

**ANALISIS STABILITAS LERENG PADA PIT TAMBANG AIR LAYA BARAT
SECTION C-C' PT BUKIT ASAM (PERSERO) TBK., SUMATERA SELATAN**



M. ADLI FIKRI

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

FEBRUARI 2018

PERSETUJUAN PEMBIMBING

**ANALISIS STABILITAS LERENG PADA *PIT* TAMBANG AIR LAYA BARAT
SECTION C-C' PT BUKIT ASAM (PERSERO) TBK., SUMATERA SELATAN**

M. ADLI FIKRI

Artikel ini disusun berdasarkan Tugas Akhir M. Adli Fikri
untuk persyaratan wisuda periode Maret 2018 dan telah diperiksa/disetujui oleh
kedua pembimbing

Padang, Februari 2018

Pembimbing I



Drs. Bambang Heriyadi, M.T.
NIP. 19641114 198903 1002

Pembimbing II



Heri Prabowo, S.T., M.T.
NIP. 19781014 200312 1 001

ANALISIS STABILITAS LERENG PADA PIT TAMBANG AIR LAYA BARAT SECTION C-C' PT BUKIT ASAM (PERSERO) TBK., SUMATERA SELATAN

M. Adli Fikri, Bambang Heriyadi, Heri Prabowo
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Email: muhammadadlifikribarkati@gmail.com

Abstract

Mining is an activity that starts from the general investigation activities of minerals and coal. Mineral and coal mining activities in open space in the form of excavation and stockpiling will always face the problems of slope stability. Slope stability is a vital factor in the planning and operation of open pit and quarry mines. The occurrence of landslide in cross section of C-C' pit of Tambang Air Laya Barat of PT Bukit Asam (Persero) Tbk. causes this analysis to be done.

This research is applied research with quantitative method. Slope stability analysis is assisted by Geostudio 2018 Slope/W trial licence 30 days version. The analysis of safety factor was done by Janbu Method. The data used are secondary data consisting of physical and mechanical parameter data of soil and rock, data of type and condition of soil and rock layout, design of mining pit plan, cross section of pit mining data, and data value of regional seismic constant.

The results showed that the lowest actual value of slope safety factor was in the overall slope of low wall elevation +65 to -21 ie 0.966. Based on the analysis of data confidence increase, the overall slope on low wall is in unsafe condition, that is, single slope +57 to +13 with $FK = 1.165$, intermediate slope +65 to +14 with $FK = 1.030$, and overall slope of elevation +65 to -21 with value $FK = 0.812$ ($FK < 1.25$). Based on back analysis, safety factor of single slope of +57 to +13 is 0.902, safety factor of intermediate slope is 0.747, safety factor of overall slope is 0.736. The most optimal of slope redesign recommendation is the forward-analysis method of the back-end analysis by the Hoek & Bray method. The slope recommendation is to change the geometry of the slope with the angle 19° to 11° and change the height from 85m to 76m. The single slope of the elevation +57 to +13 initially made only one single slope converted into three single slopes with each elevation +55 to +42, +42 to +29, +29 to +13.

Keyword: slope stability analysis, safety factor, confidence level

A. Pendahuluan

Pertambangan adalah suatu kegiatan yang dimulai dari kegiatan penyelidikan umum terhadap bahan galian. Secara umum tahapan kegiatan pertambangan terdiri dari penyelidikan

umum (prospeksi), eksplorasi, perencanaan tambang, persiapan /kontruksi, penambangan, pengolahan, pemasaran dan reklamasi. Aktivitas penambangan mineral dan batubara di ruang terbuka yang

berupa penggalian dan penimbunan akan selalu menghadapi permasalahan kestabilan lereng. Lereng tersebut adalah lereng tambang aktif, lereng timbunan bijih/batubara (*stockpile*), lereng timbunan tanah penutup, dan lereng bangunan seperti lereng jalan, lereng di sekitar bangunan, serta bendungan. Lereng-lereng tersebut perlu dianalisis kestabilannya, baik pada tahapan perancangan, tahapan penambangan, maupun tahap pasca tambang untuk mencegah bahaya longsor di waktu yang akan datang karena hal ini menyangkut keselamatan kerja, keamanan peralatan dan benda-benda lainnya, serta keberlangsungan produksi (Arif, 2016).

Kestabilan lereng merupakan faktor vital dalam perencanaan dan operasional tambang terbuka dan kuari. Dalam penyusunan suatu rencana tambang selain faktor cadangan, teknis penambangan, ekonomi dan lingkungan, faktor kestabilan lereng

juga menjadi faktor penting yang harus diperhitungkan dengan seksama. Desain lereng yang stabil dan tepat akan mempunyai dampak yang besar terhadap keekonomian tambang serta keberlangsungan produksi tambang. Dengan melaksanakan kajian kemantapan lereng yang baik maka akan didapat susunan suatu rencana penambangan yang lengkap (Putra, 2016).

PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Merupakan perusahaan negara penghasil batubara. Badan usaha ini didirikan pada tanggal 2 maret 1981 dengan dasar Peraturan Pemerintahan No. 42 tahun 1980 dengan kantor pusat yang berada di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Penambangan batubara di PT Bukit Asam (Persero) Tbk. diawali dengan penyelidikan eksplorasi oleh bangsa Belanda pada tahun 1915 sampai dengan 1918 yang dipimpin oleh Ir. Man Haat. Hasil penyelidikan menunjukkan adanya

kandungan batubara yang besar di kawasan Bukit Asam. Penambangan pertama mampu menghasilkan batubara sebanyak 9.765 ton, yang dihubungkan ke pelabuhan Kertapati Palembang melalui kereta api sejauh \pm 165 km dan jalan darat sejauh \pm 200 km.

Desain lereng tambang yang dibuat oleh satuan kerja perencanaan harus dianalisis oleh *engineer* geoteknik di satuan kerja eksplorasi dan geoteknik untuk dikaji kaidah-kaidah geotekniknya. Analisis dilakukan agar lereng tambang yang telah didesain tidak longsor dan pengambilan batubara dapat dilakukan secara optimal. Kelongsoran pada lereng tambang dapat menyebabkan banyak kerugian yaitu terganggunya jalan angkut utama sehingga menghambat pengangkutan tanah penutup dan batubara, rusaknya alat operasional, kematian, hingga penutupan tambang. Untuk itu

kestabilan lereng harus dianalisis agar faktor keamanannya diketahui.

Terjadinya longsor di *pit* penampang C-C' menyebabkan analisis ini harus dilakukan. Lereng yang akan dianalisis berlokasi pada *pit* Tambang Air Laya Barat yaitu pada *section* C-C'. Geometri lereng *high wall* pada *section* C-C' yaitu panjang 650 m dan tinggi 70 m. *Low wall* pada *section* C-C' memiliki geometri panjang 425 m dan tinggi 60 m. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Stabilitas Lereng pada Pit Tambang Air Laya Barat Section C-C' PT Bukit Asam (Persero) Tbk., Sumatera Selatan**”.

Penelitian dilaksanakan di area *pit* Tambang Air Laya PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Penelitian kemudian dibatasi dan difokuskan pada *pit* “Tambang Air Laya Barat” yang terletak pada area Tambang Air Laya di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten

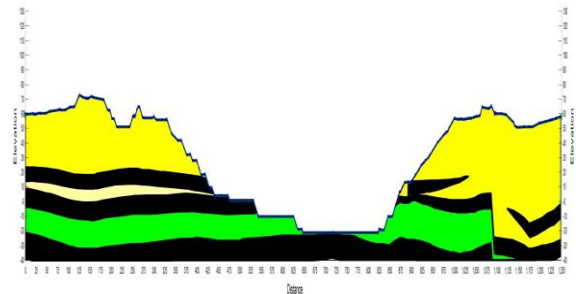
Muara Enim, Sumatera Selatan. Pada penelitian ini dilakukan analisis pada penampang di *pit* TAL Barat yaitu penampang C-C'.



Sumber: Satker Geologi PT Bukit Asam (Persero) Tbk.

Gambar 1. Peta Lokasi dan Kesempaan Daerah PT Bukit Asam (Persero) Tbk.

Lereng yang akan dianalisis berlokasi pada *pit* Tambang Air Laya Barat yaitu pada *section* C-C'. Geometri lereng *high wall* pada *section* C-C' yaitu panjang 650 m dan tinggi 70 m. *Low wall* pada *section* C-C' memiliki geometri panjang 425 m dan tinggi 60 m.



Gambar 2. Geometri Lereng Penampang C-C'

Batuan penyusun pada *pit* Tambang Air Laya Barat adalah batulanau berlempung, batupasir berlempung dan berlanau, dan batulanau lempungan dan pasiran. Klasifikasi massa batuan dari batuan penyusun adalah klasifikasi batuan kelas IV dan V.

Longsor terjadi pada penampang C-C' elevasi +57 ke +15 di Tambang Air Laya Barat pada bulan Desember 2016. Longsor ini bertipe gabungan antara longsor busur (*circular failure*) dan longsor bidang (*plane failure*).



Gambar 3. Foto Keadaan Sekitar Longsor di TAL Barat (terlihat longsor pada garis merah)

Tabel 1. Nilai Parameter Material Tanah dan Batuan Lereng Tambang Air Laya Barat

Boring point & rock layer	Slope stability parameter					
	Density	Lab Test		Description	Rock Mass Classification	Description
	γ_w (kN/m ³)	C (kPa)	Φ (°)			
Overburden	20.41	100.56	24.94	Clayey Siltstone	Class V	Very Poor Rock
Seam A1	12.20	179.19	25.20	Coal	Class V	Very Poor Rock
Interburden A1-A2	19.90	80.75	13.51	Silty Clayey Sandstone	Class V	Very Poor Rock
Seam A2	12.12	187.11	26.78	Coal	Class V	Very Poor Rock
Interburden A2-B	20.78	123.04	18.05	Sandy Clayey Siltstone	Class V	Very Poor Rock
Seam B	12.29	182.15	25.99	Coal	Class V	Very Poor Rock

B. Metode Penelitian

Penelitian ditujukan untuk memberikan solusi atas permasalahan pada *pit* “Tambang Air Laya Barat” secara praktis sehingga termasuk dalam penelitian terapan (*applied research*). Dalam penelitian ini, pengukuran dan pengujian memegang peran sentral sehingga berdasarkan bentuk datanya tergolong penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif ini dilakukan dengan pendekatan analisis data sekunder (ADS).

Data penelitian terdiri atas data sekunder. Data meliputi informasi umum perusahaan, desain rencana *pit* penambangan, data *cross section* lereng, data deskripsi perlapisan tanah dan batuan, data parameter sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan, dan data nilai konstanta kegempaan pada lokasi penelitian.

Penelitian ini menguji analisis kestabilan lereng aktual *single slope*, *intermediate slope*, dan *overall slope*

pada penampang C-C' di *pit* Tambang Air Laya Barat PT Bukit Asam (*Persero*) Tbk. dengan metode Janbu., analisis statistik deskriptif tingkat kepercayaan sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan pada *pit* Tambang Air Laya Barat, analisis balik lereng yang longsor pada penampang C-C' di *pit* Tambang Air Laya Barat, dan memberikan rekomendasi geoteknik. Analisis kestabilan lereng aktual ditujukan untuk mengetahui nilai faktor keamanan *single slope*, *intermediate slope*, dan *overall slope*. Analisis statistik deskriptif dilakukan terhadap parameter hasil uji yang penting dalam analisis kestabilan lereng, seperti nilai bobot isi, kohesi, dan sudut geser dalam. Analisis Balik dilakukan terhadap lereng yang longsor yaitu pada *single slope* elevasi +57 ke +13. Analisis balik dilakukan dengan metode grafik Hoek & Bray. Lereng rekomendasi merupakan lereng yang memenuhi nilai kemampooterimaan atau

ambang batas tertentu, yang pada penelitian ini didasarkan atas rekomendasi Bowles (1989), ditunjukkan oleh tabel di bawah ini.

Tabel 2. Design Acceptance Criteria untuk *single slope* dan *overall slope*

Nilai FK	Keadaan Lereng/Kejadian Longsor
$FK < 1,07$	Tidak Aman (Longsor)
$1,07 < FK < 1,25$	Kritis
$FK > 1,25$	Aman

Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak (*software*) Geostudio 2018 Slope/w 30 *days trial version*. Metode yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng adalah metode Janbu.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Kestabilan Lereng Aktual

Berdasarkan analisis kestabilan lereng aktual pada desain penampang C-C' *pit* Tambang Air Laya Barat menggunakan *Software* Geostudio 2018 Slope/w 30 *days trial version* dengan Metode Janbu maka didapatkan nilai faktor

keamanan (FK) lereng. Nilai faktor keamanan yang tertinggi terdapat pada *Single Slope High Wall* di elevasi +10 ke +5 yaitu 12,088.

Nilai faktor keamanan yang terendah terdapat pada *Overall Slope Low Wall* di elevasi +65 ke -21 yaitu 0,966.

Tabel 3. Nilai faktor keamanan penampang C-C'

Jenis Lereng		Elevasi (m)		Sudut (°)	Nilai FK
		Dari	Ke		
<i>Single Slope</i>	<i>High Wall</i>	L73	62	38.85	3.213
		L62	57	46.47	4.740
		L57	51	45	5.244
		R65	57	45	4.433
		R57	51	46.04	4.752
		L65	57	47.12	4.797
		57	42	29.01	2.139
		42	32	38.52	2.911
		32	28	40.1	5.427
		28	19	43.53	3.397
		19	10	44.24	5.743
		10	5	46.33	12.088
		5	1	47.29	2.685
		1	-10	45	4.128
		-10	-20	26.03	3.972
	<i>Low Wall</i>	65	57	49.19	3.606
		57	13	23.15	1.316
		13	-10	38.72	1.679
-10		-19	25.56	3.475	
57		16	23.57	1.273	
<i>Intermediate Slope</i>	<i>High Wall</i>	6.25	2.75	6.07	2.976
		-7.25	-20.25	4.24	3.983
	<i>Low Wall</i>	65	14	17.12	1.168
		13	3.75	21.28	4.017
<i>Overall Slope</i>	<i>High Wall</i>	-2.5	-20	7.39	4.518
		73	-20	12.56	1.458
		65	-21	19.35	0.966

2. Analisis Statistik Deskriptif Mengenai Tingkat Kepercayaan Data

Berdasarkan data analisis statistik deskriptif mengenai tingkat kepercayaan data pada data di atas, terdapat beberapa data yang memiliki nilai tingkat kepercayaan data di bawah 90%.

Data kohesi dan sudut geser dalam pada *overburden* berturut-turut, 59.48% dan 82.59%. Data kohesi dan sudut geser dalam pada *seam* A2 berturut-turut, 71.99% dan 74.90%. Data kohesi dan sudut geser dalam pada *interburden* A2-B berturut-turut, 78.45% dan 83.70%. Data kohesi dan sudut

geser dalam pada *seam* B berturut-turut, 86.05% dan 88.67%.

3. Analisis Balik (*Back Analysis*)

Analisis balik (*back analysis*) dilakukan dengan metode Hoek & Bray. Analisis metode grafik Hoek & Bray ini mengasumsikan jenis material lereng tunggal homogen dengan data *input* berdasarkan parameter *properties material* (kohesi dan sudut geser dalam) pada lereng yang longsor. Dikarenakan lereng yang longsor adalah *single slope low wall* elevasi +57 ke +13, maka lereng tersebut yang akan dilakukan analisis balik. Parameter *properties material* untuk *single slope low wall* elevasi +57 ke +13 adalah *clayey siltstone* yang merupakan *overburden*. Material ini mempunyai nilai kohesi 100.56 kPa dan sudut geser dalam 24.94° dengan ketebalan lithologi paling tebal diantara material lain. Kohesi

dan sudut geser dalam merupakan parameter *properties material* yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng (Edi Setiawan, 2016).

Dari hasil analisis balik didapatkan nilai kohesi 38.08 kPa dan sudut geser dalam 11.97° . Setelah dilakukan analisis kestabilan lereng dengan parameter analisis balik Hoek & Bray (FK = 1.06), didapatkan nilai FK = 0.902. Analisis balik terhadap *intermediate slope low wall* elevasi +65 ke +14 diperoleh faktor keamanan 0,747. Analisis balik terhadap lereng keseluruhan (*overall slope*) *low wall* elevasi +65 ke -21 diperoleh faktor keamanan 0,736.

A. Desain Ulang Berdasarkan Forward Analysis dari Analisis Balik

Forward analysis dilakukan berdasarkan parameter *properties material* yang diperoleh dari data *back analysis*.

Adapun *trial and error* untuk memperoleh sudut lereng tunggal yang optimum dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Trial and error Forward Analysis

No	Jumlah Single Slope	Slope	Elevasi	Tinggi (m)	Crest (m)	Toe (m)	Sudut (°)	FK
1	1	<i>single slope</i>	+57 ke +13	44	23	15	17.35	1.098
		<i>overall slope</i>	+65 ke -21	86	-	-	19	0.797
2	1	<i>single slope</i>	+57 ke +13	44	7	15	16.10	1.167
		<i>overall slope</i>	+65 ke -21	86	-	-	19	0.826
3	2	<i>single slope</i>	+57 ke +35	22	20	38	23.37	0.747
			+35 ke +13	22	38	15	23.10	1.488
		<i>intermediate slope</i>	+57 ke +14	44	-	-	17	0.911
		<i>overall slope</i>	+65 ke -21	76	-	-	19	0.817
4	3	<i>single slope</i>	+50 ke +37	13	155	52	22	1.004
			+37 ke +25	12	52	57	22	1.363
			+25 ke +13	12	57	15	22	2.359
		<i>intermediate slope</i>	+50 ke +14	36	-	-	11	1.036
		<i>overall slope</i>	+50 ke -21	71	-	-	14	1.117
5	3	<i>single slope</i>	+55 ke +50	5	29	133	30	1.647
			+50 ke +35	15	133	100	29	1.199
			+35 ke +13	22	100	15	23	1.547
		<i>intermediate slope</i>	+55 ke +13	42	-	-	7	1.554
		<i>overall slope</i>	+55 ke -21	76	-	-	11	1.156
6	3	<i>Single slope</i>	+55 ke +42	13	25	134	29	1.283
			+42 ke +29	13	134	104	29	1.342
			+29 ke +13	16	104	15	23	1.858

		<i>Intermediate slope</i>	+55 ke +14	41	-	-	7	1.779
		<i>Overall slope</i>	+55 ke -21	76	-	-	11	1.254
7	3	<i>Single slope</i>	+55 ke +42	13	28	133	32	1.261
			+42 ke +29	13	133	105	29	1.340
			+29 ke +13	16	105	15	23	1.847
		<i>Intermediate slope</i>	+55 ke +14	41	-	-	7	1.774
		<i>Overall slope</i>	+55 ke -21	76	-	-	11	1.251
8	3	<i>Single slope</i>	+55 ke +42	13	30	133	35	1.244
			+42 ke +29	13	133	105	29	1.341
			+29 ke +13	16	105	15	23	1.857
		<i>Intermediate slope</i>	+55 ke +14	41	-	-	7	1.769
		<i>Overall slope</i>	+55 ke -21	76	-	-	11	1.248

B. Rekomendasi Geoteknik

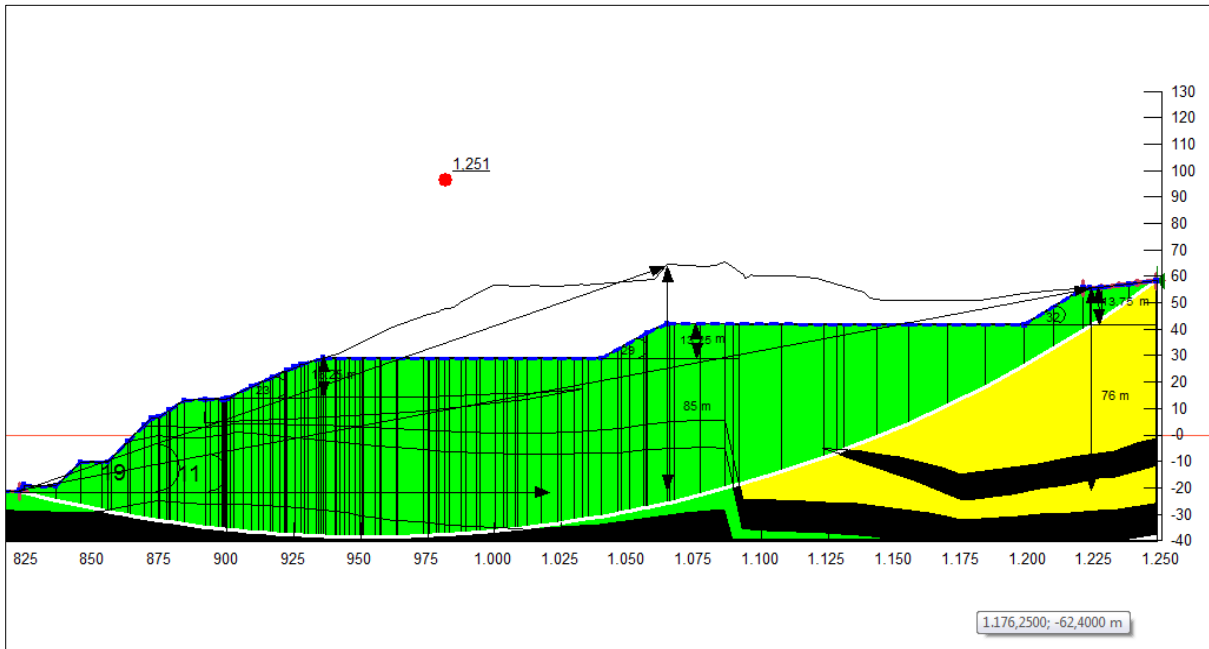
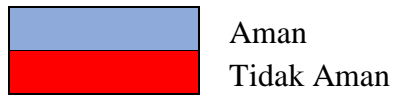
Dari hasil analisa modifikasi lereng, penulis merekomendasikan agar dilakukan perubahan geometri lereng dengan sudut kemiringan lereng dari 19° menjadi 11° dan tinggi dari 85m ke 76m.

Lereng *single slope* elevasi +57 ke +13 yang awalnya hanya dibuat satu *single slope* diubah menjadi tiga *single slope* dengan elevasi masing-masing +55 ke +42, +42 ke +29, dan +29 ke +13.

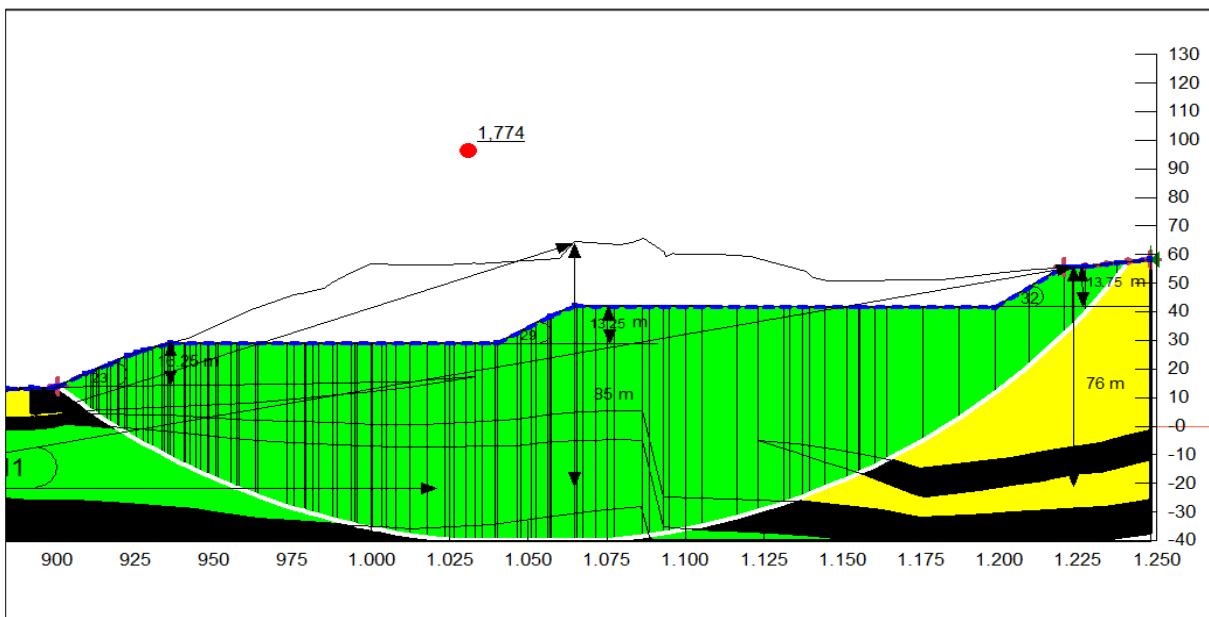
Tabel 5. Perbandingan faktor keamanan sebelum dan sesudah *resloping*

Keadaan	Jenis Lereng	Elevasi (m)	Sudut ($^{\circ}$)	Nilai FK
Sebelum <i>Resloping</i>	<i>Overall</i>	+65 ke -21	19.35	0.736
	<i>Intermediate</i>	+65 ke +14	17.12	0.747
	<i>Single</i>	+57 ke +13	23.15	0.902
Setelah <i>Resloping</i> dengan metode <i>forward analysis</i>	<i>Overall</i>	+55 ke -21	11	1.251
	<i>Intermediate</i>	+55 ke +14	7	1.774
	<i>Single</i>	+55 ke +42	32	1.261
		+42 ke +29	29	1.340
+29 ke +13		23	1.847	

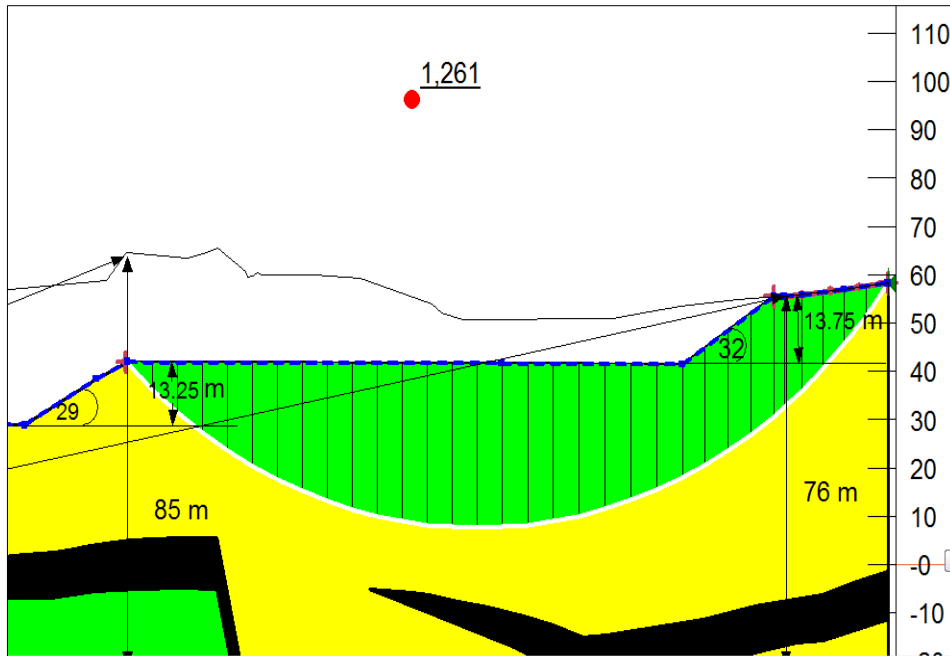
Keterangan:



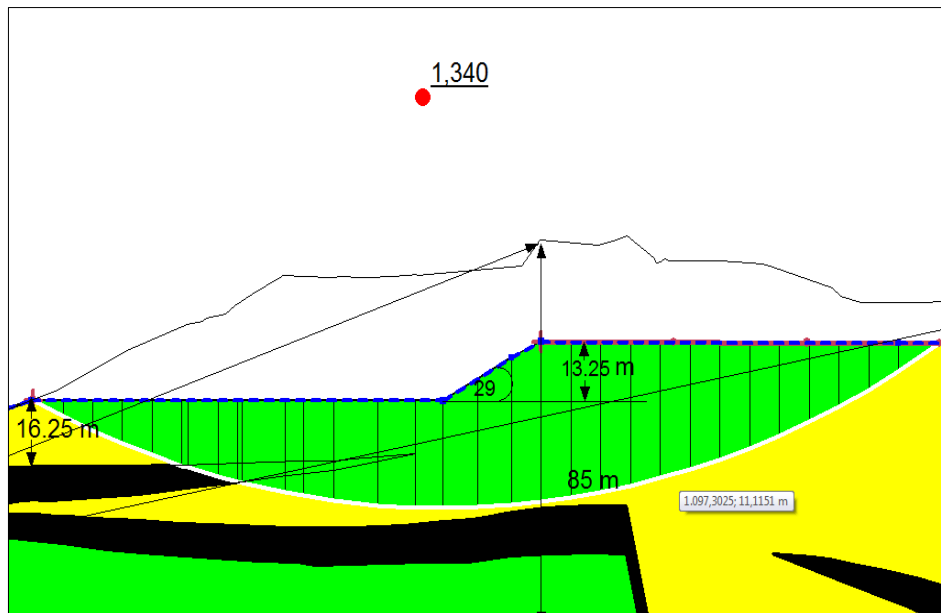
Gambar 4. Nilai FK pada *overall slope* setelah perubahan geometri lereng



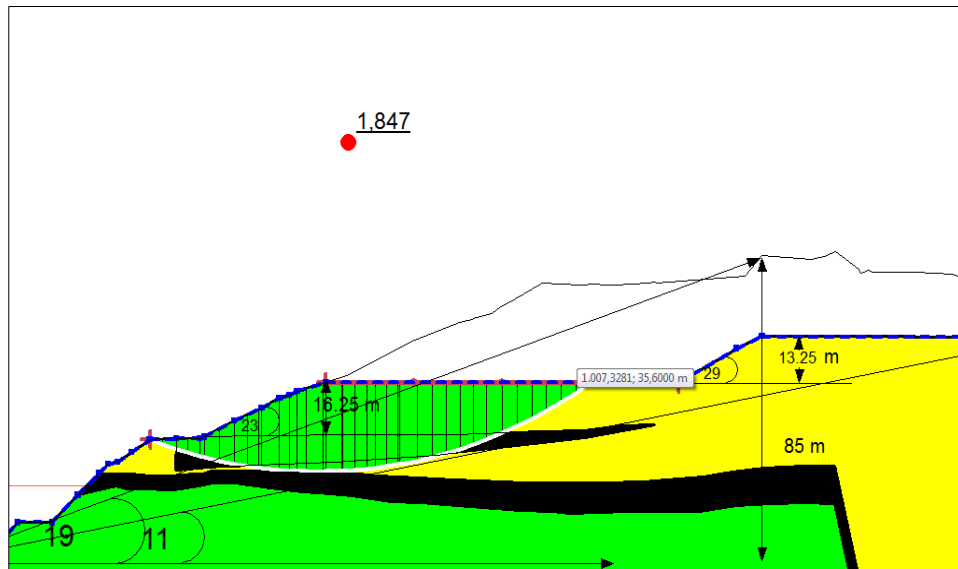
Gambar 5. Nilai FK pada *intermediate slope* setelah perubahan geometri lereng



Gambar 6. Nilai FK pada *single slope* elevasi +55 ke +42 setelah perubahan geometri lereng



Gambar 7. Nilai FK pada *single slope* elevasi +42 ke +29 setelah perubahan geometri lereng



Gambar 8. Nilai FK pada *single slope* elevasi +29 ke +13 setelah perubahan geometri lereng

D. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisis kestabilan lereng aktual pada desain penampang C-C' pit Tambang Air Laya Barat menggunakan *Software Geostudio 2018 Slope/w 30 days trial version* dengan Metode Janbu maka didapatkan nilai faktor keamanan (FK) lereng. Nilai faktor keamanan yang tertinggi terdapat pada *Single Slope High Wall* di elevasi +10 ke +5 yaitu 12,088. Nilai faktor keamanan yang terendah terdapat pada *Overall Slope Low Wall* di elevasi +65 ke -21 yaitu 0,966.

Berdasarkan data analisis statistik deskriptif mengenai tingkat kepercayaan data, terdapat beberapa data yang memiliki nilai tingkat kepercayaan di bawah 90%. Data kohesi dan sudut geser dalam pada lapisan *overburden* berturut-turut, 59.48% dan 82.59%, pada lapisan *seam A2* berturut-turut, 71.99% dan 74.90%, pada lapisan *interburden A2-B* berturut-turut, 78.45% dan 83.70%, dan pada lapisan *seam B* berturut-turut, 86.05% dan 88.67%.

Material yang dianalisis balik adalah *overburden (clayey siltstone)* karena pada lapisan ini longsor terjadi. Nilai limit kohesi pada *overburden* adalah 38.08 kPa. Nilai limit sudut geser dalam pada *overburden* adalah 11.97° . Hasil analisis balik menunjukkan nilai FK *single slope* elevasi +57 ke +13 adalah 0.902, FK *intermediate slope* adalah 0.747, FK *overall slope* adalah 0.736.

Rekomendasi lereng diberikan dengan hasil desain ulang (*resloping*) berdasarkan *forward analysis* hasil analisis balik metode grafis Hoek & Bray memberikan geometri optimal pada *overall slope* elevasi +55 ke -21 dengan sudut lereng 11° . Hasil analisis faktor keamanan *overall slope* menunjukkan nilai FK = 1.251 yang berarti lereng telah berada pada kondisi aman. Dari segi ketinggian, lereng *overall slope* diubah dari tinggi 85m ke 76m. Lereng *single slope* elevasi +57 ke +13 yang awalnya

hanya dibuat satu *single slope* diubah menjadi tiga *single slope* dengan elevasi masing-masing +55 ke +42, +42 ke +29, dan +29 ke +13. Hasil analisis faktor keamanan *intermediate slope* elevasi +55 ke +14 menunjukkan nilai FK = 1.774, *single slope* elevasi +55 ke +42 menunjukkan nilai FK = 1.261, *single slope* elevasi +42 ke +29 menunjukkan nilai FK = 1.340, dan *single slope* elevasi +29 ke +13 menunjukkan nilai FK = 1.847. Dari semua nilai faktor keamanan hasil desain ulang tersebut menunjukkan keseluruhan lereng telah berada pada kondisi aman.

Rekomendasi geoteknik yang diberikan adalah tidak melakukan *undercutting*, tetap jaga geometri lereng sesuai dengan rencana, dan tetap jaga getaran peledakan agar jangan sampai terjadi getaran yang terlalu besar yang dapat mengganggu kestabilan lereng.

Catatan: artikel ini disusun berdasarkan Tugas Akhir penulis dengan pembimbing I Bambang Heriyadi dan Pembimbing II Heri Prabowo.

Wesley, Laurence D. 2012. *“Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu”*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.

E. Daftar Pustaka

- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Bowles, E.J. 1989. *Sifat –sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: PT. Erlangga.
- Dajan, Anto. 1986. *“Pengantar Metode Statistik Jilid IP”*. Jakarta: LP3ES.
- 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*. Jurnal Publikasi Skripsi. Bangka Belitung: Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
- Rai, Made Astawa, dkk. 2012. *“Mekanika Batuan”*. Bandung: Laboratorium Mekanika dan Peralatan Tambang ITB.
- Supranto, J. 2001. *Statistik Teori dan Aplikasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.