



**Analisis Balik Stabilitas Lereng Tambang dan Rekomendasi Rekayasa Keteknikannya,
Studi Kasus: Area *Low Wall* Pit Y Blok 4900-5500 Strip 3500-4300
PT. Pamapersada Nusantara Site PT. Adaro Indonesia**

Sahel Selsabeel^{1*}, Dian Agus Widiarso¹, Devina Trisnawati¹

¹Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Sari

Dalam pelaksanaan kegiatan penambangan dengan sistem tambang terbuka pada site PT. Adaro Indonesia PT. Pamapersada Nusantara, terdapat indikasi ketidakstabilan lereng pada area *low wall* pit Y strip 3500–4300 blok 4900–5500. Data monitoring pada bulan September 2020, menunjukkan adanya pergerakan rata-rata 5mm/hari. Ketidakstabilan lereng pada tambang terbuka dapat mengganggu efektifitas produksi. Oleh sebab itu, diperlukan analisis balik untuk mengetahui kondisi aktual massa batuan, kondisi aktual lereng yang tidak stabil, dan kesesuaian nilai sifat keteknikan. Dalam mengatasi ketidakstabilan diperlukan rekayasa keteknikan lereng yang sesuai untuk meningkatkan kestabilan lereng. Metode analisis balik dipilih untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng yang mendekati keadaan tidak stabil. Selain itu, perhitungan faktor keamanan lereng untuk penentuan desain rekomendasi rekayasa keteknikan menggunakan metode kesetimbangan batas, dengan kriteria keruntuhan Mohr Coulomb. Berdasarkan analisis balik diketahui bahwa material penyusun lereng lokasi penelitian berupa material timbunan, batupasir, batulempung, dan batubara. Nilai sifat keteknikan hasil simulasi analisis balik menunjukkan angka yang lebih kecil dari hasil uji laboratorium. Material timbunan mengalami penurunan nilai kohesi sebesar 46,55% dan sudut geser dalam sebesar 11,83%, sedangkan pada batupasir unit LS3B mengalami penurunan nilai kohesi sebesar 94,70% dan nilai sudut geser dalam sebesar 56,40%. Rekayasa yang direkomendasikan untuk menaikkan nilai faktor keamanan lereng berupa perubahan geometri lereng.

Kata Kunci : Analisis Balik; Ketidakstabilan Lereng; *Low Wall*; Rekayasa Lereng.

Abstract

Implementation of an open-pit mining system at the PT. Adaro Indonesia PT. Pamapersada Nusantara, there are indications of slope instability in the low wall area pit Y strip 3500 – 4300 block 4900 - 5500. Monitoring data in September 2020, shows an average movement of 5mm/day. Slope instability in an open-pit mining system can interfere with production effectiveness. For this reason, a back analysis is needed to determine the actual condition of the rock mass, the actual condition of the unstable slope, and the suitability of the value of the engineering properties. To overcome the instability, appropriate slope engineering is needed to improve slope stability. The back analysis method was chosen to determine the value of the slope safety factor that is close to an unstable state. In addition, the calculation of the slope safety factor for determining the design of engineering recommendations uses the limit equilibrium method, with the Mohr-Coulomb failure criterion. Based on the back analysis, it is known that the materials that make up the slopes of the research site are disposal material, sandstone, claystone, and coal. The value of the engineering properties of the back analysis simulation shows a number that is smaller than the results of laboratory tests. The disposal material experienced a decrease in cohesion value of 46.55% and friction angle of 11.83%, while the LS3B unit sandstone experienced a decrease in cohesion value of 94.70% and internal shear angle of 56.40%. The recommended engineering to increase the value of the safety factor is to change the slope geometry.

Keywords: *Low Wall, Slope Instability, Back Analysis, Slope Stabilization*

*) Korespondensi : selsabeelsahel@gmail.com

Diajukan : 19 Juli 2021

Diterima : 9 November 2021

Diterbitkan : 3 Desember 2021

PENDAHULUAN

Penambangan terbuka (*open pit*) merupakan penambangan atau penggalian dari permukaan bumi ke bawah tanah yang dilaksanakan secara berjenjang (Sudrajat, 2010). Dinding tambang yang didesain dengan kemiringan yang curam dapat meningkatkan produksi tambang tetapi beresiko mengalami longsor (Lalitya dkk., 2017). PT Pamapersada Nusantara *site* PT. Adaro Indonesia mengadopsi sistem penambangan terbuka (*open pit mining*) pada Pit Y.

Berdasarkan data *monitoring* pergerakan lereng selama bulan September 2020 (Gambar 1), terdapat pergerakan dengan rata-rata pergerakan sekitar 5 mm/hari (PT. Pamapersada Nusantara, 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa area tersebut merupakan *critical area* atau daerah kritis. Selain itu, dari pengamatan atau inspeksi secara visual pada Gambar 2 menunjukkan keterdapatannya indikasi pergerakan lereng berupa retakan dan rembesan.

Kondisi ini tidak menguntungkan dalam kegiatan penambangan karena akan mengganggu efektifitas produksi. Oleh karena itu, diperlukan kajian hasil perhitungan nilai faktor keamanan (FK) sesuai dengan kondisi di lapangan. Pada penelitian ini, faktor keamanan minimum yang akan digunakan adalah $FK \geq 1,25$ sesuai Nilai Faktor Keamanan menurut Bowles (1989).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual massa batuan, kondisi aktual lereng yang tidak stabil, kesesuaian nilai sifat keteknikan dengan hasil analisis balik, dan melakukan rekayasa lereng yang sesuai untuk meningkatkan kestabilan lereng lokasi penelitian. Analisis balik merupakan metode analisis yang dilakukan untuk mengetahui

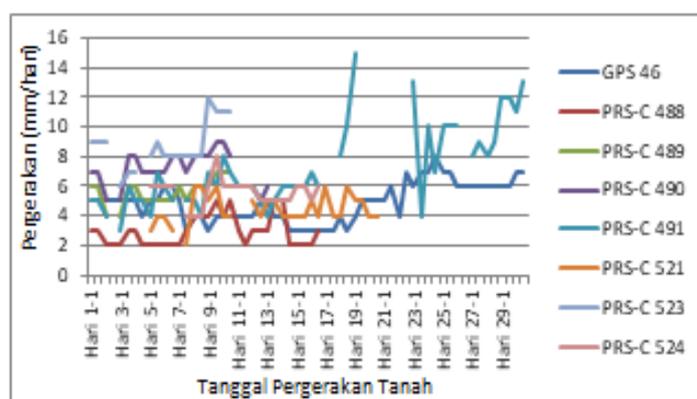
parameter kekuatan batuan, yakni kohesi dan sudut geser dalam sebelum terjadi longsor atau lereng dalam keadaan setimbang (Hoek and Bray, 1981). Beberapa penelitian menunjukkan hasil perkiraan nilai kohesi (C) dan sudut geser dalam (ϕ) umumnya lebih kecil dari nilai hasil uji laboratorium (Andhini dkk, 2020; Rizaldi dan Heriyadi, 2019; Febriadi dkk, 2020). Hasil perkiraan nilai C dan ϕ dijadikan masukan dalam menghitung FK rekomendasi desain rekayasa keteknikan.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan menggunakan tiga metode dalam pengolahan dan analisis datanya. Diawali dengan melakukan analisis balik pada lereng yang memiliki indikasi ketidakstabilan. Nilai parameter properties (kohesi dan sudut geser dalam) awal sebelum terjadi ketidakstabilan disesuaikan hingga memperoleh nilai FK tidak stabil dengan kondisi aktual. Penyesuaian nilai dilakukan dengan percobaan *trial and error* menggunakan *software slide 6.0*.

Selanjutnya penentuan rekomendasi rekayasa keteknikan dilakukan dengan memasukkan nilai parameter *properties* hasil analisis balik. Dalam hal ini, perhitungan nilai FK menggunakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb dan Metode Kesetimbangan Batas Umum.

Ada tiga rekomendasi rekayasa yang disimulasikan yaitu pengubahan geometri lereng, simulasi penurunan muka air tanah, dan pemberian struktur pemberat. Pengubahan geometri lereng dapat dilakukan dengan pemotongan dan penimbunan pada lereng atau sekitarnya. Simulasi muka air tanah dengan cara menyimulasikan penurunan air yang mungkin terjadi dengan tujuan untuk mengurangi berat (massa) tanah yang bergerak dengan cara



Gambar 1. Grafik Monitoring Pergerakan Lereng September 2020.

membuat saluran penirisan horizontal atau vertikal. Struktur pemberat biasanya digunakan untuk memberi beban tambahan pada kaki lereng.

HASIL DAN DISKUSI

Litologi Area Lereng *Low Wall* Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada *Low Wall* Pit Y PT. Pamapersada Nusantara site PT. Adaro Indonesia yang berada di Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Area penelitian ini berada pada Formasi Warukin yang menurut Heryanto dan Panggabean (2013) tersusun atas litologi batulempung warna kelabu sampai kehitaman dengan sisipan batupasir dan batubara yang mana sesuai dengan kondisi di area penelitian.

Kondisi aktual material di area penelitian tersusun atas material timbunan, batupasir, batulempung, dan batubara. Material timbunan yang ada berwarna abu-abu memiliki ketebalan mencapai kurang lebih 48 m. Satuan litologi daerah penelitian tersusun oleh batupasir, batulempung, dan batubara. Litologi batupasir berwarna kecoklatan memiliki ketebalan bervariasi mulai dari 7 m hingga 30 m. Litologi batulempung berwarna abu-abu memiliki ketebalan bervariasi mulai dari 5 m hingga 50 m. Batulempung di area penelitian ini memiliki

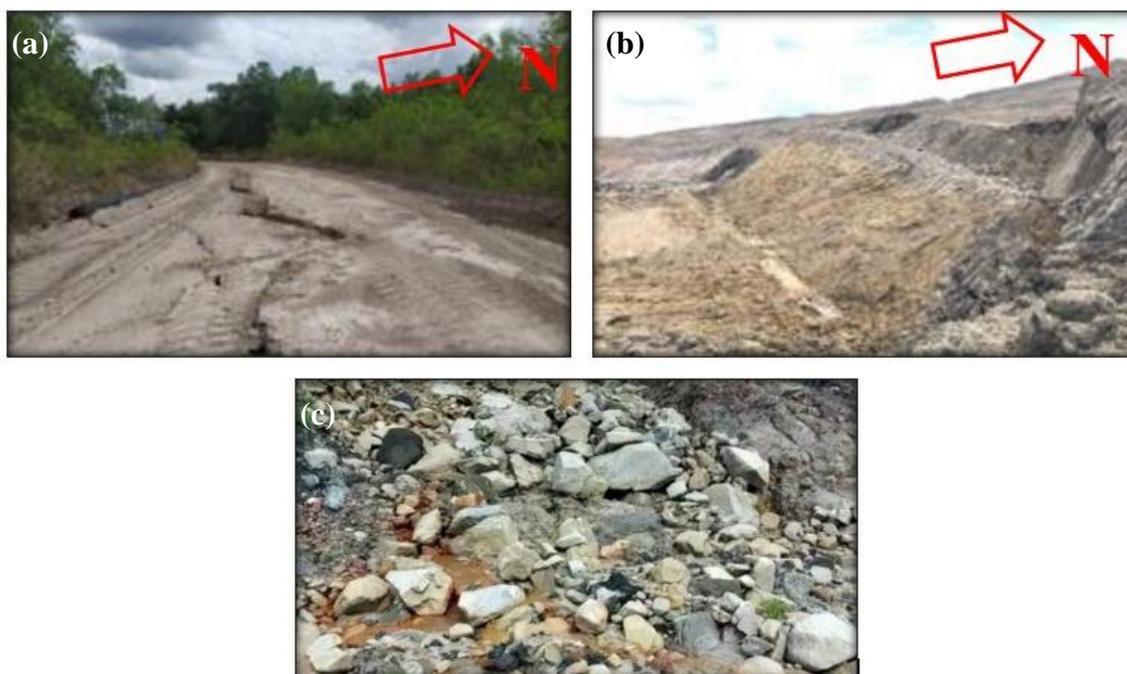
kedudukan *strike/dip* dominan $N32^{\circ}E/34^{\circ}$. Batubara pada area penelitian berwarna hitam dan cerat hitam mengkilap, memiliki ketebalan yang juga bervariasi. Batubara di area penelitian memiliki kedudukan *strike/dip* dominan $N32^{\circ}E/34^{\circ}$.

Beberapa kode unit digunakan dalam menyebut material di area penelitian. Ketidakstabilan yang terjadi di area penelitian berada pada material timbunan dan batupasir. Batupasir yang mengalami ketidakstabilan termasuk batupasir unit LS3B. Material timbunan dalam penelitian ini juga disebut *disposal* atau *cutback*.

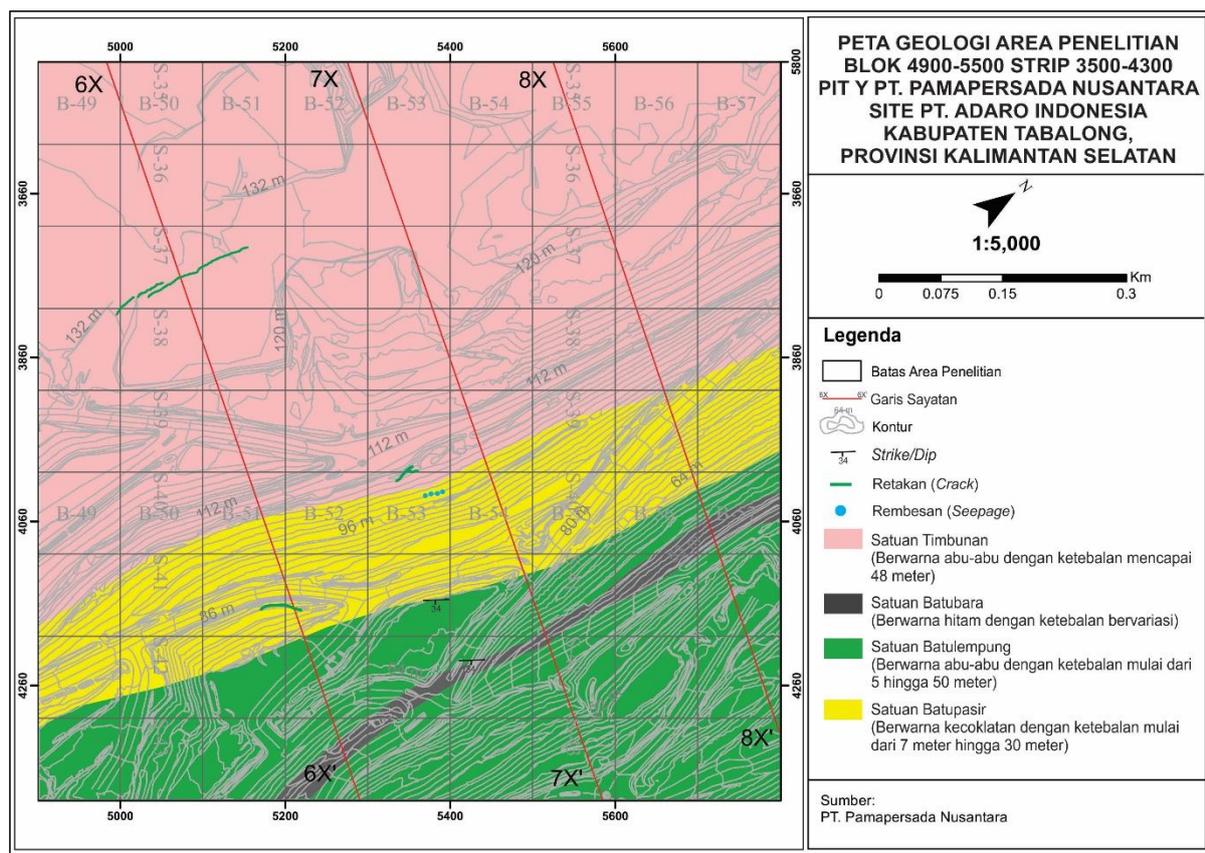
Analisis Balik Lereng *Low Wall* Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil inspeksi visual di lapangan, area *Low Wall* Pit Y ditemukan indikasi ketidakstabilan lereng tambang yang berada pada (Gambar 3):

- RL+132, berupa retakan sepanjang 160 m dengan penurunan 3-11 mm material timbunan (Gambar 2.a).
 - RL+86, berupa retakan sepanjang 45 m pada material batupasir (Gambar 2.b).
- RL+96, berupa rembesan yang berasal dari drainase pada RL+112 (Gambar 2.c).



Gambar 2. Hasil pengamatan visual pada lokasi penelitian yang menjadi indikasi pergerakan lereng (a) Retakan di RL+132 timbunan, (b) Retakan di RL+86 *crest* Jalan Natuna dan (c) Rembesan di RL+96.



Gambar 3. Peta Geologi Area Penelitian.

Kemunculan rembesan (*seepage*) pada RL+96 mengindikasikan adanya peningkatan muka air tanah. Peningkatan muka airtanah menyebabkan kondisi batuan menjadi jenuh air sehingga mengakibatkan berkurangnya tingkat kestabilan lereng. Jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran juga berpengaruh terhadap kestabilan suatu lereng, semakin dekat jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dan semakin jauh jarak dari permukaan lereng, maka semakin besar nilai faktor keamanannya (Handayani dkk, 2014). Frans dan Nurfalaq (2019) menambahkan penurunan muka air tanah memiliki hubungan berbanding terbalik dengan peningkatan nilai Faktor Keamanan sebuah lereng, begitupula sebaliknya.

Indikasi retakan berada pada litologi batupasir unit LS3B yang merupakan *greensand* (batupasir glaukonit). Batupasir jenis ini memiliki kandungan glaukonit yang mana glaukonit merupakan mineral kelompok mika. Keberadaan mineral glaukonit pada batupasir dapat menurunkan permeabilitas pada batupasir (Diaz dkk, 2003). Selain itu, keberadaan mineral glaukonit juga dapat meningkatkan penyerapan

air dan potensi kembang susutnya (Wilson dkk, 2014). Apabila litologi memiliki komposisi mineral yang memiliki sifat kembang-susut tinggi bertemu dengan air maka dapat mengembang dan menurunkan kuat gesernya. Penurunan kuat geser batuan penyusun lereng dapat memicu potensi suatu lereng mengalami kondisi ketidakstabilan dan nilai faktor keamanan lerengnya menurun. Suatu material yang memiliki sifat kembang susut tinggi dapat dengan mudah terpengaruh oleh air. Kondisi air tanah jenuh pada lereng akan menambah beban lereng sehingga lereng lebih mudah mengalami ketidakstabilan atau longsor (Nurhidayat dkk, 2016).

Berdasarkan indikasi-indikasi yang ditemukan, kondisi aktual lereng *low wall* lokasi penelitian mengalami penurunan nilai faktor keamanan lereng dari analisis faktor keamanan tiap bulan yang menyatakan bahwa lereng stabil dan nilai faktor keamanannya $> 1,25$. Hasil evaluasi bulanan yang dilakukan menunjukkan adanya penurunan nilai FK dari 2,843 menjadi 1,258 dalam kondisi jenuh (*fully saturated*) sebelum dilakukan analisis balik.

Parameter *Properties* Geoteknik Hasil Analisis Balik

Analisis balik dilakukan pada penampang 6X-6X'. Nilai parameter *properties* hasil analisis balik digunakan untuk menghitung nilai FK pada penampang 7X-7X' dan 8X-8X'. Nilai parameter *properties* lereng setelah dilakukan analisis balik dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil analisis balik, pada masing-masing nilai *properties* dari sebelum terjadi ketidakstabilan dan sesudah dilakukan analisis balik terjadi penurunan nilai. Penurunan nilai kohesi pada material timbunan sebesar 46,55% dan nilai sudut geser dalam sebesar 11,83% sedangkan pada batupasir unit LS3B mengalami penurunan nilai kohesi sebesar 94,70% dan nilai sudut geser dalam sebesar 56,40%.

1. Penampang 6X-6X'

Pada bulan Agustus 2020 dengan menggunakan parameter masukan nilai kohesi dan sudut geser dalam sebelum analisis balik (Tabel 1), nilai FK penampang 6X-6X' pada material timbunan (*disposal*) sebesar 2,843. Setelah dilakukan analisis balik dengan metode *General Limit Equilibrium* (GLE) nilai FK berubah menjadi 0,965 (Gambar 4.a). Nilai FK material batupasir unit LS3B menjadi 1,061.

2. Penampang 7X-7X'

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng pada *software Slide 6.0* dengan memasukkan nilai parameter *properties* sesudah analisis balik (Tabel 1) didapatkan nilai FK pada penampang 7X-7X' (Gambar 4.b) dalam kondisi kritis hingga tidak stabil dengan metode *General Limit Equilibrium* (GLE) sebesar 1,029 pada batupasir LS3B dan 1,166 pada material timbunan (*disposal*).

3. Penampang 8X-8X'

Pada penampang 8X-8X', dengan masukan nilai parameter *properties* sama dengan penampang 7X-7X' didapatkan nilai FK dalam kondisi kritis hingga tidak stabil (Gambar 4.c) dengan metode *General Limit Equilibrium* (GLE) sebesar 0,918 (nilai FK terendah), 1,171 pada batupasir LS3B dan 1,148 pada material timbunan (*disposal*).

Rekayasa yang direkomendasikan

Nilai faktor keamanan yang didapatkan dari hasil analisis balik sebelumnya di bawah 1,25

Tabel 1. Nilai *Properties* Geoteknik Material Sebelum dan Sesudah Analisis Balik.

Material	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam (ϕ)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Timbunan	60,425	32,3	7,69	6,78
Batupasir (LS3B)	284,335	15,1	33,937	14,8

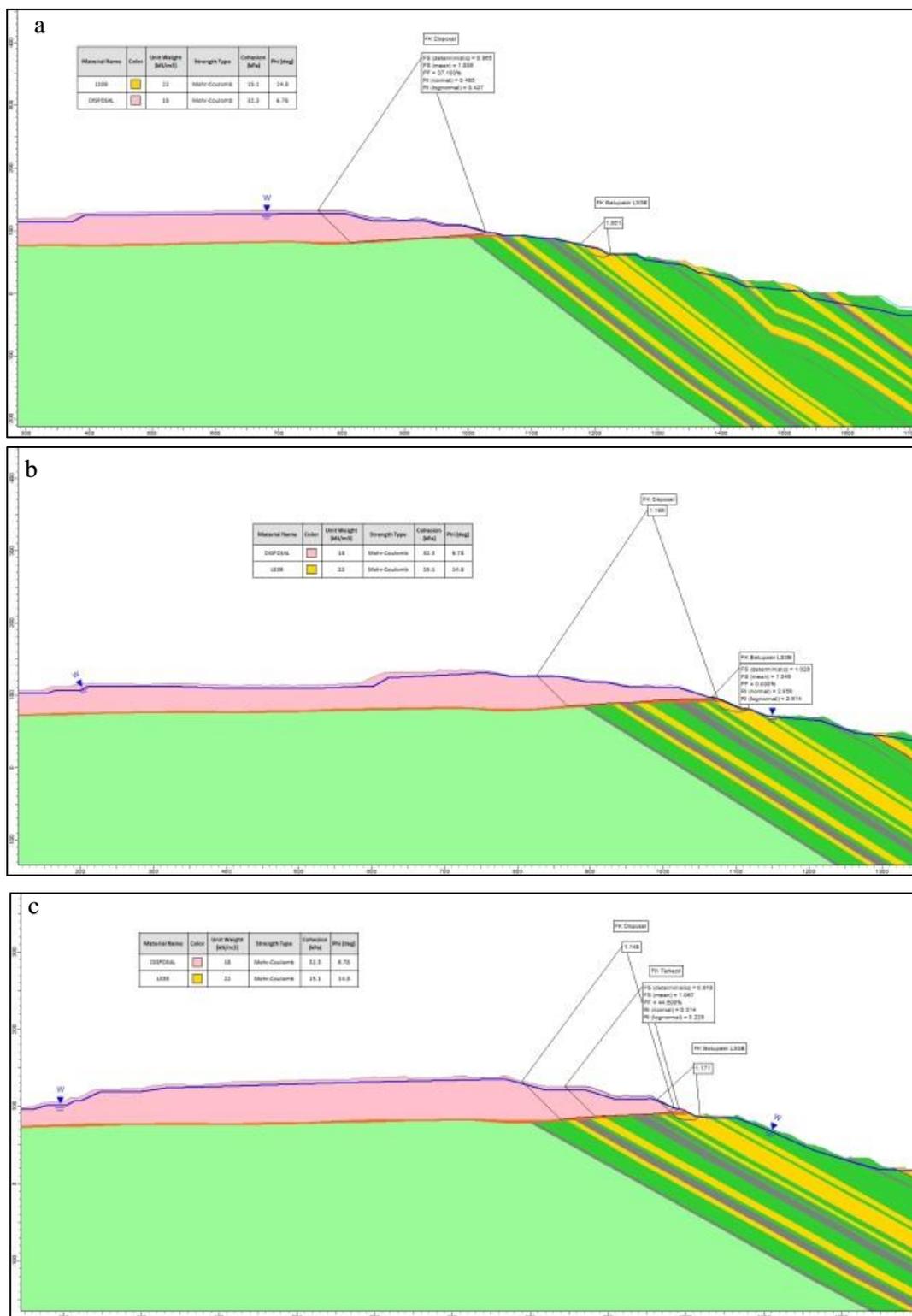
yang berarti lereng tersebut tidak aman. Guna menghindari dan meminimalisir kemungkinan buruk yang dapat terjadi dengan nilai faktor keamanan $< 1,25$ maka perlu dilakukan rekayasa lereng. Rekayasa lereng dapat dilakukan dengan mengubah geometri lereng, menurunkan muka air tanah, atau dengan memberikan struktur pemberat (*counterweight*) sehingga lereng memiliki nilai faktor keamanan $> 1,25$ yang termasuk aman.

1. Perubahan Geometri Lereng

Parameter acuan yang digunakan untuk mengubah geometri lereng berdasarkan standar keamanan PT. Pamapersada Nusantara adalah tinggi lereng pada material timbunan maksimal 12 m dan material original maksimal 16 m, kemiringan lereng material timbunan maksimal 20^0 dan material original mengikuti kemiringan lapisan batubaranya, lebar *bench* pada material timbunan minimal 24 m dan material original minimal 8 m. Perbandingan nilai faktor keamanan lereng sebelum dan sesudah rekayasa perubahan geometri lereng dapat dilihat pada Tabel 2. Rekayasa dilakukan dengan mengurangi sudut geometri lereng serta penjenjangan pada beberapa elevasi.

2. Simulasi Muka Air Tanah (MAT)

Rekayasa lain yang dapat diambil yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah (MAT). Dengan melakukan simulasi penurunan muka air tanah pada desain geometri lereng akan diperoleh nilai faktor keamanan. Penurunan muka air tanah (MAT) disimulasikan keadaan $\frac{3}{4}$ H, $\frac{1}{2}$ H, $\frac{1}{4}$ H dan kering. Perhitungan H (tinggi lereng) dihitung dari RL+132 hingga RL+64 dan dilanjutkan hingga RL+0. Rekayasa simulasi penurunan muka air tanah (MAT) horisontal (*drainhole*) yang akan dipasang pada elevasi 0. Simulasi yang dilakukan pada 3 penampang menunjukkan pada kondisi kering terdapat peningkatan nilai FK (Tabel 3).



Gambar 4. Sayatan penampang lereng (a) 6X-6X', (b) 7X-7X' dan (c) 8X-8X' dengan parameter masukan nilai properties sesudah dilakukan analisis balik.

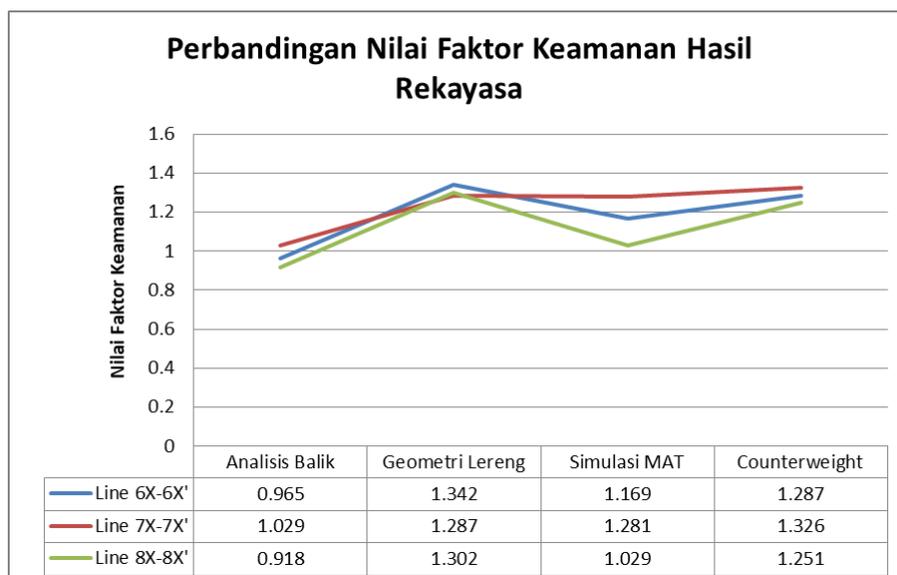
Tabel 2. Perbandingan Nilai Faktor Keamanan dengan Simulasi Rekayasa Perubahan Geometri Lereng.

Sebelum Rekayasa							
Penampang	Elevasi (mdpl)		Tinggi (m)	Lebar Bench (m)	Sudut ($^{\circ}$)	FK	
6X-6X'	132	120	12	112	15	0,965	
	120	112	10	44,613	18		
	112	108	8	41,7	18		
	81	64	17	9,7	27		
7X-7X'	132	127	12	33,4	15	1,029	
	127	108	10	25,7	12		
	113	97	15	76,8	20		
	97	82	15	11	23		
8X-8X'	135	126	9	39,9	14	0,918	
	126	110	16	60	17		
	110	96	14	28	29		
Sesudah Rekayasa							
Penampang	Elevasi (mdpl)		Tinggi (m)	Lebar Bench (m)	Sudut ($^{\circ}$)	FK	
6X-6X'	132	120	12	50,118	10	1,342	
	120	112	8	44,613	15		
	112	108	4	31,6	18		
				Jenjang (<i>Benching</i>)			
	81	75	6	9,7	38		
	75	70	5	8	38		
	70	64	6	12,4	27		
7X-7X'	132	127	12	33,4	14	1,287	
	127	120	7	25,7	10		
	120	117	3	25,8	11		
	117	108	9	44,5	17		
	108	97	9	41,9	17		
				Jenjang (<i>Benching</i>)			
	97	92	5	15,5	31		
	92	87	5	9,2	33		
	87	82	5	10,37	33		
8X-8X'	135	126	9	39,94	20	1,302	
				Jenjang (<i>Benching</i>)			
	126	120	6	25,74	17		
	120	110	10	32,82	17		
	110	96	14	51	20		

3. Struktur Pemberat (*Counterweight*)

Struktur pemberat dapat membantu menahan atau meningkatkan gaya penahan berupa material yang dipadatkan yang biasanya diposisikan di kaki lereng. Material struktur pemberat (*counterweight*) yang digunakan oleh

PT. Pamapersada Nusantara Site PT. Adaro Indonesia memiliki karakteristik material sebagai berikut : memiliki nilai *properties* geoteknik yaitu bobot isi sebesar $18,5 \text{ kN/m}^3$, kohesi sebesar 80 kPa, dan sudut geser dalam sebesar 20° .



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Faktor Keamanan Hasil Rekayasa.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Faktor Keamanan dengan Simulasi Penurunan Muka Airtanah.

Kondisi	Nilai FK			
	MAT	6X-6X'	7X-7X'	8X-8X'
Jenuh		0,965	1,029	0,918
¾ H		1,063	1,226	1,023
½ H		1,147	1,257	1,029
¼ H		1,169	1,272	1,029
Kering		1,169	1,281	1,029

Tabel 2. Perbandingan Nilai Faktor Keamanan Pemberian Counterweight.

Nilai FK	Penampang		
	6X-6X'	7X-7X'	8X-8X'
Sebelum Rekayasa	0,965	1,029	0,918
Sesudah Rekayasa	1,287	1,326	1,251

Rekayasa dengan cara menambah struktur pemberat (*counterweight*) pada masing-masing desain geometri lereng dilakukan dengan pemotongan material lereng di atasnya. Hal ini bertujuan agar nilai faktor keamanan yang didapat optimal yaitu > 1,25. Hasil analisis FK untuk rekomendasi penambahan struktur pemberat pada kaki lereng tersaji pada Tabel 4.

Rekayasa-rekayasa yang telah dilakukan di atas dapat meningkatkan nilai faktor keamanan lereng tambang sehingga kegiatan operasi tambang berjalan dengan aman. Hasil nilai faktor keamanan yang didapat dari rekayasa-rekayasa baik perubahan geometri lereng,

simulasi muka air tanah, maupun penambahan *counterweight* dibandingkan dalam satu grafik untuk melihat perubahan yang paling signifikan di antara ketiganya. Grafik perbandingan hasil rekayasa ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan grafik perbandingan nilai faktor keamanan hasil masing-masing rekayasa, dapat dilihat bahwa rekayasa pengubahan geometri lereng memiliki perubahan yang paling signifikan di antara ketiga rekayasa yang dilakukan. Perubahan nilai faktor keamanan hasil rekayasa pengubahan geometri lereng dapat dijadikan sebagai pilihan utama yang direkomendasikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai properties material disposal mengalami penurunan nilai kohesi sebesar kohesi sebesar 46,55% dan nilai sudut geser dalam sebesar 11,83%, sedangkan pada batupasir unit LS3B mengalami penurunan nilai kohesi sebesar 94,70% dan nilai sudut geser dalam sebesar 56,40%.
- Hasil perhitungan nilai FK dengan parameter masukan nilai hasil analisis balik terhadap 3 penampang menunjukkan bahwa lereng *low wall* Pit Y masuk dalam kriteria tidak stabil hingga kritis.
- Rekayasa pengubahan geometri lereng menunjukkan signifikansi peningkatan nilai FK lereng *low wall* Pit Y paling besar di antara rekayasa lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak PT Pamapersada Nusantara yang telah menyediakan data untuk penelitian ini serta memberikan saran dalam pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhini, D., Ramdhanti, F., dan Koesnaryo, S., 2020. Analisis Balik Kestabilan Lereng Studi Kasus Tambang Batubara PT.X Menggunakan Analisis Probabilistik Monte Carlo. *Prosiding Seminar Kebumihan dan Kelautan 1*, hal.125 -132.
- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah:(mekanika Tanah)*. Erlangga.
- Diaz, E., Prasad, M., Mavko, G., dan Dvorkin, J., 2003. Effect of glauconite on the elastic properties, porosity, and permeability of reservoir rocks. *The Leading Edge*, 22(1), hal.42-45.
- Febriadi, A., Dearga, A., Rampan, R.A., Oktavianto, H., dan Nugroho, P., 2020. Analisis Balik Menggunakan Acuan Deformasi Aktual Permukaan Lereng Tambang Dalam Menentukan Kekuatan Batuan Di Pit Wr Pt Adaro Indonesia. *Prosiding TPT XXIX PERHAP*, hal.133- 144.
- Handayani, T., Wulandari, S., dan Wulan, A., 2014. Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Menggunakan GEOSLOPE/W 7.12. *Prosiding KOMMIT*
- Heryanto, R. dan Panggabean, H., 2013. Lingkungan Pengendapan Formasi Pembawa Batubara Warukin di Daerah Kandangan dan Sekitarnya, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 23(2), hal.93-103.
- Hoek, E. dan Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering, 3rd Ed*, The Institution of Mining and Metalurgi London
- Lalitya, T.J., Indrawan, I., dan Bassmantra, A., 2017. Analisis Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Batubara dengan Metode Probabilitas pada Highwall dan Lowwall Pit Tania Panel 2, PT. Kaltim Prima Coal, Kalimantan Timur. In *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan ke-10 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan dalam Pembangunan Infrastruktur di Indonesia. 13–14 September 2017*.
- Nurhidayat, T., Sophian, R.I., dan Zakaria, Z., 2016. Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Faktor Kestabilan Lereng Tambang. In *Seminar Nasional Ke-III Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran*.
- PT. Pamapersada Nusantara, 2020. *Data Kestabilan Lereng dan Hasil Monitoring*. Tidak diterbitkan.
- Rizaldi dan Heriyadi, B., 2019. Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang Disederhanakan Pada Area Blok Bukit Tambun PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto. *Jurnal Bina Tambang* 5(4), hal.57–67.
- Sudrajat, N., 2010. *Teori dan Praktek Tambang Indonesia Menurut Hukum*. Yogyakarta: Pustaka Yustisia.
- Wilson, M.J., Wilson, L., dan Patey, I., 2014. The influence of individual clay minerals on formation damage of reservoir sandstones: a critical review with some new insights. *Clay Minerals*, 49(2), hal.147-164.