



ANALISA KEMANTAPAN LERENG *HIGH WALL* PADA PT MITRA SETIA TANAH BUMBU KALIMANTAN SELATAN

STABILITY ANALYSIS OF HIGH WALL SLOPE AT PT MITRA SETIA TANAH BUMBU SOUTH KALIMANTAN

Y. D. G. Cahyono¹, M. A. Tamanak², R. H. K. Putri³

¹⁻³Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

¹⁻³Jln. Arief Rachman Hakim No 100 Surabaya, 60117. Telepon/Fax : (031) 5997244

e-mail: galih.1453@itats.ac.id

ABSTRAK

PT Mitra Setia Tanah Bumbu merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara. Dalam aktivitas produksinya, cadangan batubara yang tersisa pada lereng *highwall* akan diambil, namun pada proses penggalian pembentukan lereng yang telah ada terjadi *undercat* yang mengakibatkan geometri lereng tidak sesuai dengan rancangan geometri lereng final. Ketidaksesuaian geometri lereng ini akan mempengaruhi stabilitas lereng tersebut, oleh sebab itu sebelum dilakukan pengupasan batubara perlu dilakukan analisis stabilitas lereng untuk mengetahui kondisi lereng aktual serta memberi rekomendasi geometri lereng yang aman berdasarkan perhitungan faktor keamanan dan probabilitas kelongsorannya. Tujuan penelitian adalah menentukan geometri yang aman didasarkan pada probabilitas kelongsorannya. Metode penelitian untuk penentuan keamanan lereng menggunakan teori keruntuhan Mohr-Coulomb sedangkan untuk menilai probabilitas kelongsoran menggunakan metode Monte Carlo. Hasil analisis menunjukkan nilai faktor keamanan pada model lereng desain *pit limit* 2020 sebesar 1.233 dan nilai probabilitas sebesar 18% dengan geometri tinggi lereng keseluruhan mencapai 36 meter dan sudut sebesar 38°. Nilai faktor keamanan sudah memenuhi standar keamanan namun nilai probabilitasnya masih tinggi sehingga potensi terjadinya longsoran juga tinggi. Oleh sebab itu dilakukan perubahan geometri lereng dengan tinggi 36 meter dan sudut 36°, sehingga menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.302 dan nilai probabilitas sebesar 2.6%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan geometri lereng yang ada, semakin besar kemiringan dan ketinggian suatu lereng maka tingkat kestabilan semakin berkurang. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil ketinggian atau kemiringan suatu lereng maka tingkat kestabilannya semakin bertambah.

Kata kunci: geometri lereng, faktor keamanan, probabilitas kelongsoran, stabilitas lereng, *high wall*

ABSTRACT

PT Mitra Setia Tanah Bumbu is a company engaged in coal mining. In its production activities, the remaining coal reserves on the highwall slopes will be taken, but during the excavation process for the formation of the existing slopes there is an undercat which causes the slope geometry not in accordance with the final slope geometry design. This slope geometry mismatch will affect the stability of the slope, therefore before stripping coal it is necessary to carry out a slope stability analysis to determine the actual slope conditions and to provide safe slope geometry recommendations based on the calculation of the safety factor and the probability of failure. The aim of the research is to determine a safe geometry based on the probability of failure. The research method for determining slope safety uses the Mohr-Coulomb failure theory while for assessing the probability of sliding using the Monte Carlo method. The results of the analysis show that the safety factor value in the 2020 pit limit design slope model is 1,233 and a probability value of 18% with the overall geometry of the slope height reaching 36 meters and an angle of 380, the safety factor value already meets safety standards but the probability value is still high so that the potential for landslides also high. Therefore, a change in the geometry of the slope with a height of 36 meters and an angle of 360 was made, resulting in a safety factor value of 1,302 and a probability value of 2.6%. This can happen due to differences in the geometry of the existing slopes, the greater the slope and height of a slope, the lower the level of stability, and vice versa the smaller the height or slope of a slope, the level of stability increases.

Keywords : slope geometry, safety factor, slide probability, slope stability, high wall



PENDAHULUAN

PT Mitra Setia Tanah Bumbu (MSTB) merupakan perusahaan pertambangan batubara yang menerapkan metode penambangan terbuka. Dalam proses penambangannya, PT Mitra Setia Tanah Bumbu bekerja sama dengan PT Nurkaliza Maju Bersaudara sebagai kontraktor pertambangan yang bertugas untuk melakukan pengupasan tanah penutup (*overburden*).

Aktivitas penambangan yang diterapkan PT Mitra Setia Tanah Bumbu pada akhirnya akan menghasilkan sebuah lubang bukaan dengan pola berjenjang (membentuk lereng). Dalam proses penggalian untuk mendapatkan batubara, terjadi *undercut* dalam pembentukan lereng *highwall*, sehingga geometri tidak sesuai dengan rancangan geometri lereng final. Hal ini dapat mengurangi jumlah cadangan batubara yang akan ditambang. Selain itu, ketidaksesuaian geometri lereng tersebut dapat menyebabkan tegangan geser material membentuk lereng lebih besar dari pada kuat geser material tersebut, sehingga dapat mempengaruhi kestabilan lereng yang ada.

Kegiatan penambangan yang dilakukan PT Mitra Setia Tanah Bumbu, tentu akan mempengaruhi kestabilan lereng yang ada. Ada dua aspek yang mempengaruhi ketidakmampuan lereng yaitu aspek dari luar (eksternal) dan aspek dari batuan atau litologi penyusun lereng itu sendiri (internal). Aspek dari luar seperti struktur geologi, iklim, muka air tanah, pelapukan, gempa, getaran dari luar (alat-alat mekanis), rencana penambangan, dan geometri lereng. Sedangkan aspek dari dalam batuan atau litologi itu sendiri seperti bobot isi batuan, kohesi, sudut gesek dalam, dan kekuatan batuan [1].

Stabilitas lereng pada penerapan tambang terbuka sangat penting untuk diketahui. Faktor utama jalannya produksi pada tambang terbuka adalah lereng. Lereng yang stabil dapat menunjang jalannya produksi pada suatu tambang dengan baik dan lancar. Stabil atau tidak suatu lereng sangat bergantung pada karakteristik batuan serta kondisi dari aspek-aspek eksternal yang ada di lapangan seperti getaran yang disebabkan oleh aktivitas penambangan (alat-alat mekanis), geometri lereng dan lain-lain. Contoh pada analisis stabilitas lereng batuan saprolite limonit dan badrock, pengaruh perbedaan geometri pada lereng mampu menyebabkan nilai faktor keamanan yang berbeda [2].

Lereng tambang yang diteliti adalah lereng *highwall*. Pada *highwall* terdapat volume batubara seam B2 sebesar ± 3.000 ton cadangan batubara pada kedalaman elevasi 6 Mdpl yang akan diambil. Untuk dapat mengambil cadangan batubara tersebut, sesuai desain yang dibuat harus dilakukan penggalian sedalam tiga meter. Namun jika mengikuti rancangan geometri *limit pit* tahun 2021, akan terjadi *overcut*. *Overcut* adalah kelebihan penggalian pada saat penggalian pembentukan lereng yang tidak

sesuai dengan rancangan geometri lereng final. Kelebihan penggalian ini akan mengakibatkan kemiringan lereng semakin terjal sehingga dapat mempengaruhi stabilitas lereng tersebut. Penggalian yang dilakukan pada lubang tambang yang semakin dalam dan lebar, maka akan semakin beresiko atau semakin meningkat ketidakpastian pada aspek-aspek yang mempengaruhi kestabilan lereng tersebut [3]. Kondisi tersebut biasanya terdapat pada lereng dengan topografi atau geometri yang curam [4,5,6]. Selain itu pengaruh seismik dan keberadaan air juga memiliki pengaruh besar dalam pengurangan nilai kestabilan lereng [7,8]. Pada penelitian ini kondisi lereng yang curam pada *highwall mining* serta *properties* massa batuan yang heterogen membuat ketidakpastian pada nilai kelongsoran lereng semakin besar. Oleh sebab itu, analisis kestabilan lereng pada lereng *highwall* perlu untuk dilakukan baik pada saat penambangan maupun pada saat akhir penambangan [9].

Dalam kegiatan penambangan, kemantapan lereng sangatlah penting untuk diperhatikan demi terciptanya lingkungan penambangan yang aman dan nyaman [10]. Untuk menjamin keamanan kegiatan penambangan pada PT Mitra Setia Tanah Bumbu maka diperlukan lereng yang aman dan stabil. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisa kemantapan lereng berdasarkan perhitungan probabilitas kelongsoran agar mampu mengatasi terjadinya kelongsoran. Selain itu meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja pada area produksi akibat lereng yang tidak stabil sehingga tidak menimbulkan bahaya dalam aktivitas penambangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Bulan Oktober 2021 berlokasi di tambang batubara PT Mitra Setia Tanah Bumbu Kalimantan Selatan ini diawali dengan pengumpulan data berupa data primer dan sekunder. Kegiatan pengumpulan data primer dimulai dengan pengamatan kondisi lereng aktual *highwall* di lapangan, pengukuran bidang-bidang diskontinu, dan pemetaan litologi tampak atas. Pengukuran bidang-bidang diskontinu dan pemetaan litologi tampak atas menggunakan kompas geologi dan GPS Garmin GPSMAP 64s. Sedangkan pengumpulan data sekunder berupa data sifat fisik dan mekanik batuan yang diambil dari perusahaan yang merupakan data hasil uji laboratorium dari sampel batuan hasil pengeboran geotek yang dianggap telah mewakili area (*section*) yang diteliti, topografi aktual, dan geologi regional daerah penelitian. Pengumpulan data-data ini merupakan bagian dari akuisisi data geologi [11]. Untuk menganalisis stabilitas lereng menggunakan metode Kesetimbangan Batas yaitu metode Bishop dengan kriteria keruntuhan menggunakan Mohr-Coulomb.

Pada umumnya metode Bishop digunakan untuk menganalisis permukaan bidang gelincir yang berbentuk lingkaran, dalam metode ini gaya-gaya geser antar irisan diasumsikan nol [12,13]. Metode ini digunakan untuk

menghitung analisa faktor keamanan (FK), sedangkan untuk menghitung nilai probabilitas kelongsoran menggunakan Metode Monte Carlo. Penyelesaian permasalahan mengenai variabel acak, penggunaan Metode Monte Carlo dianggap sangatlah cocok dikarenakan selain sederhana juga lebih fleksibel dalam menggabungkan suatu varietas distribusi probabilitas yang cukup besar tanpa banyak penafsiran serta memiliki kemampuan untuk memodelkan korelasi di antara variabel dengan mudah [13]. Metode probabilitik merupakan representasi yang eksplisit dari ketidakpastian dalam analisis stabilitas lereng. Nilai faktor keamanan lereng dapat dioptimalkan dengan nilai probabilitas kelongsoran, sehingga dapat memberikan tingkat keyakinan terhadap desain lereng tersebut [14]. Analisis probabilitik kelongsoran merupakan pendekatan yang inklusif dalam menentukan kestabilan lereng tambang terbuka [3].

Akuisisi Data Geologi

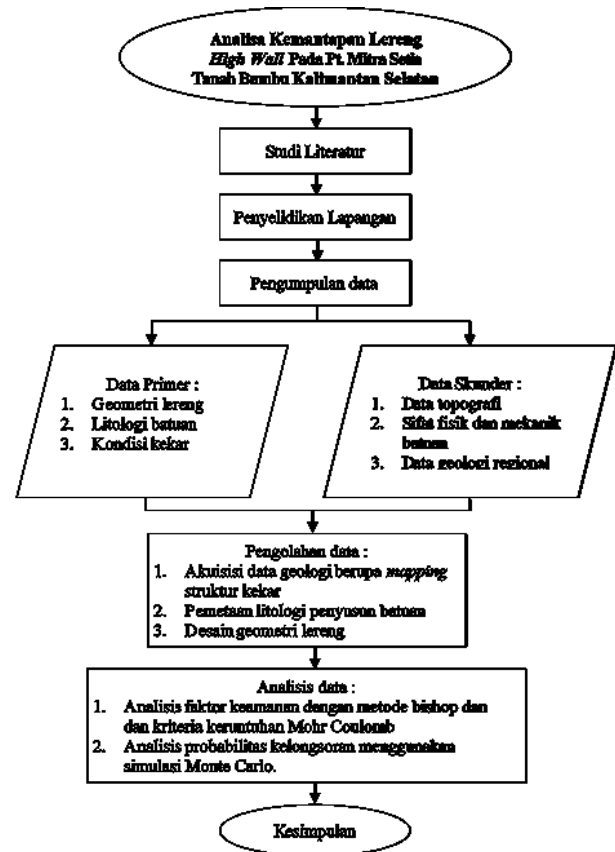
Pengamatan kondisi lereng aktual *highwall*, pengukuran bidang-bidang diskontinu dan pemetaan litologi tampak atas dilakukan langsung di lapangan. Dari hasil pemetaan litologi tampak atas diperoleh data deskripsi batuan penyusun lereng *highwall* antara lain; *soil*, *claystone*, *sandstone*, dan *coal*. Data deskripsi batuan ini jika dikorelasikan dengan data hasil pemboran geotek yang diberikan oleh perusahaan maka dapat disimpulkan sama. Titik pemboran geotek terletak pada koordinat 101°22'28" E dan -81°27'71" N.

Analisis dan Desain Lereng

Analisis lereng dilakukan terhadap lereng *high wall*. Model-model lereng yang dianalisis antara lain model lereng aktual *high wall*, model lereng berdasarkan desain *limit pit* 2021 PT Mitra Setia Tanah Bumbu, dan model lereng dengan metode *resloping*. Berdasarkan prinsip sederhana kestabilan lereng bahwa stabilitas lereng didefinisikan sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kondisi lereng tersebut [13,15], maka penanggulangan keruntuhan lereng tambang terbuka dilakukan dengan mengurangi gaya pendorong ataupun memperbesar gaya penahan.

Berdasarkan hal tersebut Hoek dan Bray (1981) mengategorikan metode stabilisasi lereng menjadi tiga yaitu metode stabilitas lereng dengan cara mengurangi gaya pendorong, metode stabilitas lereng dengan cara memperbesar gaya penahan, dan metode perlindungan lereng. Dalam penelitian ini untuk menganalisis dan merekomendasikan geometri lereng yang aman dan ekonomis peneliti menggunakan metode stabilitas lereng dengan cara mengurangi gaya pendorong yaitu metode *resloping*. Metode *resloping* adalah metode perubahan geometri lereng yang dapat dilakukan dengan memotong dan menimbun. Mengurangi ketinggian lereng, memindahkan material yang tidak stabil dan berpotensi tidak stabil, serta melakukan perjenjangan [13,16].

Secara singkat berikut ini adalah diagram alir dari penelitian ini (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lereng High Wall

Dari hasil pengamatan di lapangan (Gambar 2), kondisi lereng yang berada di pit timur MSTB-HHI PT Mitra Setia Tanah Bumbu diketahui bahwa pada lereng *high wall* terdapat adanya rekahan yang membentang mengikuti arah bentangan lereng berada tepat di antara lapisan batubara (*seam B2*) dan lapisan *claystone*. Kedalaman rekahan tersebut mencapai ± 20 cm dan lebar mencapai ± 15 cm. Terdapat bidang-bidang diskontinu yang cenderung tegak hingga mencapai $60^0 - 80^0$. Pada rekahan tersebut terdapat rembesan air yang menetes, sedangkan pada kaki lereng (*toe*) terdapat genangan air yang cukup banyak yang juga bisa mengindikasikan bahwa material penyusun lereng tersebut sudah cukup jenuh.

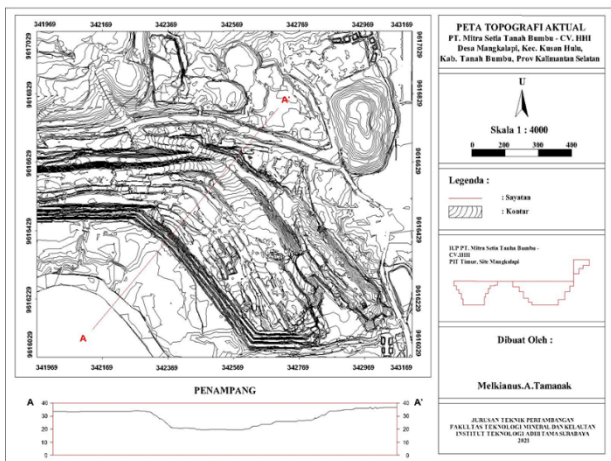
Topografi Daerah penelitian

Secara umum topografi daerah penelitian didominasi oleh daerah perbukitan sedang dan dataran. Topografi terendah pada Wilayah Ijin Usaha Pertambangan PT Mitra Setia Tanah Bumbu – CV HHI berada pada elevasi 32 mdpl di bagian selatan dan topografi tertinggi berada pada bagian utara dengan ketinggian elevasi mencapai 50 mdpl.

Kondisi topografi daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Kondisi Lereng Aktual High Wall



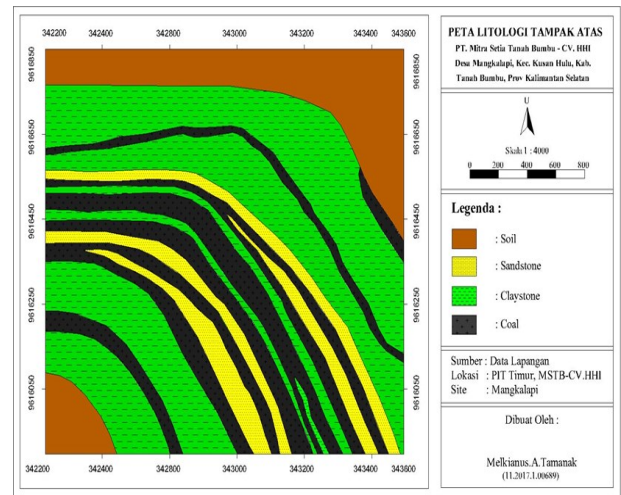
Gambar 3. Peta Topografi Daerah Penelitian

Pemetaan Litologi Aktual Tampak Atas

Pemetaan litologi tampak atas bertujuan untuk dapat mengetahui arah persebaran litologi penyusun serta lebar dari litologi tersebut. Pada gambar 4 menunjukkan hasil pemetaan litologi tampak atas yang dilakukan. Diketahui bahwa pada umumnya arah persebaran litologi penyusun (*Sandstone* dan *Claystone*) cenderung mengikuti arah persebaran *coal* (*Seam* Batubara). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada peta litologi tampak atas di bawah ini.

Pelapukan Batuan

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, litologi (batuan) penyusun lereng daerah penelitian sebagian telah mengalami pelapukan. Daerah yang telah mengalami pelapukan yaitu daerah bagian luar dinding lereng yang telah terbuka (yang telah ditambang). Pada daerah ini butiran-butiran tanah yang merupakan hasil dari proses pelapukan telah terlepas dari batuan induknya dan jatuh sehingga terkumpul pada area jenjang di bawahnya dan telah terjadi perubahan warna pada batuan.



Gambar 4. Peta Litologi Tampak Atas

Pada batuan yang belum mengalami pelapukan umumnya masih berwarna cerah (terang) sedangkan pada batuan yang telah mengalami pelapukan terjadi perubahan warna dari warna cerah ke warna pucat. Proses pelapukan yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor yaitu faktor cuaca dan iklim. Suhu, sinar matahari, dan curah hujan merupakan faktor-faktor yang mempercepat terjadinya proses pelapukan. Selain itu litologi penyusun lereng yang merupakan batuan sedimen dan struktur batuanya tidak begitu bagus sehingga proses pelapukan mudah sekali terjadi. Ketebalan pelapukan berkisar antara 0 cm – 15 cm. Berdasarkan klasifikasi derajat pelapukan, pelapukan pada daerah penelitian termasuk dalam pelapukan sedang (derajat III).

Data Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Data sifat fisik dan mekanik batuan lereng *high wall* terdiri dari beberapa litologi penyusun diantaranya *soil*, *claystone*, *sandstone* dan *coal*. Data ini merupakan data hasil pengujian laboratorium berupa uji sifat fisik dan mekanik batuan. Hasil pengujian sifat fisik yang diperoleh adalah densitas kering (*natural density*) dan densitas jenuh (*saturated density*). Sedangkan untuk uji sifat mekanik yang dilakukan adalah uji kuat geser (*Direct Shear Strength*). Hasil pengujian kuat geser berupa nilai kohesi dan sudut geser dalam. Berikut adalah data hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan yang ditampilkan pada Tabel 1.

Data Parameter Distribusi Statistik

Parameter distribusi statistik diperlukan sebagai parameter masukan dalam menganalisis dan menghitung nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran. Pada umumnya untuk mempermudah analisis statistik, distribusi semua jenis batuan dibuat berdistribusi normal.

Namun menurut Azizi (2014) dalam riset statiknya menemukan bahwa karakteristik fisik dan mekanik batuan pada tambang batubara memiliki distribusi statistik tertentu (Distribusi Normal, Distribusi Lognormal, dan

Distribusi Gamma). Dari hasil pengolahan data yang ada, maka diperoleh data distribusi statistik pada setiap litologi penyusun lereng *high wall* (Tabel 2).

Tabel 1. Data Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

No	Litologi	Uji Sifat Fisik		Uji Sifat Mekanik			
		ρ_{nat} KN/m ³	ρ_{sat} KN/m ³	C Puncak KN/m ²	Φ Puncak %	C Residu KN/m ²	Φ Residu %
1	Soil	18.45	19.86			12.7	5.6
2	Soil	19.01	20.71			15.4	10.8
3	Claystone	18.73	20.10	99.4	14.15	44.6	4.2
4	Claystone	18.14	20.40	100.9	14.45	34.8	4.5
5	Claystone	19.42	20.59	103.8	16.87	68.3	5.8
6	Claystone	18.34	20.40	196.3	27.38	59.0	6.0
7	Claystone	20.60	21.40	155.7	22.7	77.3	4.5
8	Claystone	20.80	21.50	164.6	22.41	89.6	6.6
9	Claystone	20.00	20.30	144.3	27.21	92.3	4.3
10	Claystone	20.10	20.89	633.5	31.94	153.3	6.6
11	Claystone	18.78	19.03	185.5	26.63	87.2	4.5
12	Sandstone	15.00	17.95	174.5	11.24	38.6	8.8
13	Sandstone	20.10	20.50	156.3	29.21	84.0	7.7
14	Sandstone	15.14	19.51	157.6	26.35	86.3	6.6
15	Sandstone	20.90	21.50	160.6	25.8	87.6	6.3
16	Coal	19.86	20.40	168.7	20.66	97.3	9.3
17	Coal	19.50	19.80	189.7	38.4	995.7	10.1

Sumber : Departemen Geotek MSTB

Tabel 2. Data Distribusi Statistik Setiap Litologi

Litologi	Parameter Inputan	Jenis distribusi
Soil	Bobot Isi	Gamma
	Kohesi	Gamma
	Sudut Geser Dalam	Gamma
Claystone	Bobot Isi	Normal
	Kohesi	Lognormal
	Sudut Geser Dalam	Lognormal
Sandstone	Bobot Isi	Gamma
	Kohesi	Normal
	Sudut Geser Dalam	Gamma
Coal	Bobot Isi	Gamma
	Kohesi	Gamma
	Sudut Geser Dalam	Gamma

Analisis Stabilitas Lereng High Wall

Analisis kestabilan lereng dibantu dengan menggunakan *Software SLIDE 6.0*. Metode analisis stabilitas lereng untuk menghitung nilai faktor keamanan (FK) menggunakan Metode Bishop dengan kriteria keruntuhan menggunakan Mohr-Coulomb, sedangkan untuk

menghitung probabilitas kelongsoran menggunakan Metode Monte Carlo. Nilai ambang batas faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran mengikuti standar Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 yaitu untuk lereng keseluruhan dengan tingkat dampak kelongsoran medium maksimal nilai faktor keamanan statik sebesar 1.3 dan dinamik sebesar 1.05, sedangkan untuk maksimal nilai probabilitas kelongsoran sebesar 5-10%.

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari analisis stabilitas lereng aktual *high wall* adalah sebesar 1.308 untuk FK statik dan 1.284 untuk nilai FK dinamik sedangkan nilai probabilitas kelongsoran yang dihasilkan sebesar 8% dengan tinggi lereng keseluruhan mencapai 31 meter dan sudut kemiringan lereng sebesar 37°. Hasil ini menunjukkan bahwa lereng (lereng aktual) berada dalam kondisi stabil (aman). Namun pada permasalahan ini akan dilakukan pengambilan cadangan batubara yang tertinggal pada dinding lereng maka harus melakukan analisis lanjutan untuk dapat mengetahui tingkat keamanan lereng tersebut.

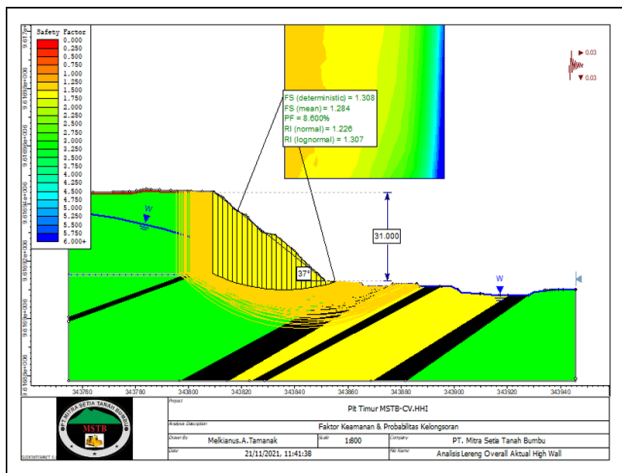
Dari hasil analisis yang dibuat, didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1.233 untuk FK statik dan 1.210 untuk FK dinamik, sedangkan nilai probabilitas kelongsoran sebesar 18% dengan tinggi lereng keseluruhan mencapai 36 meter dan sudut kemiringan lereng sebesar 38°. Dengan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa jika dilihat dari nilai faktor keamanannya maka model lereng berdasarkan desain limit pit 2021 masih dapat dikategorikan aman, namun jika dilihat dari nilai probabilitas kelongsorannya maka lereng tersebut termasuk dalam kategori tidak aman dikarenakan peluang kelongsorannya tinggi, oleh sebab itu desain lereng limit pit ini perlu direvisi ulang geometrinya untuk mendapatkan geometri yang aman dan ekonomis.

Langka selanjutnya yaitu memodelkan lereng dengan metode stabilisasi lereng dengan cara mengurangi gaya pendorong (*resloping*). Permodelan lereng dengan metode ini, geometri lereng desain *limit pit* diubah kemiringannya dari 38° menjadi 36° (melandaikan) dan dilakukan perjenjangan pada kaki lereng (*toe*).

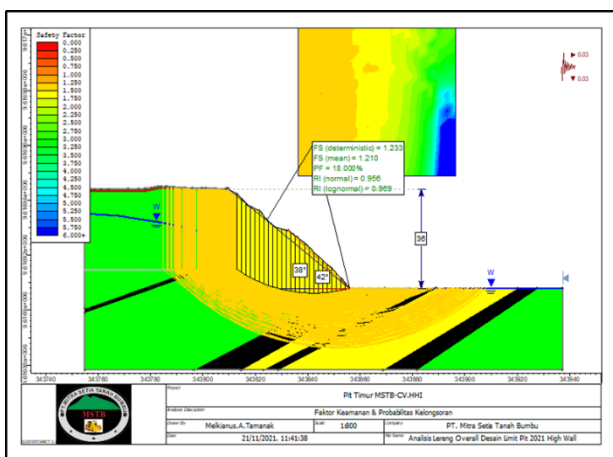
Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap model lereng dengan metode *resloping* didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1.301 untuk Fk statik dan 1.283 untuk FK dinamik, sedangkan nilai probabilitas yang dihasilkan sebesar 2.6%. Berdasarkan hasil yang ada, dapat disimpulkan bahwa geometri lereng yang dibuat dengan metode *resloping* termasuk dalam kategori lereng aman dan dapat direkomendasikan untuk penggunaannya. Berikut ini adalah hasil analisis kestabilan lereng *high wall* (Tabel 3 dan Gambar 5-7).

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis FK dan PK

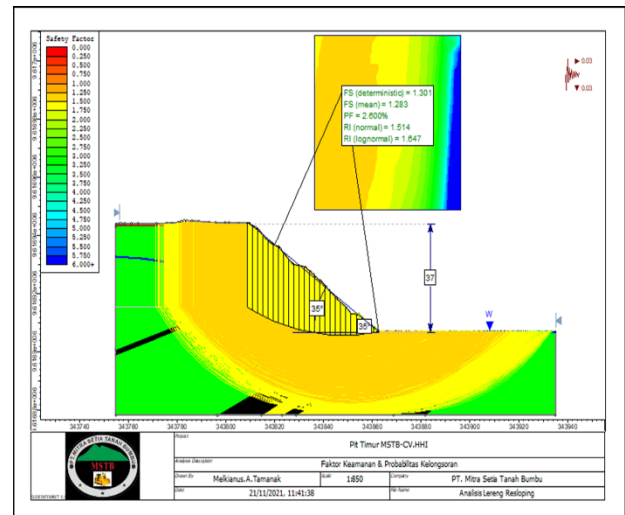
Jenis Lereng	FK		PK (%)	Keterangan
	Statik	Dinamik		
Aktual	1.308	1.284	8	Aman
Desain Limit Pit	1.233	1.210	18	Tidak di rekomendasikan
Resloping	1.301	1.283	2.6	Aman



Gambar 5. Model dan hasil analisis lereng aktual *high wall*



Gambar 6. Model dan hasil analisis lereng desain *limit pit 2021*



Gambar 7. Model dan hasil analisis lereng *resloping*

KESIMPULAN

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng adalah geometri lereng. Ketinggian dan kemiringan suatu lereng sangat berpengaruh terhadap stabilitasnya. Semakin tinggi dan semakin miringan (terjal) suatu lereng, maka tingkat kestabilannya semakin berkurang. Apabila sebuah lereng memiliki sudut kemiringan yang tetap, perubahan tinggi lereng akan mempengaruhi kestabilannya. Hal ini disebabkan lereng dengan kondisi yang curam dan tinggi akan menambah beban lereng dan memperbesar tegangan yang bekerja di sekitar lereng sehingga akan menyebabkan potensi kelongsoran pada lereng semakin besar. Oleh sebab itu, untuk menjaga kestabilan lereng, maka semakin tinggi lereng maka sudut kemiringan yang diperlukan makin kecil.

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng yang ada, diketahui bahwa nilai faktor keamanan pada model lereng desain *limit pit* sebesar 1.233 dan nilai probabilitas kelongsoran sebesar 18% dengan geometri tinggi lereng 36 meter dan sudut 38° menunjukkan hasil stabilitas lereng yang tidak stabil dengan nilai FK di bawah 1.3 dan nilai PK di atas 10%. Namun jika dilihat dari hasil analisis stabilitas lereng pada model lereng dengan metode *resloping* diketahui bahwa nilai faktor keamanan sebesar 1.301 dan nilai probabilitas kelongsoran sebesar 2.6% dengan geometri tinggi lereng 36 meter dan sudut 36° menunjukkan hasil yang stabil dengan nilai FK di atas 1.3 dan nilai PK di bawah 5-10%.

Hal ini disebabkan karena perubahan geometri lereng yang dilakukan pada model lereng dengan metode *resloping*. Pada model lereng ini, sudut kemiringan lereng dilandaikan dari 38° menjadi 36° dengan ketinggian lereng yang sama yaitu 36 meter, selain itu pada model lereng *resloping* dilakukan perjenjangan (pembentukan lereng tunggal) pada kaki lereng keseluruhan yang



bertujuan untuk mengurangi gaya pendorong dengan memperbesar gaya penahan. Dari hal tersebut maka dapat direkomendasikan model lereng yang dapat digunakan adalah model geometri lereng yang telah diredesain dengan metode *resloping* yaitu lereng dengan nilai faktor keamanan sebesar 1.301 dan nilai probabilitas kelongsoran sebesar 2.6%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. Agustawijaya, (2019). *Geologi Teknik*. Yogyakarta: ANDI.
- [2] Z. A. Muhammad, N. P. Widodo, and S. H. Prasetyo, (2020). "Studi Pengaruh Geometri Lereng Pada Analisis Kemantapan Lereng 2D Dan 3D Dengan Metode Kesetimbangan Batas," *Indonesian Mining Professionals Journal*, 2(1), 51–56.
- [3] P. K. Wiradani and B. Heriyadi, (2018). "Analisis probabilitas kelongsoran menggunakan metode Monte Carlo pada highwall pit SB-II BK-14 PT. Trubaindo Coal Mining, site Melak, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur," *Jurnal Bina Tambang*, 3(4), 1615–1629.
- [4] A. K. Leung, V. Kamchoom, and C. W. W. Ng, (2019). "Influences of root-induced soil suction and root geometry on slope stability: a centrifuge study Title: Post-Doctoral fellow Title: Chair Professor of Civil Engineering." [Online]. Available: www.nrcresearchpress.com
- [5] S. Alfát, L. O. M. Zulmasri, S. Asfar, M. S. Rianse, and R. Eso, (2019). "Slope stability analysis through variational slope geometry using Fellenius Method," in *Journal of Physics: Conference Series*, 1242(1).
- [6] Y. Zhang, G. Chen, L. Zheng, Y. Li, and X. Zhuang, (2013). "Effects of geometries on three-dimensional slope stability." [Online]. Available: www.nrcresearchpress.com
- [7] M. Guo, X. Ge, and S. Wang, (2011). "Slope stability analysis under seismic load by vector sum analysis method," *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 3(3), 282–288.
- [8] T. Xu, J. Jaime Gómez-Hernández, H. Zhou, and L. Li, (2013). "The power of transient piezometric head data in inverse modeling: An application of the localized normal-score EnKF with covariance inflation in a heterogenous bimodal hydraulic conductivity field," *Adv Water Resour*, 54, 100–118.
- [9] Y. D. G. Cahyono, (2021). "Analisis Kestabilan Lereng Tambang Batu Gamping Menggunakan Teori Keruntuhan Hoek And Brown," in *Katalog Buku Karya Dosen ITATS*, 147–156.
- [10] Y. D. G. Cahyono and A. Khanifa, (2019). "The Influence of Structural Structures on Slope Stability at PT. Energi Batubara Lestari, South Kalimantan," *Promine*, 7(1), 34–40.
- [11] Y. D. G. Cahyono, (2021). "Analisis Kestabilan Lereng Highwall Berdasarkan Tingkat Kejenuhan Dengan Metode Probabilitas Pada Tambang Batubara PT X Kalimantan Timur," 9, 229–238.
- [12] S. Mahardika and U. Hamzah, (2017) "Analisis Kestabilan Lereng High Wall Berdasarkan Nilai Faktor Keamanan Dengan Metode Bishop Simplified Pada Pit S12gn PT. Kitadin Embalut Site, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur," *Teknologi Mineral Ft Unmul*, 5(2).
- [13] A. Irwandy, (2016). *Geoteknik Tambang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [14] M. A. Azizi, S. Kramadibrata, R. K. Wattimena, I. D. S, and Y. Andriansyah, (2012). "Analisis risiko kestabilan lereng tambang terbuka (studi kasus tambang mineral x)," in *Geomekanika Ke-1*, 4(1), 19–27.
- [15] M. A. Azizi *et al.*, (2018) "Pengaruh Geometri Lereng Terhadap Perolehan Batubara Tertambang Di PT. Arutmin Indonesia Site Kintap Kalimantan Selatan," in *Seminar Nasional Pakar Ke 1*, 267–276.
- [16] S. L. Pangemanan and O. B. A. S. A.E Turangan, (2014). "Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)," *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 22–28.