

Karakteristik Stabilitas Lereng Pada *Highwall & Lowwall* Disertai Probabilitas Kelongsoran Pit AX – BX di Wilayah Kecamatan Binuang Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan

Characteristics of Slope Stability on High Wall & Low Wall With Failure Probability Pit AX - BX In Binuang District Region, Tapin District, South Kalimantan

¹Mutiara Nabila Suardi, ²Febri Hirnawan, ³Indra Karna W

^{1,2}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,

Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹mutiaranbls@gmail.com, ²febrihirnawan@gmail.com, ³Indra_k_wijaksana@yahoo.com

Abstract. At present, the research company in the Binuang District Area will make a new pit, the AX-BX Pit, so that safe and economical level design is needed by analyzing the slope stability. Factors affecting slope stability include; slope geometry, physical and mechanical properties of rocks, groundwater in a slope rock mass. To add confidence to the FK value, an additional analysis was performed using the probabilistic method. This problem is emphasized on factors that will affect slope stability as well as economics in mining. As for some identification of existing problems is ; there are differences in physical and mechanical properties of rock mass in the study area in each lithology as material properties and MAT slopes in the study area that affect rock strength. The purpose of this study is to determine the geometry and design recommendations for single and overall slopes for HW and LW in Section A and Section C Pit AX - BX based on the classification of FK and PK values in Ministerial Decree 1827/2018. The constituent rocks of the research location are composed of sedimentary rocks dominated by claystone. The strength of the rocks making up the study site is included in the classification of very weak rocks - weak rocks. The safe geometry for single slopes HW and LW in Section A : $\Theta = 65^\circ$ & H = 12 m for claystone and coal, $\Theta = 60^\circ$ for sandstone with H = 12 m. Section A slope design recommendations for HW slope : $\Theta_{overall} = 32^\circ$, H = ± 189 m with $FK_{dynamic}$ values 1,187 & PK 19,90%. Section A for LW slope : $\Theta_{overall} = 37^\circ$, H = ± 185 m with $FK_{dynamic}$ values 1,222 & PK 2,60%. Section C for HW slope : $\Theta_{overall} = 23^\circ$, H = ± 234 m with $FK_{dynamic}$ values 1,164 & PK 13,20%. Section C for LW slope : $\Theta_{overall} = 24^\circ$, H = ± 240 m with $FK_{dynamic}$ values 1,238 & PK 18,60%.

Keywords: Slope Stability, Probabilistic Method, FK (Safety Factor), PK (Failure Probability)

Abstrak. Saat ini pada perusahaan penelitian di Wilayah Kecamatan Binuang akan membuat pit baru yaitu Pit AX – BX, sehingga diperlukan pembuatan desain jenjang yang aman dan ekonomis dengan melakukan analisis stabilitas lereng. Faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng, diantaranya yaitu ; geometri lereng, sifat fisik dan sifat mekanik batuan, air tanah didalam massa batuan lereng. Untuk menambah keyakinan terhadap nilai FK dilakukan analisis tambahan dengan metode probabilistik. Masalah yang ada ini dititikberatkan pada faktor-faktor yang akan mempengaruhi stabilitas lereng serta keekonomisan dalam penambangan. Adapun beberapa identifikasi masalah yang ada, yaitu ; adanya perbedaan sifat fisik dan mekanik massa batuan daerah penelitian pada setiap litologi sebagai *material properties* serta MAT lereng daerah penelitian yang mempengaruhi kekuatan batuan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui menentukan geometri dan rekomendasi desain lereng *single* dan *overall* untuk HW dan LW pada Section A dan Section C Pit AX – BX berdasarkan klasifikasi nilai FK dan PK pada Kepmen 1827/2018. Batuan penyusun lokasi penelitian tersusun dari batuan sedimen yang didominasi oleh *claystone*. Kekuatan batuan penyusun lokasi penelitian termasuk ke dalam klasifikasi batuan sangat lemah sekali – batuan lemah. Geometri yang aman untuk lereng tunggal HW dan LW pada Section A yaitu $\Theta = 65^\circ$ & H = 12 m untuk *claystone* dan *coal*, $\Theta = 60^\circ$ untuk sandstone dengan H = 12 m. Rekomendasi desain lereng Section A lereng HW : $\Theta_{overall} = 32^\circ$, H = ± 189 m dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,187 & PK 19,90%. Section A lereng LW : $\Theta_{overall} = 37^\circ$, H = ± 185 m dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,222 & PK 2,60%. Section C lereng HW : $\Theta_{overall} = 23^\circ$, H = ± 234 m dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,164 & PK 13,20%. Section C lereng LW : $\Theta_{overall} = 24^\circ$, H = ± 240 meter dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,238 & PK 18,60%.

Kata Kunci: Stabilitas Lereng, Metode Probabilistik, FK (Faktor Keamanan), PK (Probabilitas Kelongsoran)

A. Pendahuluan

Salah satu aspek dalam

perencanaan tambang terbuka yang sangat penting adalah perencanaan geoteknik yaitu dengan melakukan

analisis stabilitas lereng. Pembuatan desain lereng pada tambang terbuka menjadi salah satu hal terpenting untuk menentukan stabilitas dari kemiringan lereng dengan keekonomisan. Indikator atau nilai pembanding dari stabilitas lereng berupa nilai Faktor Keamanan (FK). Nilai $FK=1$ dinyatakan sebagai nilai batas kritis lereng dalam keadaan stabil. Tetap pada kenyataannya menurut Hoek & Bray dari beberapa lereng yang mereka teliti, masih terdapat lereng yang memiliki FK dengan kriteria stabil atau aman ($FK > 1$) yang terjadi longsor dan FK dengan kriteria tidak stabil atau tidak aman ($FK < 1$) yang tidak terjadi longsor (Hoek, 1974, dalam Steffen, 2008).

Suatu cara alternatif selain pendekatan nilai FK yaitu dengan nilai probabilitas kelongsoran (PK) dengan menggunakan metode probabilistik. Pendekatan analisis probabilistik dan resiko kelongsoran merupakan pendekatan yang komprehensif dalam menentukan kestabilan lereng tambang terbuka. Saat ini pada perusahaan penelitian di Wilayah Kecamatan Binuang akan melakukan pembuatan pit baru yaitu Pit AX – BX, sehingga diperlukan desain jenjang yang aman dan ekonomis dari analisis stabilitas lereng ataupun analisis potensi longsor. Untuk menambah keyakinan terhadap nilai faktor keamanan dari hasil analisis stabilitas lereng yang ada dilakukan analisis tambahan dengan menggunakan metode probabilitas kelongsoran.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini dititikberatkan pada faktor-faktor yang akan mempengaruhi stabilitas lereng yang ada serta keekonomisan dalam penambangan. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui stratigrafi lokasi daerah penelitian.

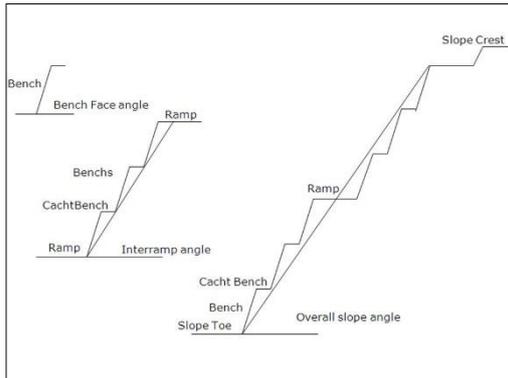
2. Mengetahui klasifikasi kekuatan massa batuan lokasi daerah penelitian
3. Mengetahui geometri lereng tunggal pada lereng *highwall* dan *lowwall* Section A dan Section C Pit AX – BX yang stabil dan aman berdasarkan klasifikasi nilai FK dan PK pada Kepmen 1827 Tahun 2018.
4. Menentukan rekomendasi desain pada lereng keseluruhan untuk *highwall* dan *lowwall* Section A dan Section C Pit AX – BX yang stabil dan aman berdasarkan klasifikasi nilai FK dan PK pada Kepmen 1827 Tahun 2018.

B. Landasan Teori

Geoteknik tambang merupakan salah satu aspek dalam perencanaan ataupun desain tambang yang dibuat. Dalam melakukan analisis geoteknik dalam tambang, data geoteknik harus digunakan secara benar dan teliti yang tinggi serta asumsi dan batasan yang ada untuk dapat mencapai hasil yang ingin didapatkan (Zufialdi Zakaria, 2009).

Perencanaan geoteknik merupakan salah satu hal yang wajib dilakukan dalam kegiatan perencanaan tambang, dimana lereng yang tidak stabil akan menimbulkan longsor yang akan membahayakan nyawa manusia (pekerja), alat serta menghambat produksi. Adapun data-data utama dan sebagai dasar dalam perencanaan geoteknik menganalisis stabilitas lereng, antara lain (Zufialdi Zakaria, 2009) :

1. Geometri Lereng



Sumber : Azhary, 2018

Gambar 1. Geometri Lereng

2. Struktur Batuan
3. Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan (bobot isi batuan, porositas batuan, kandungan air, kuat tekan, kuat tarik dan kuat geser batuan, kohesi dan sudut gesek dalam).
4. Kondisi Air Tanah

GROUNDWATER FLOW CONDITION	CHART NUMBER
FULLY DRAINED SLOPE	1
SURFACE WATER 8x SLOPE HEIGHT BEHIND TOP OF SLOPE	2
SURFACE WATER 4x SLOPE HEIGHT BEHIND TOE OF SLOPE	3
SURFACE WATER 2x SLOPE HEIGHT BEHIND TOP OF TOE	4
SATURATED SLOPE SUBJECTED TO HEAVY SURFACE RECHARGE	5

Sumber : Hoek & Bray, 1981

Gambar 2. Kondisi MAT Lereng

Jenis atau bentuk longsoran lereng akan bergantung pada karakteristik jenis material penyusun dan juga struktur geologi yang berkembang di daerah tersebut. Dikarenakan batuan mempunyai sifat yang berbeda, maka jenis longsorannya pun akan berbeda pula (Masagus, dkk, 2018). Menurut Hoek & Bray (1981), longsoran pada kegiatan pertambangan secara umum diklasifikasikan menjadi

empat bagian, yaitu : longsoran busur, bidang, baji dan toppling.

Sifat fisik batuan merupakan sifat asli yang dimiliki dari suatu batuan tanpa diberi gaya apapun, sedangkan sifat mekanik batuan adalah sifat suatu batuan setelah diberi gaya dan diketahui dari hasil pengujian. Kuat geser batuan merupakan perlawanan internal batuan terhadap tegangan yang bekerja sepanjang bidang geser dalam batuan tersebut yang dipengaruhi oleh karakteristik intristik dan faktor eksternal. Kuat tekan adalah besarnya beban sumbu maksimum persatuan luas yang dapat dipakai oleh benda uji hingga terjadi keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan MPa.

Pada hakikatnya data di alam memiliki variasi dan tidak bisa dianggap semua homogen, sehingga perlu dicari cara untuk mengkarakterisasi distribusi data melalui uji normalitas / uji baik suai (*fitting test*) sehingga diperoleh karakter data tersebut dalam bentuk jenis distribusi, nilai rata-rata dan standar deviasi (Masagus, dkk, 2018). Metode Shapiro Wilk menggunakan data dasar yang belum diolah dalam tabel distribusi frekuensi. Data diurutkan, kemudian dibagi dalam dua kelompok untuk dikonversi dalam Shapiro Wilk. Dapat juga dilanjutkan transformasi dalam nilai Z untuk dapat dihitung luasan kurva normal. Adapun persyaratan data yang dianalisis menggunakan metode ini, yaitu : data berskala interval atau ratio (kuantitatif), data tunggal / belum dikelompokkan pada tabel distribusi frekuensi dan data dari sampel random.

Metode Lilliefors menggunakan data dasar yang belum diolah dalam tabel distribusi frekuensi. Data ditransformasikan dalam nilai Z untuk dapat dihitung luasan kurva normal sebagai probabilitas kumulatif normal. Adapun persyaratan data yang

dianalisis menggunakan metode ini, yaitu : data berskala interval atau ratio (kuantitatif), data tunggal/belum dikelompokkan pada tabel distribusi frekuensi dan dapat untuk n besar maupun kecil.

Metode kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*) merupakan metode yang sangat cocok untuk digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng tipe gelinciran translasional dan rotasional. Perhitungan analisis kestabilan lereng pada metode ini hanya menggunakan kondisi kesetimbangan statik dan mengabaikan adanya hubungan tegangan-regangan yang ada pada lereng dan geometri bidang longsor harus diketahui atau ditentukan terlebih dahulu. Faktor keamanan dihitung menggunakan kesetimbangan gaya, kesetimbangan momen atau menggunakan kedua kondisi kesetimbangan tersebut, tergantung metode perhitungan yang digunakan (*Irwandy Arif, 2014*). Untuk menyatakan bahwa suatu lereng stabil dan tidak dapat dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (FK) yang didefinisikan sebagai berikut (*Masagus, dkk, 2018*) :

$$FK = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Penggerak}}$$

Keterangan :

- FK > 1.0 = Lereng dianggap stabil
- FK = 1.0 = Lereng dalam keadaan seimbang dan siap untuk bergerak apabila ada sedikit gangguan
- FK < 1.0 = Lereng dianggap tidak stabil

Metode probabilitas menggunakan seluruh data karakteristik tanah yang ada untuk mengakomodasi setiap variasi yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, metode ini dapat mengakomodasi ketidakpastian yang terkait dengan stratigrafi, karakteristik tanah dan batuan, dan bahkan metode analisis yang digunakan. Hasil akhir metode ini berupa probabilitas terjadinya

longsoran (*Corps of Engineers, 1997, dalam Irwandy, 2014*).

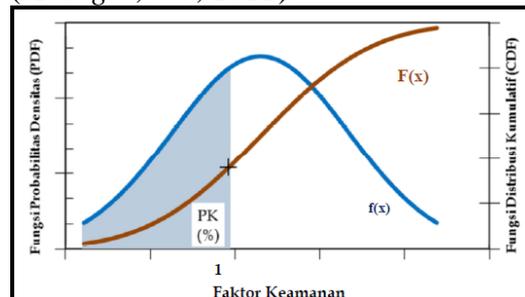
Probabilitas kelongsoran lereng ditentukan dengan cara menghitung luas (FK < 1) di bawah fungsi yang sudah ditentukan sebelumnya dari hasil proses pencocokkan. Untuk kriteria yang dapat diterima (*Acceptance Criteria*) probabilitas kelongsoran (*probability of failure*) berdasarkan Kepmen 1827 Tahun 2018 dapat dilihat pada **Gambar 3**.

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%

Sumber : Kepmen 1827, 2018

Gambar 3. Kriteria dapat Diterima Nilai FK dan PK Berdasarkan Kepmen 1827 Tahun 2018

Fungsi distribusi probabilitas menggambarkan penyebaran dari suatu variabel acak yang digunakan untuk memperkirakan nilai probabilitas kemunculan suatu parameter. Fungsi distribusi probabilitas memiliki sifat-sifat penyebaran yang khas dan unik menjadikan fungsi yang satu akan berbeda dengan fungsi yang lainnya (*Masagus, dkk, 2011*).



Sumber : Azizi, 2014

Gambar 4. Konsep Probabilitas Kelongsoran

Metode Monte Carlo merupakan algoritma komputasi untuk mensimulasikan berbagai perilaku sistem fisika dan matematika. Metode Monte Carlo digunakan dengan istilah *sampling* statistik. Aplikasi metode Monte Carlo dalam bidang geoteknik yaitu untuk menganalisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode statistik dan probabilitas yang akan menghasilkan nilai probabilitas kelongsoran (*Failure Probability*).

Metode Latin Hypercube ini merupakan pengembangan yang relatif baru yang memberikan hasil yang dapat dibandingkan dengan metode Monte-Carlo dengan jumlah sampel yang lebih sedikit. Metode ini didasarkan pada *sampling* berlapis (*stratified sampling*) dengan pemilihan acak dari masing-masing lapis.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Geometri Lereng

- **Lereng Single**

Untuk menganalisis lereng tunggal yang terdiri dari beberapa litologi seperti *claystone*, *sandstone* dan *coal* maka model lereng tunggal dibuat dari beberapa variasi ketinggian yaitu 5 m, 7 m, 10 m, 12 m dan variasi sudut 30°, 40°, 50°, 60°, 65°.

- **Lereng Overall**

Untuk menganalisis stabilitas lereng keseluruhan yang didominasi oleh *claystone*, dilakukan analisis dari elevasi 0 mdpl hingga kedalaman dari pit limit yang telah ditentukan. Untuk pembuatan model lereng *overall* pada setiap elevasi dibuat dengan variasi ketinggian dan sudut yang berbeda dengan mengacu pada *rules of thumb* yang ada. Untuk Section A *lowwall* yaitu 48°, 40°, 37° dan 35°, *highwall* yaitu 50° – 30° dan untuk Section C *lowwall* yaitu 48° – 24°, *highwall* yaitu 50° – 20°.

Input Parameter Geoteknik & Estimasi Probabilistik

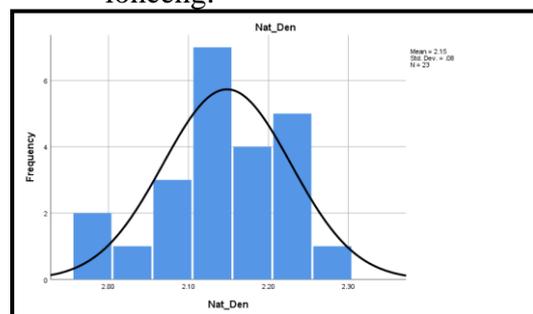
Parameter geoteknik dan estimasi probabilistik yang digunakan untuk pemodelan yaitu berupa *natural density*, *saturated density*, kohesi dan sudut gesek dalam. Untuk analisis lereng tunggal menggunakan kohesi dan sudut gesek dalam residu sementara untuk lereng *overall* menggunakan kohesi dan sudut gesek dalam *peak*.

Input parameter estimasi probabilistik digunakan untuk mengakomodasi ketidakpastian yang terkait dengan karakteristik mekanik yaitu kohesi dan sudut gesek dalam yang akan menjadi variabel acak. Adapun nilai yang harus ada sebagai input parameter estimasi probabilistik adalah nilai mean, standar deviasi, *relative maximum* dan *relative minimum*.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui distribusi dari data untuk input parameter estimasi probabilistik. Syarat untuk data yang digunakan untuk analisis dengan menggunakan metode probabilistik harus berdistribusi normal. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu Metode Shapiro Wilk dan Metode Lilliefors. Uji normalitas ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* statistika. Adapun syarat data berdistribusi menggunakan Metode Shapiro Wilk dan Metode Lilliefors adalah :

1. Nilai *significancy* > 0,05.
2. Histogram atau grafik data yang terbentuk membentuk seperti lonceng.



Gambar 5. Histogram Nilai Data *Natural Density* Section A

Muka Air Tanah

Muka air tanah pada pemodelan lereng diasumsikan muka air tanah dalam kondisi kritis yaitu pada saat kondisi jenuh. Adapun kondisi muka air tanah dalam kondisi sangat jenuh menurut Hoek & Bray (1981) dapat dilihat pada **Gambar 2.** pada *chart* nomor 5.

Metode Analisis

Metode analisis menggunakan metode kesetimbangan batas dan metode probabilitas dengan menggunakan *software* Slide 6.0 dimana model akan di *running* pada *software* tersebut untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran pada lereng. Berdasarkan acuan dari beberapa hal dalam analisis stabilitas lereng kemudian model lereng tunggal dan lereng overall baik *highwall* dan *lowwall* dianalisis satu persatu. Pemodelan lereng didasarkan pada variasi sudut dan ketinggian yang berbeda sesuai ketentuan yang sudah ditentukan sebelumnya.

Kriteria Kemantapan Lereng

Kriteria kemantapan lereng pada analisis kemantapan lereng ini sesuai dengan kriteria dari nilai ambang batas FK dan PK berdasarkan Kepmen 1827 Tahun 2018 dimana untuk lereng tunggal nilai FK > 1,1 dan PK 25 % – 10 %, untuk lereng keseluruhan nilai FK > 1,3 dan PK berkisar dari 10% – 20%. Kriteria kemantapan lereng dapat dilihat pada **Gambar 3.**

Rekomendasi Hasil Analisis Stabilitas Lereng

- **Lereng Single**

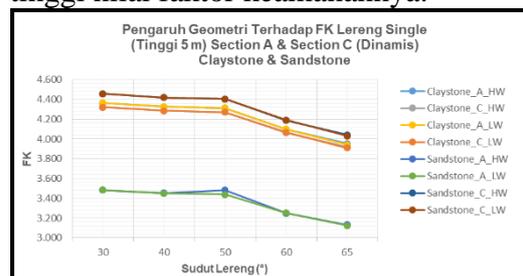
Geometri yang aman untuk lereng tunggal *highwall* dan *lowwall* pada Section A yaitu sudut lereng 65° dengan ketinggian 12 m untuk claystone dan coal, sudut lereng 60° untuk sandstone dengan ketinggian 12 m. Rekomendasi lereng tunggal *highwall* dan *lowwall* mengikuti litologi sandstone Section A yaitu sudut lereng 65° dengan ketinggian 12 m.

- **Lereng Overall**

Rekomendasi desain lereng yang aman pada Section A lereng *highwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng overall pada sudut 32°, tinggi keseluruhan lereng pada ± 189 meter dengan nilai FKdinamis 1,187 dengan PK 19,90%. Section A lereng *lowwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng overall pada sudut 37°, tinggi keseluruhan lereng pada ± 185 meter dengan nilai FKdinamis 1,222 dengan PK 2,60%. Dan untuk Section C lereng *highwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng overall pada sudut 23°, tinggi keseluruhan lereng pada ± 234 meter dengan nilai FKdinamis 1,164 dengan PK 13,20%. Section C lereng *lowwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng overall pada sudut 24°, tinggi keseluruhan lereng pada ± 240 meter dengan nilai FKdinamis 1,238 dengan PK 18,60%.

Pengaruh Geometri Lereng Terhadap FK Lereng

Berdasarkan grafik yang menjelaskan hubungan antara geometri lereng terhadap faktor keamanan lereng dapat dilihat pada **Gambar 5.** dinyatakan bahwa semakin landai lereng maka akan semakin aman atau semakin tinggi nilai faktor keamanannya.

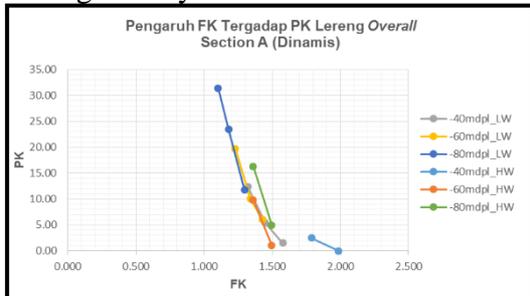


Gambar 5. Grafik Pengaruh Geometri Terhadap FK Lereng *Single*

Pengaruh Geometri Lereng Terhadap FK Lereng

Berdasarkan analisis probabilitas kelongsoran yang telah dilakukan, dan melihat grafik yang menjelaskan hubungan antara faktor keamanan lereng terhadap probabilitas kelongsoran dapat

dilihat pada **Gambar 6.** dapat dinyatakan bahwa semakin besar nilai faktor keamanan, maka akan semakin kecil kemungkinan lereng untuk longsor atau semakin rendah nilai probabilitas kelongsorannya.



Gambar 6. Grafik Pengaruh FK Terhadap PK Lereng

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Batuan penyusun lokasi penelitian adalah batuan sedimen yang didominasi oleh *claystone*.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan di laboratorium, karakteristik batuan penyusun lokasi penelitian termasuk kedalam batuan sangat lemah sekali hingga batuan lemah.
3. Geometri yang aman untuk lereng tunggal *highwall* dan *lowwall* pada Section A yaitu sudut lereng 65° dengan ketinggian 12 meter untuk *claystone* dan *coal*, sudut lereng 60° untuk *sandstone* dengan ketinggian 12 meter. Rekomendasi lereng tunggal *highwall* dan *lowwall* mengikuti litologi *sandstone* Section A yaitu sudut lereng 65° dengan ketinggian 12 meter.
4. Rekomendasi desain lereng yang aman pada Section A lereng *highwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng *overall* pada sudut 32° , tinggi keseluruhan lereng

pada ± 189 meter dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,187 dengan PK 19,90%. Section A lereng *lowwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng *overall* pada sudut 37° , tinggi keseluruhan lereng pada ± 185 meter dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,222 dengan PK 2,60%. Dan untuk Section C lereng *highwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng *overall* pada sudut 23° , tinggi keseluruhan lereng pada ± 234 meter dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,164 dengan PK 13,20%. Section C lereng *lowwall* adalah sebagai berikut : sudut lereng *overall* pada sudut 24° , tinggi keseluruhan lereng pada ± 240 meter dengan nilai $FK_{dinamis}$ 1,238 dengan PK 18,60%.

E. Saran

Adapun saran yang perlu dilakukan yaitu untuk melakukan pengukuran muka air tanah aktual dan untuk analisis yang lebih mewakili pit keseluruhan, sebaiknya dilakukan analisis pada section lainnya agar hasil analisis lebih mewakili.

Daftar Pustaka

- Anonym, “*Slide ver. 6.0 Software*”, Rockscience.
- Adnan, Fadjar, 2008, “Aplikasi Simulasi Monte-Carlo dalam Estimasi Biaya Proyek”, Jurnal Smartek.
- Ahmad, Masagus A., dkk, 2011, “*Aplikasi Probabilistik Untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus Di PT. Tambang Batubara Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan)*”, Prosiding TPT XX PERHAPI, Mataram.
- Ahmad, Masagus A., dkk, 2018, “*Pengaruh Geometri Lereng Terhadap Perolehan Batubara Tertambang Di PT Arutmin Indonesia Site Kintap*”

- Kalimantan Selatan*”, Seminar Nasional Pakar ke 1, Jakarta.
- Anderson, M. G., Richard K.S., 1987, “*Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*”, John Wiley and Sons..
- Arif, Irwandy, 2014, “Geoteknik Tambang”, Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Chowdhury, R.N., 1978, “*Slope Analysis. Developments in Geotechnical Engineering, Volume 22*”, New York.
- Das, Braja M., 1985, “*Principles of Geotechnical Engineering, 3rd ed, Carbondale Southern Illinois University*”, PWS Publishing Company, Boston.
- Eberhardt, E., 2005, “*Geotechnical Engineering Practice & Design : Lecture : Limit Equilibrium*”, EOSC.
- Hammah, R.E., Yacob, T.E., Curran J., 2003, “*The Influence of Correlation and Distribution Truncation on Slope Stability Analysis Results*”, University of Toronto, Canada.
- Hoek, E., Bray, J. W., 1974, “*Rock Slope Engineering*”, Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Hoek, E., Bray, J. W., 1981, “*Rock Slope Engineering*”, Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Kusuma, Mila dan Putu Tantri K.S., 2014, “*Analisa Stabilitas Lereng dengan Pendekatan Statistik dan Probability*”, ITS, Surabaya.
- Krahn, J., 2004, “*Stability Modeling with SLOPE/W, Geo-Slope/W*”, International Ltd, Canada.
- Steffen, O.K.H., Contreras, L.F., Terbrugge, P.J., Venter, J., 2008. “*A Risk Evaluation Approach for Pit Slope Design*”, the 42th US Rock Mechanics Symposium and 2nd US-Canada Rock Mechanics Symposium, San Fransisco.
- Zakaria, Zufialdi., 2009, “*Analisis Stabilitas Lereng*”, seri mata kuliah Geoteknik, Laboratorium Geologi Teknik Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran (*Tidak diterbitkan*), Bandung.