

PROBABILITAS KELONGSORAN GEOMETRI LERENG HIGHWALL DI PT. MAHAKAM PRIMA AKBAR SEJATI PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

LANDSLIDE PROBABILITY OF HIGHWALL SLOPE GEOMETRY IN PT. MAHAKAM PRIMA AKBAR SEJATI EAST KALIMANTAN PROVINCE

Woro Sundari, Ika F. Krisnasiwi dan Frengky Banunaek

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
e-mail: worosundari@gmail.com dan ikafitri_0102@yahoo.co.id

Abstrak

PT. Mahakam Prima Akbar Sejati merupakan perusahaan tambang batubara yang menggunakan metode penambangan *open pit*, dimana dalam pelaksanaannya akan membuat lereng dengan geometri tertentu. Penelitian ini dilakukan pada PIT 'N' section A-A' Highwall MPASGT-01, bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan yang aman dan sesuai dengan standar nilai faktor keamanan minimum yang ditetapkan perusahaan yaitu 1.3. Nilai faktor keamanan ditentukan dengan metode Bishop untuk *overall slope*, dari geometri section A-A' Highwall 01 diperoleh sudut lereng () individu 65°, lebar *bench* 5 meter, tinggi (*h*) 10 meter, dengan jumlah lereng individu yang terbentuk sebanyak sembilan lereng, akan menghasilkan lereng keseluruhan (*Overall Slope*) dengan dimensi sudut lereng 48°, tinggi 90 meter, dan memiliki nilai faktor keamanan 1.46 dengan kumulatif keruntuhan sebesar 13.48%.

Kata kunci: Faktor Keamanan, Highwall, probabilitas

Abstract

PT. Mahakam Prima Akbar Sejati is a coal mining company that uses the open pit mining method, which in its implementation will make slopes with certain geometries. This research was conducted in PIT 'N' section A-A 'Highwall MPASGT-01, aimed to determine the value of safety factors that are safe and in accordance with the minimum safety factor values set by the company, namely 1.3. The safety factor value is determined by the Bishop method for overall slope, from the geometry of section A-A 'Highwall 01, an individual slope angle () of 65 °, bench width of 5 meters, height (*h*) of 10 meters, with a total of nine individual slopes formed slope, will produce an overall slope (*Overall Slope*) with 48 ° slope angle dimensions, 90 meters high, and has a safety factor value of 1.46 with a cumulative collapse of 13.48%.

Keywords: Safety Factor, Highwall, probability

PENDAHULUAN

PT. Mahakam Prima Akbar Sejati sendiri merupakan perusahaan tambang yang bergerak di bidang eksploitasi batubara, salah satunya yang berlokasi di PIT 'N' Kecamatan Loakulu Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur yang merupakan daerah penelitian. Dalam kegiatan penambangan batubara PT. Mahakam Prima Akbar Sejati menerapkan sistem penambangan tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit mining* Penambangan dengan cara *open pit* dilakukan dengan menggali permukaan tanah sehingga membentuk lereng- lereng penambangan dengan perbedaan elevasi dan kemiringan tertentu. Lereng- lereng penambangan yang terbentuk dapat berupa lereng *highwall*. Lereng *highwall* merupakan lereng yang sengaja digali menggunakan

peralatan mekanis atau peledakan yang cenderung dibuat tegak lurus terhadap arah lapisan batuan atau berpotongan dengan arah (*strike*) dimana lapisan permukaan tersebut membentuk *bench* berjenjang dan kedudukannya memiliki elevasi yang berbeda serta membentuk sudut dengan kemiringan tertentu. Sehubungan dengan operasi produksi dan penambangan batubara pada area kerja PT. Mahakam Prima Akbar Sejati maka perlu dilakukan analisis faktor keamanan geometri lereng *highwall* dan perlu mengetahui kumulatif probabilitas keruntuhan lereng. Analisis geometri lereng dilakukan pada daerah lokasi penelitian yaitu pit 'N'. Khususnya pada daerah titik pemboran MPASGT-01.

TINJAUAN PUSTAKA

PT. Mahakam Prima Akbar Sejati (MPAS) sendiri menetapkan untuk lereng tunggal (*single slope*) dan untuk lereng keseluruhan (*overall*

slope) nilai FK 1,30 yang berlaku juga untuk lereng timbunan atau disposal. Peramalan model keruntuhan untuk Bishop berbentuk lingkaran *circular*, sedangkan untuk metode Janbu, model keruntuhannya tidak berbentuk busur lingkaran non *circular* (Sitohang, Roy, 2008).

Metode Bishop digunakan dalam perhitungan kestabilan lereng dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada dan memperhitungkan komponen gaya-gaya (horizontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan. Faktor keamanan sendiri adalah rasio perbandingan kuat geser (*shear strength*) dengan tegangan geser (*shear stress*) (Bishop, A. W. 1955)

Sifat fisik batuan bobot isi asli, bobot isi kering, bobot isi jenuh, kadar air jenuh, kadar air asli, derajat kejenuhan, porositas dan void ratio. Sifat mekanik batuan dapat ditentukan dengan beberapa uji lab, seperti uji kuat tekan uniaksial dan uji kuat tarik langsung (Made Astawa Rai dkk, 2013).

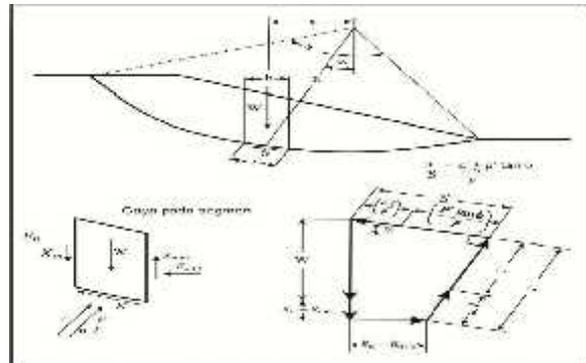
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode langsung (data primer) dan metode tidak langsung (data sekunder). Metode langsung yaitu pengamatan dan pengambilan data secara langsung di lapangan sedangkan metode tidak langsung yaitu pengambilan data-data yang sudah ada (data perusahaan). Hasil data lapangan yang berupa hasil pengamatan lapangan dan data sekunder kemudian dilakukan perencanaan desain lereng berdasarkan dengan bantuan software. Data sekunder hasil laboratorium berupa kohesi (c), bobot isi () dan sudut geser dalam (°) yang digunakan sebagai analisis index properties faktor kestabilan lereng. Pembuatan model lereng keseluruhan (*overall slope*) menggunakan software Slide Rocscience menggunakan analisis longsor busur (*circular failure*) metode Bishop. Hasil analisis perhitungan nilai faktor keamanan ini dari masing-masing penampang selanjutnya dijadikan sebagai pertimbangan dalam merancang lereng yang aman sesuai faktor keamanan 1.3 menurut ketentuan Mining Departemen PT. Mahakam Prima Akbar Sejati.

Iterasi Bishop

Metode Bishop disederhanakan (Bishop, 1955 dalam Hardiyatmo, 2003) menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis

permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan keruntuhan berbentuk lingkaran sebab adanya gerakan rotasi pada masa tanah, gaya normal bekerja pada *centre* irisan dalam arah vertikal.



Sumber: Rock Slope Engineering, Hoek & Bray, 1981
 Gambar 1. Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan (Metode Bishop)

Dari Gambar 1. Maka dapat dibentuk persamaan untuk menghitung nilai Faktor keamanan:

$$FK = \frac{1}{\sum W \sin r} \sum \left[\frac{(cb + (W - bu) \tan w) \sec r}{1 + \frac{\tan w \cdot \tan r}{F}} \right] \dots\dots\dots(1)$$

Atau

$$FK = \frac{\sum (cb + (W - ub) \tan w) \left(\frac{1}{\cos r (1 + \tan w \cdot \tan r / F)} \right)}{\sum W \sin r} \dots(2)$$

Keterangan:

- S = Kekuatan geser efektif
- s = Kekuatan geser yang ada
- c = Kohesi efektif
- P = Gaya normal efektif pada dasar irisan
- = Sudut geser dalam efektif
- μ = Tegangan air pori
- F = Faktor Keamanan

- l = Panjang dasar irisan
- w = Berat irisan
- b = Lebar irisan
- R = Radius lingkaran bidang gelincir
- En, En+1 = Gaya-gaya horisontal pada batas irisan
- Xn, Xn+1 = Gaya-gaya vertikal pada batas irisan

Distribusi Probabilitas

Cara alternatif untuk menyajikan informasi yang sama adalah dalam bentuk fungsi distribusi kumulatif (CDF), yang memberikan probabilitas bahwa variabel akan memiliki nilai kurang dari atau sama dengan yang dipilih nilai. CDF adalah bagian integral dari fungsi kepadatan probabilitas

yang bersangkutan (E. Hoek, 2006). Nilai probabilitas menggunakan nilai faktor keamanan sebagai parameter variabel acak, yang kemudian dikarakterisasi nilainya masing-masing (Masagus, 2011). Dalam paper ini peneliti menggunakan pendekatan fungsi distribusi kumulatif. persamaan untuk penentuan nilai CDF seperti pada persamaan di bawah

$$F_X(x) = \int_{-\infty}^x f_x(x) dx \dots\dots\dots (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan yang akan disajikan berupa perhitungan faktor keamanan lereng *highwall*, dan dilakukan interpretasi terhadap hasil perhitungan yang telah diperoleh. Penelitian ini dilakukan pada rencana pembukaan penambangan di PIT ‘N’ PT. Mahakam Prima Akbar Sejati.

Penentuan Nilai Faktor Keamanan

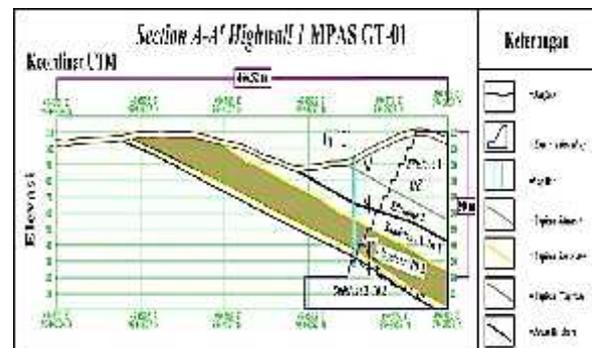
Sebelum melakukan analisis faktor keamanan, terlebih dahulu dilakukan pengujian laboratorium bertujuan untuk mengetahui karakteristik material yang berada di lokasi PT. Mahakam Prima Akbar Sejati. Pengujian sampel dilakukan untuk mengetahui parameter geoteknik yang selanjutnya akan digunakan dalam permodelan desain lereng, parameter geoteknik tersebut berupa sifat fisik dan sifat mekanik material (batuan). Sifat mekanik batuan antara lain adalah sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), sedangkan sifat fisik batuan adalah berat isi (γ). Pengujian dilakukan di Laboratorium Tekmira Bandung. Berikut adalah hasil pengujian sampel batuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji Sifat Fisik sampel batuan MPAS GT- 01

Hole ID	ID Sample	Lokasi	Klasifikasi	Berat Jenis (kN/m ³)	Kohesi (kPa)	Sudut Gesek (ϕ)
	MPAS GT 01 (JCS 01)	OB	Siltstone 1	20.23	14.06	30.76
	MPAS GT 01 (JCS 08)	OB	Siltstone 1	20.19	233.95	38.08
	MPAS GT 01	Seam M	Coal	12.74	280.00	25.00
	MPAS GT 01 (JCS 11)	Interburden 1	Sandstone 1	20.49	273.14	30.50
MPAS GT 01	MPAS GT 01 (JCS 12)	Interburden 2	Claystone	19.67	116.52	29.28
	MPAS GT 01	Seam N1	Coal	12.74	280.00	25.00
	MPAS GT 01 (JCS 13)	Interburden 3	Sandstone 2	26.18	338.33	40.42
	MPAS GT 01	Seam N2	Coal	12.74	280.00	25.00
	MPAS GT 01 (JCS 13)	Interburden 3	Sandstone 2	26.18	338.33	40.42

Sumber: Olahan penulis

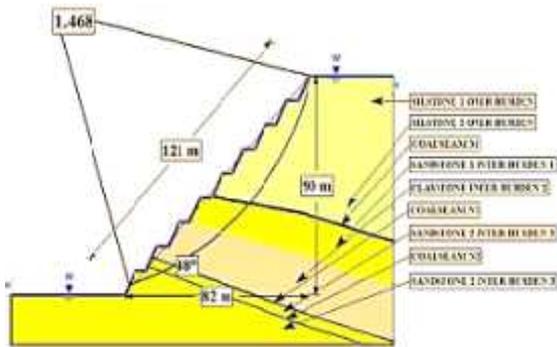
Data hasil uji sifat fisik sampel batuan (*soft rock*) kemudian di input dan dibuat permodelan untuk memperoleh nilai faktor keamanan pada lereng *Highwall* MPAS GT-01. Dengan dimensi lereng adalah tinggi 10 meter, dan sudut 65⁰. Penentuan dimensi lereng sendiri telah ditentukan oleh PT. Mahakam Prima Akbar, namun apabila terdapat ketidak sesuaian, maka dimensi lereng dapat diubah untuk mencapai nilai faktor keamanan yang ditetapkan oleh perusahaan. Hasil desain sayatan (*section*) dan korelasi batuan *section* A-A’ dengan total panjang sayatan (*section*) 466,52 m menggunakan Software autoCAD 2007, didapatkan rancangan geometri lereng keseluruhan (*overall slope*) untuk *Highwall* 1 dengan elevasi 110 m yaitu maksimal tinggi lereng keseluruhan (*overall slope*) pada bukaan PIT ‘N’ *Highwall* 1 = 90 meter, dilihat dari hasil korelasi titik pemboran geoteknik MPAS GT-01 bahwa batuan penyusun yang paling dominan pada badan lereng *Highwall* 1 adalah batu lanau (*Siltstone*), batubara (*Coal*), batu pasir (*Sandstone*) dan batu lempung (*Claystone*). Batuan ini diklasifikasikan atas beberapa material yaitu *Overburden*, *interbuden* dan *Seam* batubara. Gambar 2.



Sumber: Olahan penulis

Gambar 2. Sayatan *section* A-A’ *Highwall* MPASGT-01

Perhitungan faktor keamanan lereng *section* A-A’ *Highwall* MPASGT-01 dibuat secara *overall slope* disesuaikan dengan dimensi lereng seperti yang telah direncanakan oleh perusahaan. Dari hasil perhitungan faktor keamanan lereng *overall* diketahui nilai faktor keamanan adalah 1.46 dengan sudut *overall slope* 48⁰ dan tinggi 90 meter, dengan demikian lereng *section* A-A’ *Highwall* MPASGT-01 masuk kategori aman, seperti yang dijelaskan pada Gambar 3. hal tersebut ditunjukkan dari nilai faktor keamanan yang diperoleh lebih besar dari nilai faktor keamanan yang ditetapkan oleh perusahaan.

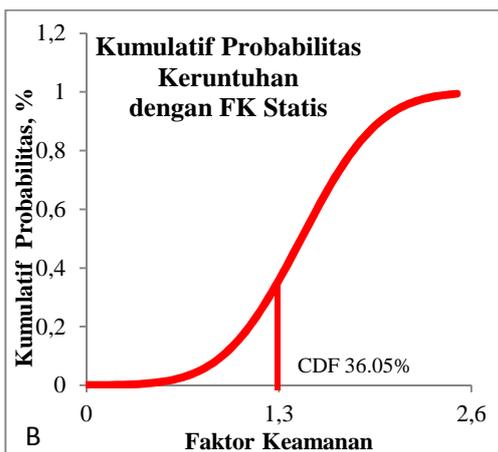
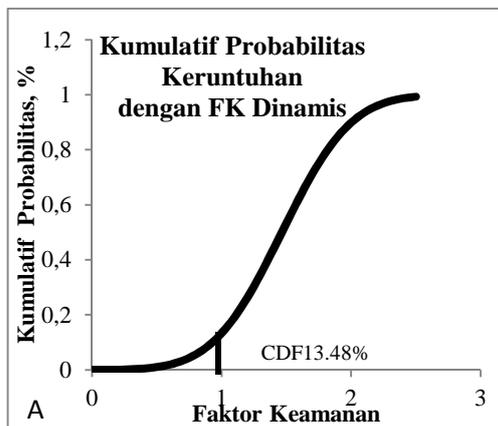


Sumber: Olahan penulis

Gambar 3. Bentuk Lereng section A-A' Highwall MPASGT-01

Kumulatif Keruntuhan Lereng section A-A' Highwall MPAS GT-01

Dari hasil analisis faktor keamanan, kemudian dianalisis dengan metode probabilistik untuk memperoleh nilai kumulatif keruntuhan. Seperti pada Gambar 4.



Sumber: Olahan penulis

Gambar 4. Grafik Kumulatif Lereng section A-A' Highwall MPAS GT-01

dengan nilai faktor keamanan Dinamis (A) dan faktor keamanan Statis (B)

Berdasarkan hasil olah data di lereng section A-A' Highwall MPAS GT-01 maka diperoleh

nilai kumulatif keruntuhan pada faktor keamanan dinamis sebesar 13.48% artinya lereng tersebut masuk dalam kategori tidak dapat diterima, sebab $13.48\% > 10\%$. Sedangkan untuk lereng section A-A' Highwall MPAS GT-01 dengan faktor keamanan statis didapat nilai kumulatif keruntuhan sebesar 36.05%, dimana dari hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kumulatif pada faktor keamanan statis lebih besar dari *Probability of failure* (PoF) yang di tentukan ($36.05\% > 20\%$), sehingga nilai faktor keamanan statis masuk dalam kategori tidak diterima.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan olah data, maka diperoleh nilai Kumulatif keruntuhan pada lereng Highwall section A-A' MPAS GT-01 dengan faktor keamanan dinamis sebesar 13.48% artinya lereng tersebut masuk dalam kategori tidak dapat diterima, sebab $13.48\% > 10\%$, untuk lereng section A-A' Highwall MPAS GT-01 dengan faktor keamanan statis didapat nilai kumulatif keruntuhan sebesar 36.05%, dimana dari hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kumulatif dengan nilai faktor keamanan statis lebih besar dari nilai batas probabilitas keruntuhan yang di tentukan ($36.05\% > 20\%$),

UCAPAN TERIMAKASIH

Adapun Ucapan terimakasih dilimpahkan kepada PT. Mahakam Prima Akbar Sejati yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, M.G, Richards, K. S., 1987. *Slope Stability Geotechnical Engineering and Geomorphology*.
- Aryal, Krishna Prasad. 2006. *Slope Stability Evaluations by Limit Equilibrium and Finite Element Methods*, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- Bishop, A. W. (1955), *The use of the slip circle in the stability analysis of slopes*, *Geotechnique*, 7-17
- Bishop, A. W., Morgenstren, N. R., 1960. *Stability Coefficient for Earth Slopes*. *Geotechnic*, Vol.10.
- Frengky S. Banunaek. *Analisis Stabilitas Geometri Pillar Pada Penambangan Bijih Emas Blok Cibitung PT. Cibaliung Sumberdaya*. Thesis. Universitas

- Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta; 2019.
- Hoek and Bray, J., 1981, *Rock Slope Engineering 4rd Ed.*, The Institution of Mining and Metallurgy, London. Pg. 176-189.
- Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia. Nomor 1827. *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik*. ESDM RI. 2018.
- Made Astawa, R., Kramadibrata. S., Ridho Kresna Watimena,. 2014, *Mekanika Batuan*, Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang ITB Bandung.
- Mahendra, Arif, 2012, *Kajian Teknis Kestabilan Lereng Disposal Inpit L PT. Jembayan Muarabara Kec. Tenggaraong Sebrang Kab. Kutai Kartanegara Kalimantan Timur*, Skripsi, Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas
- Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
- Sitohang, Roy, 2008, *Analisis Kemantapan Lereng P3 West Tambang Grasberg PT.Freeport Indonesia Menggunakan Metode Klasifikasi Massa Batuan*, Skripsi, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung
- Wyllie, D. & Mah, C., (2003), “*Rock Slope Engineering: civil and mining 4th Based on the third edition by E Hoek and J Bray*”, e-book.
- Zhu, D. Y, Lee, C.F. dan Jiang, H.D. 2003.*Generalized Framework of Limit Equilibrium Methods for Slope Stability Analysis*, Geotechnique Vol. 53, No. 4, Hal. 377-395