

c. Tinggi Muka Air Tanah

Dengan adanya air tanah pada lereng, maka akan menambah beban pada lereng tersebut sehingga meningkatkan gaya dorong material dan menimbulkan gaya angkat air yang mengurangi kekuatan geser material pada lereng untuk menahan longoran. Untuk penentuan tinggi muka air tanah di Tambang Air Laya Barat maka diasumsikan bahwasanya kondisi lereng dalam keadaan terburuk yaitu dalam kondisi *fully saturated* sehingga untuk *piezometric line* mengikuti *surface* lereng.



Gambar 6. Piezometric Line Mengikuti Surface Lereng

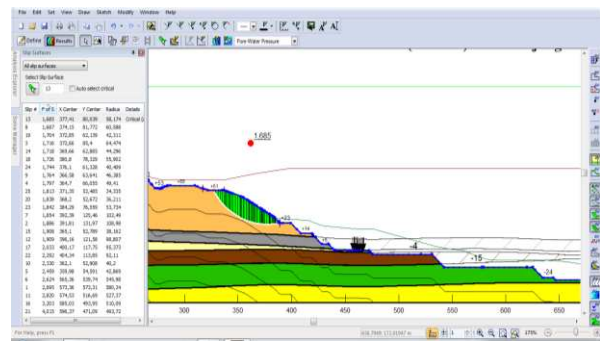
d. Gaya Luar

Pengaruh gaya luar yang dihasilkan dari lalu lintas alat angkut pada penambangan di TAL Barat berasal dari *Heavy Duty HD-785*. Spesifikasi alat angkut ini adalah lebar keseluruhan (*overall width*) per unit sekitar 6,885 m, tinggi roda ban 2 m, sedangkan tinggi total 5,05 m dan beban 325 KN/m³. Nilai ini dimasukkan pada beban dinamik di *surchage load pada software Geostudio Slope/W*.

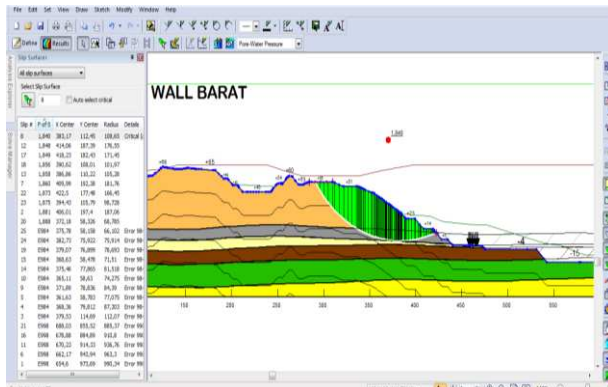
Untuk analisis getaran gempa (*seismic load*) pada *software Geostudio Slope/w* dilakukan menggunakan metode Pseudostatik dan dinyatakan dalam satuan gravitasi (g). Berdasarkan data dari Dinas Pekerjaan Umum Sumatera Selatan, nilai faktor gempa wilayah Tanjung Enim termasuk ke dalam 0,02g. Berhubung aktifitas penambangan di TAL Barat adanya peledakan maka berlaku nilai faktor getaran gempa sebesar 0,05g dimana angka ini merupakan ketetapan dari Departemen Geoteknik PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Ketetapan tersebut didasarkan dari hasil pengukuran rata – rata nilai getaran gempa menggunakan alat *Blastmate*.

Nilai Faktor Keamanan Pada Lereng

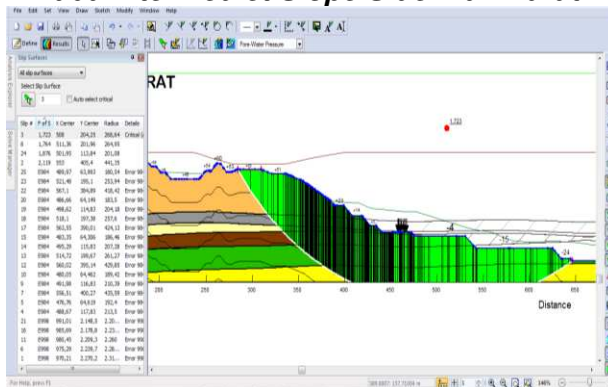
Nilai faktor keamanan pada setiap *single slope, intermediate slope, dan overall slope*. Hasil *switches to the contour view to display computed results* dapat dilihat pada Gambar 7. dibawah ini.



Gambar 7. Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Single Slope Side Wall Barat



Gambar 8. Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Intermediet Slope Side Wall Barat



Gambar 9. Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Overall Slope Side Wall Barat

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Evaluasi Kestabilan Lereng Penampang C-C' Sekuen Januari 2017 di Pit Tambang Air Laya Barat

Pada tabel 2 dapat dilihat hasil evaluasi keseluruhan terkait kestabilan lereng pada penampang C-C' sekuen Januari 2017

Adapun acuan pendekanan nilai faktor keamanan lereng yaitu mengikuti

aturan ketetapan Bowels, adapun acuannya sebagai berikut :

1. $FK > 1,25$: Stabil (Aman)
2. $FK = 1,07 - 1,25$: Kritis
3. $FK \leq 1,07$: Tidak Stabil (Longsor)

a. Lereng Side Wall Barat

Lereng *side wall* barat di penampang C-C' memiliki ketinggian total 81 m yaitu dari elevasi +55 hingga elevasi -26. Adapun geometri lereng dan nilai faktor keamanan pada lereng *side wall* barat bisa dilihat pada tabel 3.

b. Lereng Side Wall Timur

Lereng *side wall* timur di penampang C-C' memiliki ketinggian total 78 m yaitu dari elevasi +55 hingga elevasi -26. Adapun geometri lereng dan nilai faktor keamanan pada lereng *side wall* timur bisa dilihat pada tabel 4.

2. Rekomendasi Perbaikan dan Perlakuan Pada Lereng

Adapun rekomendasi terhadap perbaikan lereng maupun perlakuan pada lereng untuk mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng baik itu untuk *side wall* barat maupun *side wall* timur, antara lain sebagai berikut :

a. Perbaikan Desain Geometri Lereng

Adapun nilai faktor keamanan lereng setelah dilakukan perbaikan terhadap desain geometri lereng yaitu bisa dilihat pada tabel 5.

b. Pembuatan Saluran atau Paritan Air

Adapun nilai faktor keamanan pada lereng setelah dilakukan penurunan muka air tanah secara *partially saturated* bisa dilihat pada tabel 6.

Dibawah ini adalah tabel 2 sampai tabel 6

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan Lereng Penampang C-C' Sekuen Januari 2017 di Tambang TAL Barat

Jenis Lereng	Penampang C-C'		Kondisi Lereng	
	Nilai Faktor Keamanan Lereng (FK)		Side Wall Barat	Side Wall Timur
	Side Wall Barat	Side Wall Timur		
Single Slope	8,559 (Elevasi +55 ke +21)	1,408 (Elevasi +52 ke +8)	Aman	Aman
	1,683 (Elevasi +51 ke +23)	1,889 (Elevasi +8 ke -15)	Aman	Aman
	3,515 (Elevasi +23 ke +14)	3,849 (Elevasi -15 ke -24)	Aman	Aman
	7,551 (Elevasi +14 ke +5)	16,531 (Elevasi -24 ke -26)	Aman	Aman
	9,834 (Elevasi +5 ke 0)		Aman	
	1,745 (Elevasi 0 ke -4)		Aman	
	5,688 (Elevasi -4 ke -15)		Aman	
	4,578 (Elevasi -15 ke -24)		Aman	
	16,609 (Elevasi -24 ke -26)		Aman	
Intermediate Slope	1,840 (Elevasi +55 ke +11)	1,489 (Elevasi +52 ke +9)	Aman	Aman
Overall Slope	1,723 (Elevasi +55 ke -26)	1,138 (Elevasi +52 ke -26)	Aman	Kritis

Side Wall Timur

Tabel 3. Hasil Analisis Kestabilan Lereng

Side Wall Barat

Tabel 4. Hasil Analisis Kestabilan Lereng

Jenis Lereng	Elevasi		Dimensi Geometri lereng			FK Lereng	Kondisi Lereng
	Top (m)	Base (m)	Tinggi Bench (m)	Lebar Berm (m)	Sudut Lereng (°)		
Single Slope	+55	+51	4,025	12,025	18,521	8,559	Aman
	+51	+23	28,075	52,250	28,249	1,685	Aman
	+23	+14	9,000	9,325	43,979	3,514	Aman
	+14	+5	9,000	9,300	44,068	7,560	Aman
	+5	0	5,325	5,650	43,289	9,830	Aman
	0	-4	3,200	3,350	43,681	1,746	Aman
	-4	-15	11,000	11,200	44,479	5,694	Aman
	-15	-24	9,000	9,175	44,450	4,563	Aman
	-24	-26	2,000	2,025	44,654	16,650	Aman
Intermediate Slope	+55	+11	44,025	112,425	21,405	1,840	Aman
Overall Slope	+55	-26	81,025	336,875	13,549	1,723	Aman

	Top (m)	Base (m)	Tinggi Bench (m)	Lebar Berm (m)	Sudut Lereng (°)	6. Nilai Faktor Keamanan Setelah Penurunan Muka Air Tanah Secara <i>Partially Saturated</i>		Kondisi L	
						Penampang C-C'	Nilai Faktor Keamanan Lereng (FK)		
Slope	+52	+8	43,400	101,075	23,219	1,408	Aman	Side Wall Timur Side Wall Barat	
	+8	-15	23,125	9,075	38,273	1,889	Aman		
	-15	-24	9,000	9,075	44,769	3,849	Aman		
	-24	-26	1,975	1,500	52,791	16,531	Aman		
mediate	+52	+9	43,000	100,300	23,219	1,489	Aman		
					Elevasi	Nilai FK	Elevasi	Nilai FK	
Overall Slope	+52	-26	77,800	177,425	Elevasi +55 ke +51	9,038	Elevasi +52 ke +8	1,632	Aman
					Elevasi +51 ke +23	1,993	Elevasi +8 ke -15	2,169	Aman
					Elevasi +23 ke +14	3,917	Elevasi -15 ke -24	4,122	Aman
					Elevasi +14 ke +5	8,191	Elevasi -24 ke -26	16,973	Aman
Lereng	Elevasi		Dimensi Geometri Lereng		Sudut Lereng	FK	Kondisi Lereng		
	Top (m)	Base (m)	Tinggi Bench (m)	Lebar Berm (m)	Elevasi 0 ke -4	1,808		Aman	
					Elevasi -4 ke -15	6,516		Aman	
Slope	+52	+30	21,100	52,050	Elevasi -15 ke -24	5,111		Aman	
	+30	+9	21,775	54,975	Elevasi -24 ke -26	17,093		Aman	
	+9	+1	6,950	18,175	Elevasi +55 ke +11	2,078	Elevasi +52 ke +9	1,794	Aman
	+1	-15	16,525	15,900	46,096	2,564	Aman		
	-15	-24	9,000	10,000	41,987	3,957	Aman		
	-24	-26	2,000	2,200	42,271	17,161	Aman		
mediate	+52	+9	42,875	20,175	Elevasi +54 ke -26	2,077	Elevasi +52 ke -26	1,322	Aman
Overall Slope	+52	-26	77,275	196,875	21,455	1,316	Aman		

Tabel 5. Nilai Faktor Keamanan Lereng Side Wall Timur Setelah Dilakukan Perbaikan Terhadap Geometri Lereng

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Adapun parameter yang diperlukan dalam evaluasi kestabilan lereng untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng dengan menggunakan *software Geostudio 2012 Slope/W* antara lain yaitu: (1) Nilai Bobot Isi Jenuh (γ_w); (2) Nilai Kohesi (C); (3) Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) yang mana ketiga parameter tersebut didapat dari hasil uji di laboratorium.
2. Nilai faktor keamanan (FK) lereng baik *single slope*, *intermediate slope*, dan *overall slope* pada bagian *side wall* barat berada dalam kondisi aman yaitu $FK > 1,25$.
3. Nilai faktor keamanan (FK) lereng pada bagian *side wall* timur, keseluruhan *single slope* dan *intermediate slope* berada dalam kondisi aman yaitu $FK > 1,25$, sementara itu, *overall slope* berada dalam kondisi kritis dikarenakan nilai faktor keamanan lerengnya yaitu $FK = 1,138$ dan berdasarkan acuan pendekatan nilai faktor keamanan lereng oleh Bowles maka lereng dikategorikan dalam kondisi kritis ($FK = 1,07 - 1,25$).
4. Dari hasil pengamatan langsung di lapangan terhadap kondisi lereng pada *Side Wall* Pit Tambang Air Laya Barat, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:
 - a. Dari hasil pengamatan di lapangan, untuk *side wall* barat tidak terdapat adanya pemicu ataupun bagian lereng yang berpotensi terjadinya longsoran.
 - b. Sedangkan, untuk *side wall* timur terdapat adanya rayapan pada bagian lereng di *side wall* timur.
5. Agar kondisi lereng bagian *side wall* timur berada dalam kondisi aman (stabil) $FK > 1,25$ maka direkomendasikan perbaikan desain geometri lereng pada bagian *side wall* timur, melakukan pembuatan saluran (paritan) air pada permukaan lereng serta melakukan monitoring pada lereng terutama untuk memantau pergerakan pada lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2014. *Slope/W for Slope Stability Risk Assessment, User's Guide Geoslope Office, Geoslope International Ltd., Canada.*
- [2] Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang.* Gramedia Pustaka Utama; Jakarta.
- [3] Arief, Saifuddin. 2007. "Konsep Dasar & Metode – metode dalam Analisis Kestabilan Lereng". *Buku kompilasi tidak diterbitkan.*
- [4] Bishop, A.W., 1955, *The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5.* London.
- [5] Bowles, J.E. 1988. *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah).* Edisi Kedua. Erlangga; Jakarta.
- [6] Geo-slope International. 2013. *Stability Modeling with SLOPE/W.* Canada: Geo-slope International, Ltd.
- [7] Hoek, Evert & John Bray. 1981. *Rock Slope Engineering. 3rd.* (ed). London: Taylor & Francis Routledge.
- [8] Karyono. 2004. "Kemantapan Lereng Batuan". *Hand out.* Diklat Perencanaan Tambang Terbuka UNISBA.
- [9] Kliche, C.A, 1999. *Rock Slope Stability, Society for Mining, Metallurg, and Exploration Inc (SME), USA.*
- [10] Putra, Irza Tri. 2016. *Aplikasi Software Geostudio 2007 Slope/W Untuk Analisis Kestabilan Lereng RKAP 2017 dengan Metode Bishop di Tambang Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Pertambangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan.* Universitas Bangka Belitung. Bangka Belitung.

- [11] Wesley, 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [12] Wyllie, Duncan C., & Christopher W. Mah. 2004. *Rock Slope Engineering: Civil and Mining*. 4rd. (ed). New York: Spoon Press.
- [13] Yuspita. 2015. *Analisis Kestabilan Lereng Tambang Pit Tambang Air Laya Utara Ekstension Utara PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Penambangan Tanjung Enim*. Universitas Negeri Padang, Padang.