



PENGARUH ELEVASI PERMUKAAN AIR TERHADAP PROBABILITAS KELONGSORAN DAN STABILITAS LERENG TIMBUNAN DI OPEN PIT "X" PT. BERAU COAL, KALIMANTAN TIMUR

Muhamad Arief Maulana^{1*}, Hanifan Cipta Muamar Ka'bah¹,
Mohamad Sapari Dwi Hadian¹, Nur Khoirullah¹

¹Fakultas Teknik Geologi UNPAD, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km. 21 Jatinangor, 45363

*Korespondensi: muhamad19045@mail.unpad.ac.id

SARI

Dalam kegiatan penambangan di tambang terbuka (*open pit mining*) dibutuhkan tempat untuk menyimpan material penutup bahan galian (*overburden*) yang biasa disebut sebagai *disposal*. Dalam beberapa kasus, penimbunan material *overburden* dilakukan di lubang bekas galian tambang (*void*). Kegiatan penimbunan material *overburden* membutuhkan perencanaan yang baik. Penelitian ini dilakukan di *open pit* "X" site Samarata PT. Berau Coal, Kalimantan Timur. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung nilai faktor keamanan lereng timbunan, probabilitas kelongsoran dan menganalisis pengaruh tinggi permukaan air terhadap stabilitas lereng timbunan. Penelitian ini menggunakan metode Bishop dengan kondisi pseudostatic dan kondisi muka air tanah *fully saturated*. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa nilai faktor keamanan lereng pada area penelitian berkisar antara 0.993 hingga 1.33 dan nilai probabilitas kelongsoran 17.1 hingga 35.6 %. Nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran tersebut dipengaruhi oleh bentuk geometri lereng, distribusi tekanan, koefisien getaran dan tinggi permukaan air dimana semakin tinggi permukaan air pada *pit* maka nilai faktor keamanan lereng nya semakin tinggi dan nilai probabilitas kelongsorannya semakin rendah.

Kata Kunci : Analisis Kestabilan Lereng, Probabilitas Kelongsoran, Tambang Terbuka, *Disposal*, *Overburden*

ABSTRACT

At the open pit mining, a place is needed for storing overburden material which is commonly referred as a disposal. In some cases, overburden material is stockpiled in void. Overburden material stockpiling activities require good planning. This research was conducted in the open pit "X" Site Samarata PT. Berau Coal, East Kalimantan. The purpose of this study is to calculate the value of the safety factor of the slope, calculate the probability of failure and to analyze the effect of the water level on the slope stability. This study used the Bishop method with pseudostatic conditions and fully saturated groundwater conditions. From the results of this study it was found that the value of the slope safety factor in the study area ranged from 0.993 to 1.33 and the value of the probability of failure is 17.1 to 35.6%. The value of the factor of safety and the probability of failure is influenced by the geometry of the slope, distributed load, seismic load, and the height of the water level where the higher the water level in the pit, the value of the slope safety factor is higher and the value of the probability of failure is lower.

Keywords: Slope Stability Analysis, Probability of Failure, Open Pit Mining, Disposal, Overburden

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan penambangan yang paling umum dijumpai dalam tambang batubara adalah penambangan terbuka (*open pit*). Dalam kegiatan penambangan terbuka, dilakukan kegiatan pembersihan lahan (*land clearing*) terlebih dahulu, kemudian dilakukan kegiatan penggalian bahan galian hingga membentuk suatu lubang tambang (*pit*) dan selanjutnya dilakukan penggalian bahan galian. Material penutup dari bahan galian (*overburden*) nantinya akan dipindahkan dan disimpan di sebuah tempat yang disebut sebagai *disposal*.

Disposal adalah area pada tambang terbuka yang dijadikan sebagai tempat untuk menimbun material yang tidak berharga. Oleh karena itu dalam perencanaan *sequence* penambangan harus diikuti dengan pembuatan *disposal* (Hardianti & Halim, 2021). *Disposal* yang baik hendaknya dibuat sesuai dengan kaidah geometri atau parameter geoteknik yang telah ditetapkan, sehingga desain tersebut dapat mengakomodir produksi dan aman untuk diimplementasikan di lapangan (Prasetya, 2011). Perencanaan *disposal* yang tidak baik dapat menyebabkan turunnya nilai kestabilan lereng yang berdampak pada besar potensi terjadinya longsor pada lereng *disposal* dan berujung pada terhambatnya jalan angkut areal *disposal*, berkurangnya kapasitas penyimpanan pada *disposal*, dan juga dapat menyebabkan *fatality* hingga berhentinya kegiatan operasional.

Kestabilan lereng dapat dianalisis dengan melakukan analisis faktor keamanan lereng yang mengacu pada data dari sifat fisik dan sifat mekanik tanah atau batuan. Analisis kestabilan lereng harus didasarkan pada data dan model geometri lereng yang aktual dan mendekati kondisi aslinya. Namun, faktor keamanan bukan satu-satunya parameter dalam menentukan kestabilan lereng. Analisis probabilitas kelongsoran dijadikan perhitungan sebab ditemukannya lereng yang bersifat stabil namun tetap mengalami kelongsoran (Rusni, 2019).

Penelitian ini dilakukan di *open pit* “x” PT Berau Coal *site* Samarata. *Pit* tersebut merupakan *pit* yang sudah tidak aktif dan akan ditimbun dengan kondisi *pit* yang telah dipenuhi air. Kegiatan penimbunan ini, dilakukan dengan metode *High Dump* dimana material akan dibuang dari ketinggian tertentu dan kemudian didorong dengan menggunakan *bulldozer* ke arah *pit* sehingga material timbunan akan membentuk lereng.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kestabilan dari lereng timbunan dan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari air permukaan yang ada pada *pit* terhadap kestabilan lereng timbunan di *pit* tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop

Alan W. Bishop (1955) memperkenalkan metode yang lebih detail untuk menganalisis kestabilan lereng. Metode ini mempertimbangan kesetimbangan momen dan pada metode ini, pengaruh gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan diperhitungkan. Menurut Bishop (1955) dalam Amri, dkk. (2021) nilai faktor keamanan dalam metode ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\sum [c \cdot b + (W - u \cdot b) \tan \phi] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \tan \alpha \tan \phi / F}}{\sum w \sin \alpha}$$

Dimana:

FS = Faktor Keamanan; c = kohesi (jika analisa dalam kondisi undrained diambil nilai C_u jika dalam kondisi drained diambil nilai kohesi efektif); b_n = panjang horisontal bidang irisan ke-n; W_n = gaya akibat beban tanah ke-n; α = sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor; ϕ = sudut geser tanah (jika dalam kondisi undrained nilai sudut geser 0); μ = tekanan air pori.

Pada penelitian ini menggunakan bantuan software Slide2 dalam melakukan simulasi. Adapun acuan nilai faktor keamanan lereng dan probabilitas kelongsoran dalam penelitian ini adalah Kepmen ESDM Nomor 1827 Tahun 2018.

Tabel 1 Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor yang Diizinkan (Kepmen ESDM Nomor 1827 Tahun 2018)

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/ CoF)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) PoF (FK≤1)
Lereng tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Aspek Perhitungan Getaran

Pada saat menganalisis kestabilan lereng dengan metode *pseudostatic* diperlukan suatu koefisien *pseudostatic* atau koefisien getaran. Koefisien getaran dalam penelitian ini diakibatkan oleh unit alat berat yang terdiri dari Dump Truck HD yang didapat dengan persamaan:

$$A_{maks} = 2 \times 3.14159 \times PPV \times F / 386.4$$

$$A_{maks} = 2 \times 3.14159 \times 0.98 \times 1 / 386.4$$

$$A_{maks} = 0.0159 \text{ (Ningrum, dkk. 2019)}$$

Dimana:

PPV = Peak Particle Velocity (inch/s)

F = Frekuensi (Hz)

Nilai tersebut kemudian dibulatkan menjadi 0.02. untuk mensimulasikan nilai dengan kemungkinan terburuk yang dapat terjadi.

Beban Terdistribusi (Distributed Load)

Beban terdistribusi (*distributed load*) merupakan tekanan yang tersebar pada area dengan panjang dan volume tertentu. Tekanan ini dapat terdistribusi baik secara vertikal maupun horizontal. Pada penelitian ini, beban terdistribusi secara horizontal berasal dari alat berat yang beroperasi di area atas area lereng. Unit yang beroperasi pada area penelitian ini terdiri dari *dump truck* berjenis CAT 777 yang memiliki bobot kosong 161.030 kg dengan *payload* 70.335 kg (Adams, 2019). Panjang keseluruhan dari CAT 777 adalah 9.78m sehingga memiliki *distributed load* sebesar 23.656 kg/m² dan kemudian dikonversikan menjadi 232 kN/m². Selain itu terdapat *bulldozer* Caterpillar D8 memiliki berat kosong 37.580 kg dengan panjang keseluruhan 4.93m (Adams, 2019) sehingga menghasilkan *distributed load* sebesar 7.622 kg/ m² yang kemudian dikonversikan menjadi 75 kN/m².

Konsep Probabilitas Kelongsoran (PK)

Probabilitas kelongsoran merupakan perhitungan hasil analisis kestabilan lereng yang ditunjukkan dalam bentuk persentase dari jumlah nilai faktor keamanan lereng yang memiliki nilai FK < 1 dibagi dengan total FK yang dilakukan pengujian (Arifadillah, 2021). Nilai probabilitas kelongsoran diitung dengan persentase nilai faktor keamanan (FK) lebih dari satu atau dimana parameter gaya penahan lebih besar dari gaya pendorong yang ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$PK = (N-M) / N \times 100\%$$

Dimana:

PK = Probabilitas kelongsoran; N = Jumlah uji yang dilakukan; M = Jumlah nilai yang memenuhi asumsi FK > 1

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk perhitungan nilai faktor keamanan (FK) lereng dalam penelitian ini adalah metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*) dengan metode Bishop. Sedangkan untuk perhitungan nilai probabilitas kelongsoran (PK) menggunakan metode probabilistik dengan jenis distribusi uniform. Pada analisis ini kestabilan lereng dihitung dengan kondisi *pseudostatic* dimana getaran berasal dari alat berat yang beroperasi di sekitar area penelitian. Analisis kestabilan lereng dalam penelitian ini juga dilakukan dengan kondisi lereng *fully saturated*, dan terdapat beban terdistribusi yang berasal dari alat berat yang beroperasi di area atas lereng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

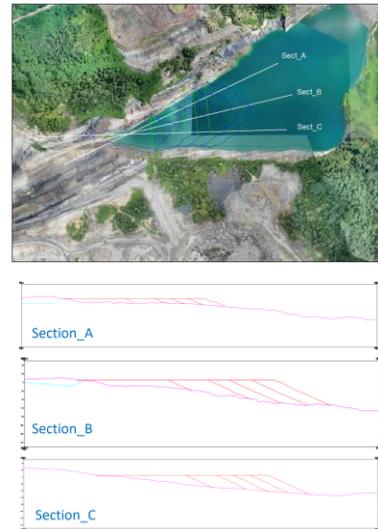
Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan peta geologi regional lembar Tanjung Redeb, Kalimantan Timur yang dibuat oleh Burhan (1995), daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Latih (Tml). Formasi ini dicirikan dengan perselingan batupasir kuarsa, batulempung, batulanau, konglomerat, dan batubara di bagian atas; bersisipan serpih pasir dan batugamping di bagian bawahnya. Ketebalan formasi ini dapat mencapai 800 meter dengan ketebalan lapisan batubara berkisar 20 – 550 cm, berwarna hitam – coklat. Formasi ini berumur Miosen Awal – Miosen Tengah dengan ketebalan sekitar 800 m. Bagian bawah dari Formasi Latih diendapkan di lingkungan paparan delta yang tidak mengandung batubara; sedangkan di bagian atas yang banyak mengandung batubara diendapkan di lingkungan fluvial hingga delta plain bagian atas

Penarikan Section Lereng Timbunan

Pada area penelitian, dibuat tiga *section* lereng timbunan yang kemudian dinamai dengan *section A*, *section B* dan *section C*. *Section A* merupakan *section* yang ditarik ke arah

highwall, *section B* ke area tengah *pit* dan *section C* ke area *low wall*. Penarikan tiga *section* ini dibuat supaya analisis ini dapat mewakili setiap kondisi yang ada di *open pit* “X”.



Gambar 1 Penarikan Section Pada Area Penelitian

Material Penyusun Lereng

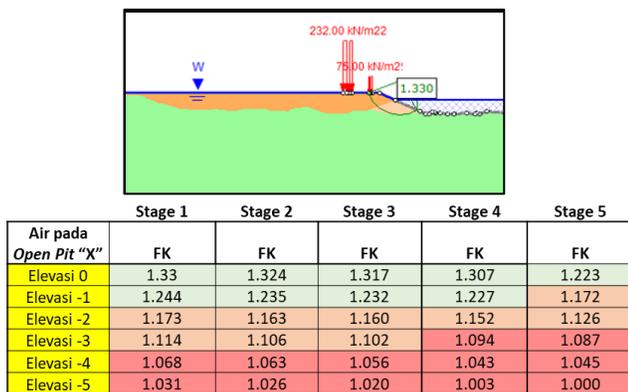
Material pada area penelitian dibagi menjadi tiga, yang terdiri dari *bedrock*, material timbunan dan material timbunan jenuh. Perlapisan batuan yang ada pada bagian dasar *pit* diseragamkan menjadi *bedrock* dikarenakan kurangnya data yang dimiliki, sedangkan material penyusun lereng terdiri dari material homogen yang merupakan material *overburden* yang telah diberai dengan metode *blasting*. Nilai material properties dari material timbunan dan material timbunan jenuh didapat dari hasil *uji direct shear* yang dilakukan di laboratorium oleh departemen Geoteknik & Hidrologi PT. Berau Coal.

Tabel 2 Material Properties Penyusun Lereng

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Timbunan		19	Mohr-Coulomb	60	35	Water Surface
Timbunan Jenuh		22	Mohr-Coulomb	25	5	Water Surface

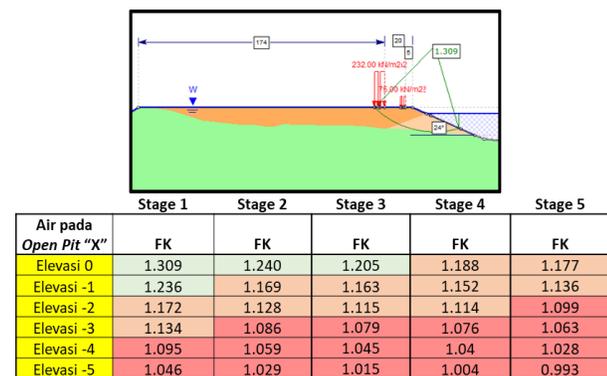
Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng dilakukan pada ketiga *section* yang terdiri dari *section A*, *section B* dan *section C*. Masing-masing *section* terdiri dari lima tahapan penimbunan dimana pada masing-masing tahapannya dilakukan analisis kestabilan lereng dengan tinggi muka air 0 hingga -5 mdpl. Hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2 Analisis Kestabilan Lereng Section A

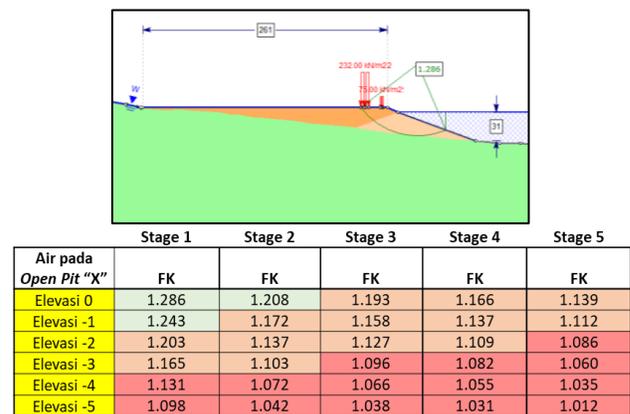
Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng pada *section A*, nilai faktor keamanan (FK) relatif lebih stabil ketika permukaan air berada pada elevasi 0 mdpl. Nilai faktor keamanan lereng berkurang seiring dengan turunnya elevasi permukaan air pada open pit "X".



Gambar 3 Analisis Kestabilan Lereng Section B

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng pada *section B*, nilai faktor keamanan lereng pada *section* ini relatif lebih rendah dibanding

dengan *section A*. Hal ini disebabkan karena lereng pada *section B* relatif lebih tinggi dibanding lereng pada *section A*. Pada *section* ini juga nilai faktor keamanan lereng relatif lebih stabil ketika permukaan air berada pada elevasi 0 mdpl. Nilai faktor keamanan lereng berkurang seiring dengan turunnya elevasi permukaan air pada open pit "X".



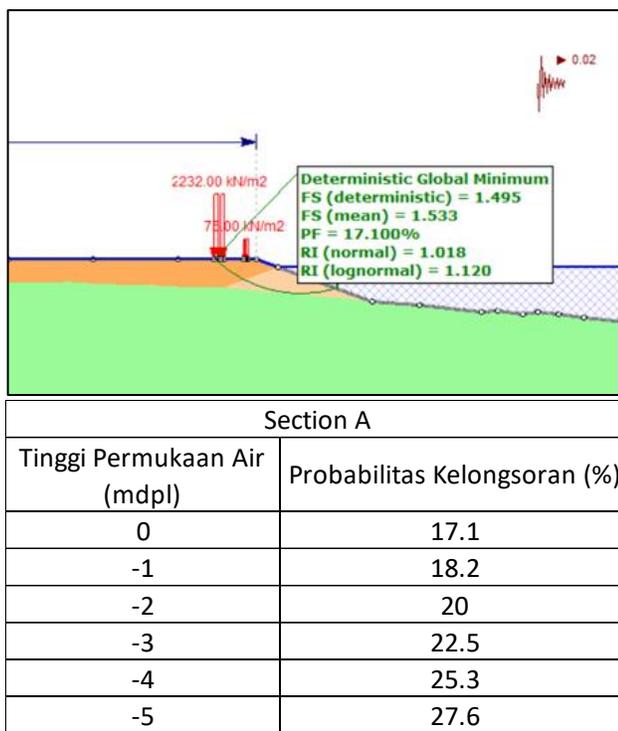
Gambar 4 Analisis Kestabilan Lereng Section C

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng pada *section C*, nilai faktor keamanan lereng pada *section C* relatif lebih rendah dibanding pada *section A* dan *section B*. Hal ini disebabkan oleh ketinggian dan sudut lereng pada *section C* yang relatif lebih tinggi dibanding *section A* dan *section B*. Pada *section* ini juga nilai faktor keamanan lereng relatif lebih stabil ketika permukaan air berada pada elevasi 0 mdpl. Nilai faktor keamanan lereng berkurang seiring dengan turunnya elevasi permukaan air pada open pit "X".

Probabilitas Kelongsoran

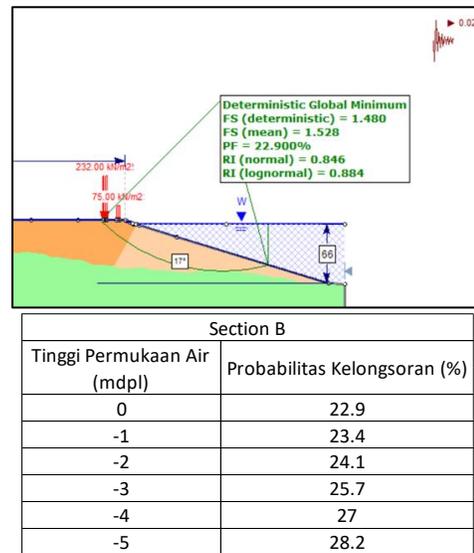
Analisis probabilitas kelongsoran pada lereng dilakukan pada *final design* dari *section A*, *section B* dan *section C*. Data-data yang telah diperoleh seperti data material properties, geometri lereng, dan lain-lain dimasukkan dalam analisis ini. Analisis probabilitas kelongsoran

dilakukan dengan distribusi *uniform* dengan nilai mean kohesi 30 serta nilai relatif minimum dan maksimumnya adalah 30 . Rentang dari nilai kohesi dalam penelitian ini adalah 0 - 60. Nilai sudut gesek yang digunakan dalam analisis ini memiliki nilai mean 17.5 serta nilai relatif minimum dan maksimumnya adalah 17.5. Rentang nilai dari sudut gesek dalam pada penelitian ini adalah 0 - 35. Hasil dari analisis probabilitas kelongsoran dapat dilihat pada gambar berikut.



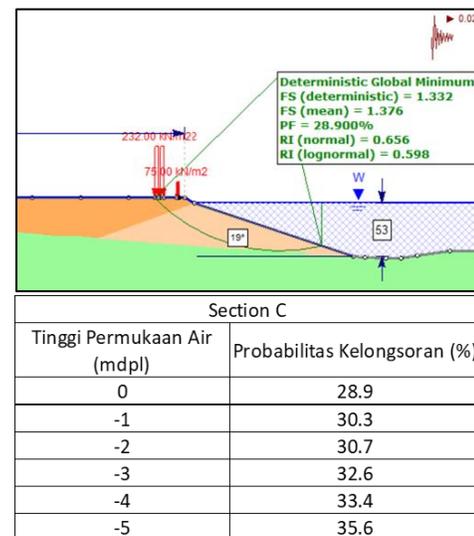
Gambar 5 Probabilitas Kelongsoran pada *Secion A*

Berdasarkan hasil analisis probabilitas kelongsoran pada *section A*, nilai probabilitas kelongsoran relatif lebih kecil ketika permukaan air berada di elevasi 0 mdpl. Nilai probabilitas kelongsoran relatif semakin besar seiring dengan turunnya elevasi permukaan air. Nilai probabilitas kelongsoran yang tinggi menunjukkan bahwa banyak kondisi pada lereng yang mengakibatkan lereng mengalami longsor.



Gambar 6 Probabilitas Kelongsoran pada *Secion B*

Berdasarkan hasil analisis probabilitas kelongsoran pada *section B*, nilai probabilitas kelongsoran pada *section B* relatif lebih besar dibanding *section A*, hal tersebut dipengaruhi oleh tinggi lereng pada *section B* yang lebih tinggi dibanding dengan *section A*. Nilai probabilitas kelongsoran relatif lebih kecil ketika permukaan air berada di elevasi 0 mdpl. Nilai probabilitas kelongsoran pada *section* ini juga relatif semakin besar seiring dengan turunnya elevasi permukaan air.



Gambar 7 Probabilitas Kelongsoran pada *Secion C*

Berdasarkan hasil analisis probabilitas kelongsoran pada *section C*, nilai probabilitas kelongsoran pada *section C* relatif lebih besar dibanding *section A* dan *section B*, hal tersebut dipengaruhi oleh tinggi dan sudut lereng pada *section C* yang relatif lebih tinggi dibanding dengan *section A* dan *section B*. Nilai probabilitas kelongsoran relatif lebih kecil ketika permukaan air berada di elevasi 0 mdpl. Nilai probabilitas kelongsoran pada *section* ini juga relatif semakin besar seiring dengan turunnya elevasi permukaan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa Nilai faktor keamanan lereng timbunan secara keseluruhan berkisar antara 0.993 hingga 1.33. Secara umum, nilai dari faktor keamanan lereng relatif stabil >1 , namun ada beberapa kondisi dimana faktor keamanan lereng berada pada keadaan yang kritis. Hal tersebut diakibatkan karena pengaruh dari geometri lereng, beban dari alat berat yang beroperasi di atas area lereng, getaran dan juga elevasi permukaan air pada open pit "X". Nilai probabilitas kelongsoran pada lereng timbunan secara keseluruhan berkisar antara 17.1 hingga 35.6 %, hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat banyak kondisi pada lereng yang mengakibatkan nilai faktor keamanan lereng < 1 terutama pada *section B* dan *section C*. Kondisi lereng relatif lebih stabil ketika tinggi permukaan air berada pada elevasi 0 hingga -1 mdpl dan relatif lebih tidak stabil seiring dengan penurunan elevasi permukaan air pada open pit "X". Dapat disimpulkan bahwa elevasi permukaan air mempengaruhi nilai kestabilan lereng dan juga mempengaruhi probabilitas kelongsoran. Hal tersebut diakibatkan oleh adanya tekanan hidrostatis dari air permukaan, dimana tekanan hidrostatis tersebut berperan sebagai gaya penahan pada lereng. Semakin tinggi permukaan air, maka tekanan hidrostatisnya semakin tinggi

pula, hal tersebut yang menyebabkan lereng relatif lebih stabil ketika elevasi permukaan air berada pada 0 mdpl, dibandingkan dengan ketika permukaan air berada pada elevasi dibawahnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, W. 2019. *Caterpillar Performance Handbook* 49. Peoria. Caterpillar.
- Amri, Nasrul, dkk. 2021. Perbandingan Metode Bishop Dan Janbu Dalam Analisis Stabilitas Lereng Pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa. Sumbawa: Journal of Civil Engineering and Planning Vol. 2 No. 1. E-ISSN 2746-6299
- Arifadillah, Raffi Rizki, dkk. 2021. Desain Lereng Optimal Berdasarkan Probabilitas Kelongsoran Melalui Analisis Balik Di Lereng Tambang Emas Pit X Jawa Barat. Jatinangor. Padjadjaran Geoscience Journal. i-ISSN: 2597-4033 Vol. 5, No. 3, Juni 2021.
- Burhan, G., Situmorang, R. L. 1995. Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb, Kalimantan. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Hardianti, S., & Halim, M.S. 2021. Perencanaan Desain Disposal Area Serta Sequence Timbunan Overburden Guna Mengakomodasi Produksi Bulan Juli Tahun 2020 Di Pt X, Kabupaten Kutai Barat. Palembang: Jurnal Pertambangan Vol. 5 No. 2. ISSN 2549 – 1008.
- Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia. 2018. Pedoman Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik. Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/MEM/2018.
- Ningrum, M., Laesanpura, A., Suhendi, C., & Mahartadika, Y. 2019. Estimasi Pengaruh Vibrasi Pergerakan Transportasi Alat Berat Pada Kestabilan Low-wall, Studi Kasus pada Aktivitas Penambangan Batubara Site Asam-

Asam, Kalimantan Selatan. 5. Dikutip Maret 2023 dari repo.itera.ac.id

Prasetya, S.I. 2011. Studi Kasus Analisa Kestabilan Lereng *Disposal* Di Daerah Karuh, Kec. Kintap, Kab. Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Yogyakarta. Diakses melalui Repository.upnvyk.ac.id.

Rusni, Silvy Oktari. 2019. Probabilitas Longsor Pada Lereng Tambang Batubara Terbuka Sisi Sidewall Selatan *Pit X*, Kalimantan Selatan. *Padjadjaran Geoscience Journal* Vol.3 No.5 Oktober 2019 pg 389 - 396