

Optimasi Desain Geometri Lereng Material Old Dump Pada Usaha Penggalian Ulang Pit X PT. Bukit Asam Tbk

(Optimization Of Geometry Design Of Old Dump Material Slopes On The Pit X Re-Excavation Plan Of PT. Bukit Asam, Tbk.)

Rosihan Pebrianto^{1*}, A. A. Louisa¹, Edwin Harsiga², Harry Waristian¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

²Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

*Korespondensi E-mail: rosihanpebrianto@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Dalam melakukan desain lereng perlu memperhatikan geometri lereng dan kuat geser tanah. Penentuan desain geometri lereng juga memperhatikan keseimbangan antara tinggi dan kemiringan lereng serta keuntungan produksi. Penelitian dilakukan untuk menganalisis kestabilan lereng melalui pengujian sifat fisik dan mekanik, metode kesetimbangan batas dan probabilistik Monte Carlo. Luas permukaan daerah pengupasan *overburden* pada desain RKP Tahun 2024 sebesar 8.172,79 m². Target produksi sebesar 2.000.000 ton batubara dengan volume material tanah penutup (*overburden*) yang harus dikupas sebesar 29.000.000 BCM serta diperoleh nilai *Stripping Ratio* sebesar 14,5. Hasil evaluasi lereng keseluruhan material *old dump* dengan tinggi lereng keseluruhan 66,582 m, lebar *berm* lereng 447,69 m, *overall slope* 8,32° dan lebar *bench* 25 m, tinggi *bench* 6 m dengan rasio perbandingan 1:3 dan sudut *single slope* 18,43°. Kemudian dilakukan *redesign* dan didapatkan hasil rekomendasi sebesar tinggi lereng keseluruhan 64,799 m, lebar *berm* lereng 303,33 m, *overall slope* 13,02° dan lebar *bench* 25 m, tinggi *bench* pada elevasi 131-110 sebesar 8 m dengan rasio perbandingan 1:2, *single slope* 26,57° dan pada elevasi 110-50 sebesar 8 m dengan rasio perbandingan 1:1,5, *single slope* 33,69°.

Kata kunci: Desain Geometri Lereng, Kesetimbangan Batas, Kestabilan Lereng

Abstract

In doing slope design, it is necessary to pay attention to slope geometry and soil shear strength. Determination of slope geometry design also considers the balance between height and slope and production benefits. Research was conducted to analyze slope stability through physical and mechanical properties testing, limit equilibrium, and probabilistic Monte Carlo methods. The surface area of the Overburden stripping area in the 2024 RKP design is 8,172.79 m². The production target is 2,000,000 tons of coal with a volume of overburden material that must be stripped of 29,000,000 BCM and obtained a Stripping Ratio value of 14.5. The results of the evaluation of the overall slope of the Old Dump material with an overall slope height of 66.582 m, a slope width of 447.69 m, an overall slope of 8.32° and a bench width of 25 m, a bench height of 6 m with a comparison ratio of 1:3 and a single slope angle of 18.43°. Then the redesign was carried out and obtained recommendation results of 64.799 m overall slope height, 303.33 m slope width, 13.02° overall slope, and 25 m bench width, bench height at elevation 131-110 of 8 m with a comparison ratio of 1:2, single slope 26.57° and at elevation 110-50 of 8 m with a comparison ratio of 1:1.5, single slope 33.69°.

Keywords: Slope Geometry Design, Slope Stability, Limit Equilibrium

1. Pendahuluan

PT Bukit Asam Tbk dikenal sebagai perusahaan pertambangan batubara terbuka yang melakukan penggalian terus menerus dimulai dengan pemindahan lapisan tanah penutup dan berlanjut sampai batubara ditemukan. Sebelum melakukan kegiatan penggalian tentu harus memperhatikan stabilitas lerengnya terlebih dahulu. Stabilitas lereng sangat penting dalam operasi penambangan karena berpengaruh terhadap

keselamatan pekerja di tempat kerja, keamanan peralatan, dan produksi yang efisien. Dalam aktivitas penambangan, pembuangan tailing, endapan bijih, lereng, open pit dan open cut merupakan tempat yang paling sering terjadi masalah stabilitas lereng. Kelongsoran akan tetap terjadi apabila mengabaikan stabilitas lerengnya.

Longsoran terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya pendorong yang lebih besar dari pada gaya penahan pada

lereng tersebut. Adapun beberapa faktor yang menyebabkan longsor antara lain geometri lereng, struktur geologi, faktor waktu, beban luar, gempa bumi, aktivitas peledakan, dan curah hujan (Ramadhanti,2017) dan Amalia dkk. (2016), Sitohang dkk (2022).

Salah satu area yang menjalankan operasi penambangan di PT Bukit Asam Tbk yaitu di area bekas timbunan Mahayung Tambang Air Laya Utara. Area timbunan ini dilakukan penggalian ulang dikarenakan masih terdapat batubara dibawah timbunan tersebut. Pada area timbunan, biasanya memiliki material old dump (material lepas) yang cukup tebal sehingga menyebabkan ketebalan lereng yang cukup rendah. Maka diperlukan desain geometri lereng dengan memperhatikan faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya longsoran.

Dalam melakukan desain lereng perlu memperhatikan geometri lereng dan kuat geser tanah (Sepriadi dan Prastowo, 2019). Penentuan desain geometri lereng juga memperhatikan keseimbangan antara tinggi dan kemiringan lereng serta keuntungan produksi (Lumbantoruan, 2024). Semakin terjal suatu tambang, maka akan semakin besar pula resiko yang akan muncul (Ambarwati, 2023).

Selain itu, suatu lereng dilakukan redesain bertujuan untuk mengurangi biaya pengupasan tanah penutup (Overburden). Luas permukaan daerah pengupasan Overburden pada desain RKP Tahun 2024 sebesar $8.172,79\text{ m}^2$. Target produksi sebesar 2.000.000 ton batubara dengan volume material tanah penutup (overburden) yang harus dikupas sebesar 29.000.000 BCM serta diperoleh nilai Stripping Ratio sebesar 14,5. Apabila suatu lereng dilakukan redesain dengan tepat maka akan memberikan tingkat keekonomisan yang besar pula pada saat melakukan aktivitas penambangan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis selisih antara pengupasan material penutup sebelum dengan setelah dilakukan redesain.

Sebelum dilakukan penelitian ini, terdapat beberapa penelitian mengenai analisis kestabilan lereng dan rekomendasi desain lereng yang aman salah satunya yaitu Sepriadi. Prastowo A.M. (2019) yang melakukan Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Kesetimbangan Batas Pada Lereng High Wall Pit 1 Utara Tambang Banko Barat Menggunakan *Software* Geostudio Slope/W 2018 Di Pt Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan (Sepriadi dan Prastowo, 2019).

2. Metode

Lokasi atau tempat penelitian ini terlaksana di PT Bukit Asam (Persero) Tbk., secara spesifik terletak di lokasi timbunan Pit X Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Waktu pengambilan data pada tanggal 11 Desember 2023 sampai dengan 5 Maret 2024. Pengambilan foto kondisi aktual lapangan menggunakan drone maupun kamera. Dilakukan pula pengumpulan data-data sekunder terkait daerah penelitian seperti data-data titik bor, data hasil olahan dari beberapa data log bor, data *soil properties*, data geometri lereng aktual. data *cross section*, data curah hujan, citra udara *old dump*, peta geologi regional dan data litologi. Setelah itu, untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng daerah penelitian menggunakan metode *Morgenstern price* dan *software* yang digunakan yaitu Geostudio Slope/W 2023.

a. Metode Analisis Kriteria Keruntuhannya

Dalam melakukan analisis kriteria keruntuhan terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Namun, pada penelitian ini penulis menggunakan metode kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.

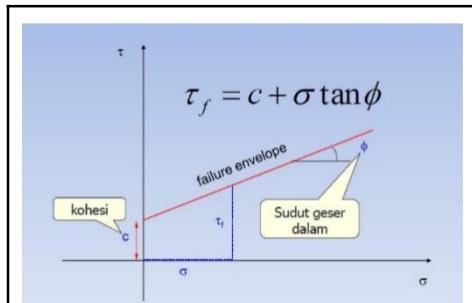
Mohr (1980) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa bukan hanya tegangan normal maksimum atau geser maksimum yang menyebabkan keruntuhan, tetapi kombinasi penting antara tegangan normal dan geser yang menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu, hubungan antara tegangan normal dan geser pada bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk berikut:

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb digambarkan dalam bentuk garis lurus. Menurut Amrullah (2018) bila tanah mengalami pembebanan maka akan ditahan oleh:

1. Kohesi tanah berdasarkan jenis tanah dan kepadatan tanahnya.
 2. Gesekan antar butir – butir tanah . Coulomb (1776) mendefinisikan :

Dengan :

τ = kuat geser tanah (kN/m^2)
 σ = tegangan normal pada bidang runtuh
 (kN/m^2)
 c = kohesi tanah (kN/m^2)
 ϕ = sudut gesek dalam tanah (deg)



Gambar 1. Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Terzaghi (1925) mengubah persamaan Coulomb dalam bentuk efektif karena tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori.

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \operatorname{tg}\phi' \text{ karena } \sigma' = \sigma - \mu \dots\dots\dots(3)$$

maka persamaan menjadi :

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg}\phi' \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

- τ = tegangan geser (kN/m^2)
- σ' = tegangan normal efektif (kN/m^2)
- c' = kohesi tanah efektif (kN/m^2)
- ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (deg)

b. Metode Analisis Kesetimbangan Batas

Dalam metode analisis kesetimbangan batas, kondisi kestabilan lereng biasanya dinyatakan dalam nilai faktor keamanan (FK). Terdapat beberapa cara yang telah dikembangkan untuk metode ini dan salah satunya adalah Morgenstern Price.

Berdasarkan prinsip kesetimbangan batas *Morgenstern and Price* yang dikembangkan pada tahun 1965, pendekatan ini menggunakan kesetimbangan setiap gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya untuk melakukan analisis. Metode ini menggunakan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya gesek di sekitar irisan (X) dan gaya normal di sekitar irisan (E) dengan persamaan:

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \dots\dots\dots(5)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan bidang kelongsoran ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$P = \frac{[(Wn - (x_n - x_1)) - \frac{1}{F}(c(\sin\alpha - u\operatorname{tg}\phi\sin\alpha))]}{\cos\alpha(1 + \tan\frac{\phi}{E})} \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

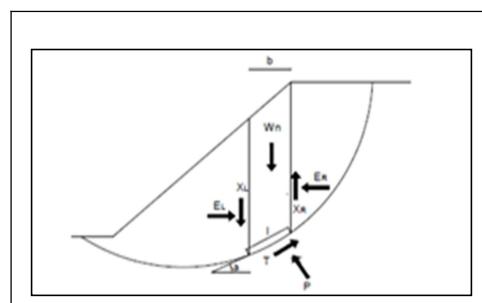
- P = Gaya Normal
- c = Kohesi (Jika analisa dalam kondisi undrained diambil c_u , jika dalam kondisi drained diambil nilai kohesi efektif)
- Wn = Gaya akibat beban tanah ke-n
- A = Sudut antara titik Tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor
- ϕ = Sudut gesek tanah (jika dalam kondisi undrained, nilai sudut gesek 0)
- U = Tekanan air pori
- X = Gaya gesek yang bekerja di tepi irisan

Dalam metode ini analisa faktor keamanan dilakukan dengan dua prinsip yaitu kesetimbangan momen (F_m) dan kesetimbangan gaya (F_f). Faktor keamanan dari prinsip kesetimbangan momen adalah untuk bidang kelongsoran circular [6].

$$F_m = \frac{\Sigma(c l + (p - u)l)\tan\phi}{\Sigma W \sin\alpha} \dots\dots\dots(7)$$

Dan nilai faktor keamanan dengan prinsip kesetimbangan gaya:

$$F_f = \frac{\Sigma[c(l + (p - u)l)\tan\phi]\cos\alpha}{\Sigma P \sin\alpha} \dots\dots\dots(8)$$



Gambar 2 Gaya-gaya yang bekerja pada bidang kelongsoran Metode Morgenstern-Price (Morgenstern-Price, 1965)

c. Metode Analisis Probabilitas Kelongsoran

Probabilitas Kelongsoran (PK) merupakan peluang terjadinya kelongsoran lereng tambang. Semakin besar peluang lereng tersebut untuk longsor apabila nilai PK bernilai tinggi (Azizi dkk., 2019). Dalam hal ini faktor keamanan digambarkan sebagai variabel acak dengan fungsi distribusi dengan parameter yang diperlakukan antara lain nilai rata-rata dan standar deviasi. Dengan menggabungkan distribusi ini untuk menghitung nilai FK, maka nilai PK lereng dapat diestimasi.

Nilai probabilitas kelongsoran dapat memberikan tingkat keyakinan terhadap desain lereng tersebut (Irawan, 2023). Probabilitas Kelongsoran (PK) diperoleh dari kumpulan nilai $FK \leq 1$ dibandingkan dengan total FK dengan dampak kelongsoran didapat dengan estimasi luas penampang desain lereng dikalikan dengan lebar pengaruh longsoran (Azizi dkk., 2014). Makin besar rentang distribusi nilai FK maka makin tinggi ketidakpastian dari nilai FK dengan nilai PK yang sama ((Kottama (2023), Simbolon (2021), Andhini dkk (2019), Sudinda (2020), Yadi dkk. (2015)). Secara definisi ada hubungan linier antara nilai PK dengan peluang (Lumbantoruan, 2024).

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan ini akan dijelaskan dalam beberapa bahasan, antara lain ialah evaluasi desain *Interramp Slope* material *Old Dump* Tahun 2024 baik itu secara lereng tunggal maupun lereng keseluruhan, kemudian dilakukan analisis kesetimbangan batas dan probabilitas kelongsoran. Dalam hal ini hanya fokus pada material old dump saja. Kemudian Setelah dilakukan evaluasi dan analisis dilanjutkan dengan rekomendasi geometri lereng yang sesuai.

a. Penampang Desain Lereng RKP Tahun 2024 Pit X, Tambang Air Laya Utara.

Penampang sayatan D-D' desain lereng Rencana Kerja Pertahun, Tahun 2024 Pit X,

Tambang Air Laya Utara pada daerah penelitian dilakukan pada lereng highwall. Sayatan pada desain lereng sebanyak satu dengan orientasi Barat Laut-Tenggara.

b. Evaluasi Kestabilan Lereng Desain RKP Tahun 2024 Pit X, Tambang Air Laya Utara

Dalam melakukan analisis kestabilan lereng digunakan data yang saling mempengaruhi kestabilan lereng, faktor keamanan Data tersebut yaitu *unit weight*, kohesi, sudut geser dalam, infiltrasi air dan geometri lereng aktual serta desain.

Selain *material properties*, mengevaluasi geometri lereng diperlukan juga nilai *surcharge load* berdasarkan pada alat berat HD Komatsu 785 dengan nilai 554,49 kN/m² dan *seismic load* dengan nilai 0,05 akibat pengaruh dari *blasting* dan gempa. Tinggi lereng keseluruhan 117,22 m, Lebar *berm* keseluruhan lereng 604,13 dan *overall slope* 10,93°. Sedangkan lebar *berm* pada *single slope* sebesar 18 meter, tinggi *single slope* 6 m dan sudut kemiringan nya sebesar 18,43°. Maka didapatkan nilai FK sebesar 1,944. Berikut ini merupakan hasil evaluasi desain RKP Tahun 2024 pada lereng keseluruhan.

c. Data Material Properties

Berikut ini merupakan peta foto udara persebaran titik bor di daerah penelitian dan juga tabel data material properties material *Old Dump* yang dibagi per elevasi setiap 20 meter.

Tabel 1 Material Properties *Old Dump* Pit X Tambang Air Laya

Material	Material Properties Pit X Tambang Air Laya					
	Density (kN/m ³)		Cohesion (kPa)		Friction Angle (°)	
	Wet	Dry	Peak	Residual	Peak	Residual
<i>Old Dump</i> (131-110)	19,75	16,39	40,88	28,12	14,69	11,28
<i>Old Dump</i> (110-90)	19,5	16,21	44,94	30,01	16,89	13,82
<i>Old Dump</i> (90-70)	19,48	16,12	46,84	23,22	19,36	13,74
<i>Old Dump</i> (70-50)	19,15	15,55	41,12	22,78	19,08	12,64

Pada penelitian ini menggunakan nilai parameter *peak*, nilai ini digunakan berdasarkan KEPMEN 1827 untuk lereng *Overall Slope* dan *Intermediat Slope*. Untuk kondisi muka air tanah pada lereng penelitian dibuat -5 dari permukaan *surface* berdasarkan data curah hujan. Curah hujan yang semakin tinggi menyebabkan infiltrasi air kedalam tanah semakin banyak sehingga menambah massa tanah/ batuan dan mengakibatkan kestabilan lereng menurun.

d. Evaluasi Kestabilan Lereng Single Slope Highwall Desain Interramp Slope Material Old Dump Tahun 2024 Pit X, Tambang Air Laya

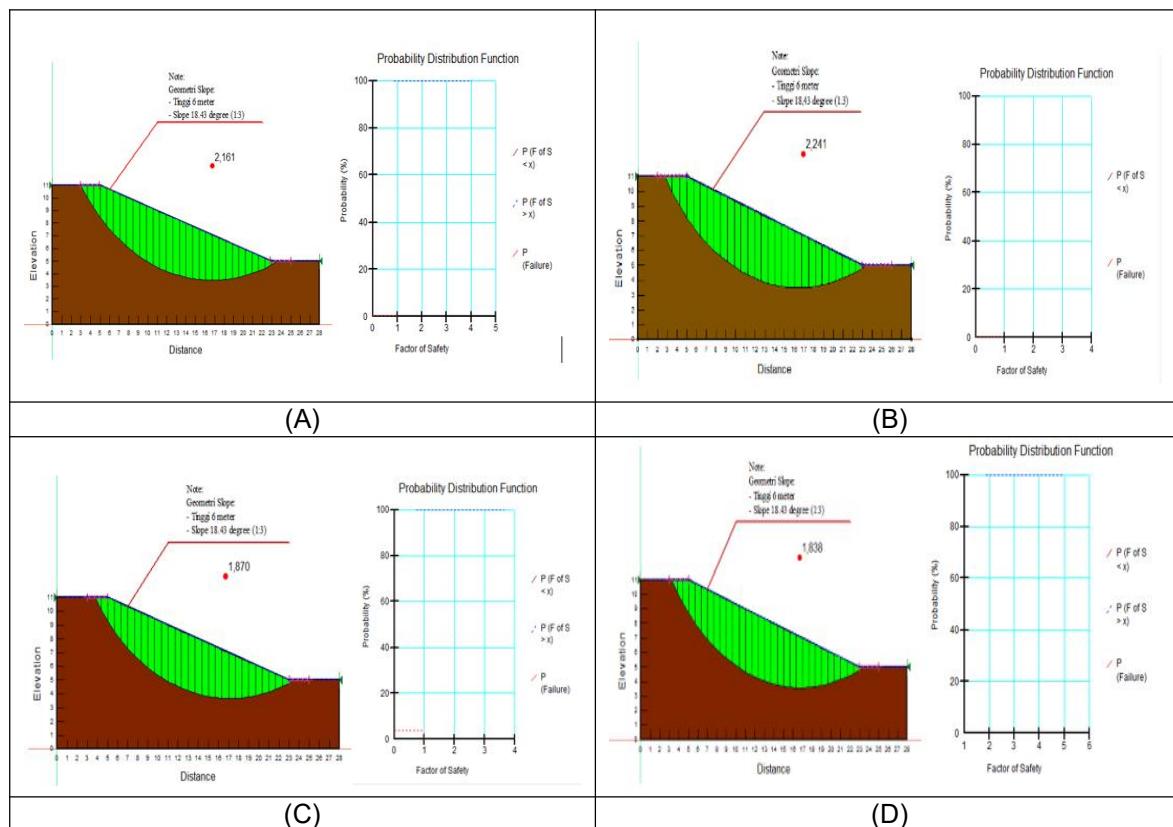
Berdasarkan desain *Interramp Slope* Material *Old Dump* tahun 2024, secara lereng tunggal elevasi pada elevasi 131-50 memiliki rasio perbandingan tinggi 1:3 dengan tinggi lereng 6 m sehingga memiliki sudut sebesar

18,43°. Data properties yang digunakan adalah kohesi dan sudut geser dalam yang bersifat residual (sisa) dengan kondisi air jenuh atau *full saturated*. Berikut ini merupakan data

properties nilai faktor keamanan dan nilai probabilistik kelongsoran per elevasi tiap 20 meter.

Tabel 2 Data Properties material *Old Dump*, faktor kemanan dan nilai Probabilistik kelongsoran per elevasi tiap 20 meter

Elevation	Unit weight (kN/m ³)	Cohesion (kPa)	Friction Angle (°)	FK	PK (%)
131-110	19,63	29,07	12,55	2,161	0,5
110-90	19,5	30,01	13,82	2,241	0,2
90-70	19,32	23	13,19	1,838	0
70-50	19,15	22,78	12,64	1,870	3,85



Gambar 3 Hasil evaluasi faktor keamanan dan grafik probabilistik kelongsoran lereng tunggal pada elevasi 131-110 (A); Hasil evaluasi faktor keamanan dan grafik probabilistik kelongsoran lereng tunggal pada elevasi 110-90 (B); Hasil evaluasi faktor keamanan dan grafik probabilistik kelongsoran lereng tunggal pada elevasi 90-70 (C); Hasil evaluasi faktor keamanan dan grafik probabilistik kelongsoran lereng tunggal pada elevasi 70-50 (D)

- e. Berikut ini merupakan hasil Evaluasi lereng keseluruhan material *Old Dump* dengan tinggi lereng keseluruhan 66,582 m, lebar berm lereng 447,69 m , *overall slope* 8,32° dan lebar bench 25 m , tinggi bench 6 m dengan rasio perbandingan 1:3 dan sudut *single slope* 18,43°. Maka didapatkan nilai Faktor Keamanan dan Probabilistik Kelongsoran sebesar 1,724 dan 0%.

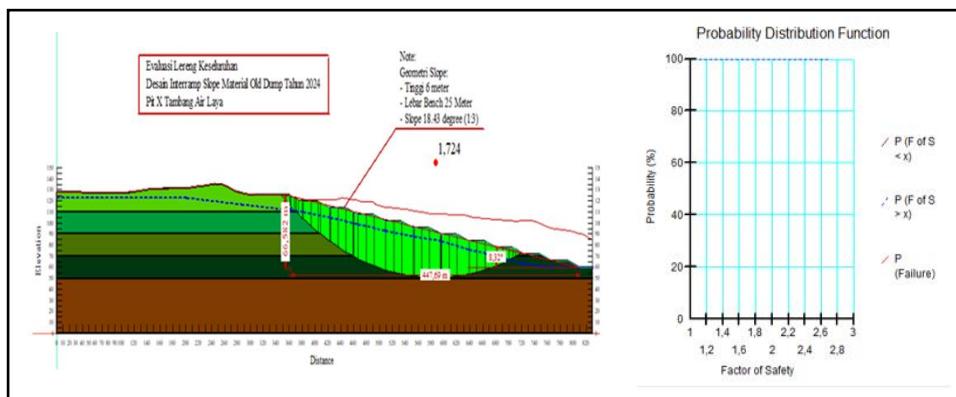
f. Simulasi Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Single Slope)

Pembuatan model geometri lereng tunggal lapisan material *Old Dump* dengan 2 pemodelan tinggi lereng yaitu 6 meter dan 8 meter. Kemiringan lereng berdasarkan tinggi jenjang terhadap lebar jenjang, yaitu: 1:1,5 , 1:2 , 1:2,5 seperti pada tabel 4.

g. Redesain Geometri Lereng Keseluruhan Interramp Slope Material Old Dump Tahun 2024

Hasil evaluasi desain lereng keseluruhan *Interramp Slope* material *Old Dump* Tahun 2024 sudah aman namun faktor keamanannya masih terlalu besar dan masih dapat di kecilkan guna mengurangi biaya

pengupasan tanah penutup. Pada *redesain* lereng keseluruhan material *Old Dump Interramp Slope* material *Old Dump* Tahun 2024 dimajukan bertujuan untuk mengoptimalkan faktor keamanan dan faktor ekonomisannya agar tanah penutup yang akan dikupas akan semakin sedikit.



Gambar 4 Hasil evaluasi faktor keamanan dan grafik probabilistik kelongsoran lereng keseluruhan pada elevasi 131-50

Tabel 3 Hasil simulasi lereng tunggal pada material *Old Dump* elevasi 131-50

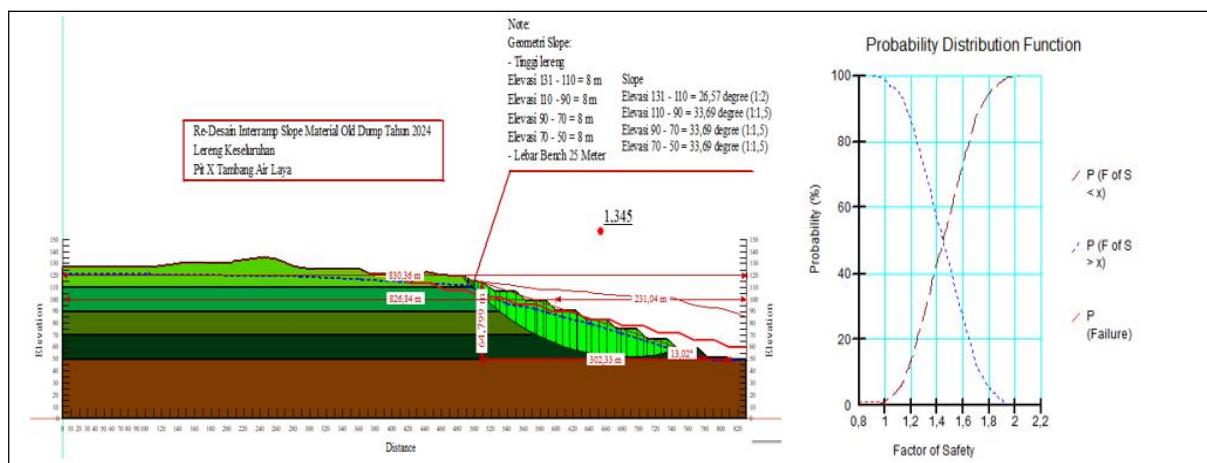
Bench Height (m)	Tebal Lapisan (m)	Faktor Keamanan / Probabilitas Kelongsoran					
		Rasio Perbandingan			Lapisan	Elevasi	
		1 : 1,5	1 : 2 Single Slope (%)	1 : 2,5			
6		2,032 / 2,8%	2,121 / 1,45%	2,146 / 1,0%	<i>Old Dump</i>	±131-110	
8	±20	1,625/8,5%	1,683 / 5,5%	1,864 / 2,7%	(S1)		
6		1,929 / 4,02%	2,047 / 1,3%	2,18 / 0,2%	<i>Old Dump</i>	±110-90	
8	±20	1,731 / 9,5%	1,737 / 7%	1,950 / 2,1%	(S2)		
6		1,721 / 0%	1,796 / 0%	1,846 / 0%	<i>Old Dump</i>	±90-70	
8	±20	1,218 / 0%	1,341 / 0%	1,421 / 0%	(S3)		
6		1,782 / 10,95%	1,798 / 8,7%	1,817 / 6,45%	<i>Old Dump</i>	± 70-50	
8	±20	1,320 / 25,15%	1,390 / 20,75%	1,432 / 17,45%	(S4)		

Berdasarkan pemodelan lereng tunggal material *Old Dump* diperoleh rekomendasi lereng tunggal yang sesuai dengan

pendekatan nilai FK minimum sebesar 1 dan nilai PK minimum sebesar 50% yaitu sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil rekomendasi lereng tunggal paa material Old Dump elevasi 131-50

Elevasi	Rasio	Tinggi (m)	Unit weight (kN/m³)	Kohesi (kPa)	Sudut Geser Dalam (°)	FK	PK (%)
131-110	1:2 (26,57°)	8	19,63	29,07	12,55	1,683	5,5
110-90	1:1,5 (33,69°)	8	19,5	30,01	13,82	1,731	9,5
90-70	1:1,5 (33,69°)	8	19,32	23	13,19	1,218	0
70-50	1:1,5 (33,69°)	8	19,15	22,78	12,64	1,320	25,15



Gambar 5 Hasil rekomendasi lereng tunggal pada material Old Dump elevasi 131-50

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan terhadap kestabilan lereng pada *highwall* Pit X Tambang Air Laya Utara dapat disimpulkan bahwa:

- Setelah dilakukan evaluasi Desain *Overall Slope* dan *Single Slope Interramp Slope* Material *Old Dump* Tahun 2024 didapatkan nilai Faktor Keamanan sebagai berikut:
- Penelitian ini hanya fokus membahas lereng material *Old Dump* saja dan dianalisis per elevasi setiap 20 meter dari elevasi 131 m sampai 50 m dimana hasil evaluasi faktor keamanan yang didapat pada *Overall Slopenya* memiliki FK sebesar 1,661 dan dapat diketahui bahwa hasil FK pada lereng sayatan D-D' material *Old Dump* merupakan lereng yang aman (stabil).
- Hasil evaluasi faktor keamanan yang didapat pada *Single Slope* lereng material *Old Dump* dengan tinggi lereng 6 m dan rasio pebandingan 1:3 pada elevasi 131-110 didapatkan nilai sebesar 2,059 , elevasi 110-

- 90 sebesar 2,241 , elevasi 90-70 sebesar 1,883 dan pada elevasi 70-50 sebesar 1,870.
- Jika disimpulkan secara sekilas, desain lereng secara keseluruhan maupun secara tunggal *Interramp Slope* material *Old Dump* Tahun 2024 dapat dinyatakan bahwa lereng sudah aman. Namun, desain lereng masih dapat dioptimalkan lagi dengan memperhatikan faktor keamanan dan tingkat keekonomisan. Oleh karena itu perlu adanya rekomendasi desain lereng yang baru. Berikut ini merupakan hasil redesain lereng:
 - Hasil rekomendasi lereng setiap elevasi per 20 meter nya antara lain pada elevasi 131-110 memiliki tinggi lereng 8 meter, rasio perbandingan 1:2 dan sudut 26,57° dengan FK 1,555 dan PK 10,4%; elevasi 110-90 memiliki tinggi lereng 8 meter, rasio perbandingan 1:1,5 dan sudut 33,69° dengan FK 1,731 dan PK 9,5% ; elevasi 90-70 memiliki tinggi lereng 8 meter, rasio perbandingan 1:1,5 dan sudut 33,69° dengan

FK 1,387 dan PK 0% ; dan elevasi 70-50 memiliki tinggi lereng 8 meter, rasio perbandingan 1:1,5 dan sudut 33,69° dengan FK 1,320 dan PK 25,15%.

Hasil rekomendasi lereng keseluruhan material *Old Dump* pada elevasi 131-50 memiliki tinggi lereng keseluruhan 64,799 meter, lebar lereng keseluruhan 302,33 meter dan sudut 13,02° dengan FK 1,293 dan PK 3,1%.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada PT Bukit Asam terutama kepada Bapak Tri Arga Kurniawan S.T. selaku rekan kerja dalam penelitian ini. Kemudian terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan artikel dan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ramadhanti,F. 2017. "Analisis Balik Kestabilan Lereng Blok Iii-S Pit Warute Area Lowwall Panel 10 Dan Panel 15 Site Ida Manggala Pt. Antang Gunung Meratus Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan". Padang: Universitas Negeri Padang.
- Amaliya, N., Mardiah, M., & Akuan, A. (2016). Pengaruh Getaran Tanah Akibat Peledakan Terhadap Kemantapan Lereng Tambang Air Laya Selatan PT Bukit Asam (Persero) Tbk. *MINERAL*, 1(1), 67-75.
- Sitohang, E. I., Pitulima, J., & Oktarianty, H. (2022). Penilaian Tingkat Kestabilan Lereng De ngan Metode Slope Mass Rating (SMR) pada Bench S dan J PT Tanjung Bukit Nunggal Kabupaten Bangka Tengah. *MINERAL*, 7(1), 29-35.
- Sepriadi, S., & Prastowo, A. M. 2019. A Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Kesetimbangan Batas Pada Lereng High Wall Pit 1 Utara Tambang Banko Barat Menggunakan Software Geostudio Slope/W 2018 Di Pt Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(01), 58-75.
- Lumbantoruan,N.A. 2024. "Geologi Dan Analisis Kestabilan Lereng Desain Yearly 2024 Pit X, Banko Barat Pt. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan". Purbalingga: Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman.
- Ambarwati,N. 2023. "Analisis Kestabilan Lereng Highwall Pit 2 Banko Barat Pada Tambang Batubara Pt.Bukit Asam Tbk Tanjung Enim, Kecematan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan". Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama.
- Amrullah, F. 2018 "Rekayasa Geoteknik Untuk Optimasi Kestabilan Lereng Highwall dan Sidewall Tambang Mahayung PT. Bukit asam Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan". Universitas Padjadjaran : Jatinangor.
- Giffari, F. R., Zakaria, Z., & Sophian, R. I. 2020. "Kajian Kestabilan Lereng Highwall dengan Metode Kesetimbangan Batas dan Probabilistik pada PIT Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan". *Geoscience Journal*, 4(2), 173-180.
- Irawan,P.A., Franto., Irvani. 2023. "Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas Dan Probabilistik Di TK 4488 PT Timah Tbk". *Jurnal Himasapta*, Vol. 8, No. 1 : 39-46.
- Kottama ,G. W., Candra, A. I., Rivianto ,A. 2023. "Optimasi Geometri Lereng dengan Evaluasi Nilai Faktor Keamanan Menggunakan Software Geostudio". *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil*. Vol. 6, No. 2 : E-ISSN 2621-7686.
- Simbolon, K. 2021. "Desain Geometri Lereng Berdasarkan Analisis Nilai Faktor Keamanan (Fk) Daerah Tambang Air Laya Utara, Muara Enim, Sumatera Selatan". Palembang: Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- Andhini, D., Ramadhanti, F., & Koesnaryo, S. 2019. Analisis Balik Kestabilan Lereng Studi Kasus Tambang Batubara PT. X Menggunakan Analisis Probabilistik Monte Carlo. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN)* (Vol. 1, No. 1, pp. 125-132).
- Sudinda, T. W. 2020. Analisis Kestabilan Lereng pada Lokasi Tambang Batubara Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal ALAMI: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 4(2), 96-104.
- Yadi, Z., Hirnawan, F., & Maryanto, M. 2015. Kestabilan Geometri Lereng Bukaan Tambang Batubara di PT. Pasifik Global Utama Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 1-8.

Marini, A. E., Anaperta, Y. M., & Saldy, T. G.
2019. Analisis Kestabilan Lereng Area
Highwall Section B Tambang Batubara PT.
Manggala Usaha Manunggal Jobsite Pt.
Banjarsari Pribumi, Kecamatan Merapi Timur,
Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. *Bina
Tambang*, 4(4), 80-89.