



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

"Tema: 7 (Ilmu Dasar dan Rekayasa Keteknikan)"

ANALISA KESTABILAN LERENG DENGAN METODE KESETIMBANGAN BATAS DAERAH SATUI, KALIMANTAN SELATAN

Adi Candra¹, Januar Aziz Zaenurrohman², Siswandi³, Indra Permanajati⁴, dan Zulfikar Darwin⁵

¹Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

²Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

³Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

⁴Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

⁵PT. Mitra Jaya Abadi Bersama, Satui, Kalimantan Selatan

e-mail: adi.candra@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Longsor dapat terjadi perlahan lahan atau tiba-tiba dengan tanpa terdapat tanda-tanda sebelumnya. Penyebab utama ketidakstabilan lereng adalah meningkatnya tegangan geser, menurunnya kuat geser pada bidang gelincir atau keduanya secara simultan. Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial dengan menghitung kekuatan geser untuk mempertahankan kestabilan lereng dan menyebabkan kelongsoran kemudian keduanya dibandingkan. Perbandingan nilai tersebut menghasilkan Faktor Keamanan yang merupakan nilai kestabilan lereng. Penelitian dilakukan dengan metode pendekatan kuantitatif kesetimbangan batas dengan melalui beberapa tahapan setelah dilakukan studi pustaka terlebih dulu. Tahapan pertama meliputi pengambilan data primer di lapangan menggunakan pemboran *full coring* pada titik-titik yang telah ditentukan. Sampel batuan tidak terganggu (*undisturbed sample*) diambil berdasarkan variasi litologi yang dijumpai dan keterwakilan data. Hasil perhitungan faktor keamanan lereng tunggal dengan pendekatan faktor keamanan 1,25 adalah 1,325 dengan tinggi lereng 18 meter dan slope 45⁰, faktor keamanan lereng keseluruhan (*overall slope*) pada penampang x bagian *high wall* yaitu; 1,003 dengan ketinggian lereng 70 m dengan sudut 34,9⁰ termasuk dalam kriteria aman, sedangkan bagian *low wall* ; 1,044 dengan tinggi lereng 60 dan sudut 34,6⁰, termasuk dalam kriteria aman. Pada perhitungan faktor keamanan keseluruhan ini menggunakan beberapa bench dengan perbandingan tinggi dan lebar 10 m dan berm 5 m.

Kata kunci : kestabilan lereng, faktor keamanan, kesetimbangna batas, lereng tunggal, lereng keseluruhan

ABSTRACT

Landslides occur that can be slowly or rapidly without any signed. The main causes of slope instability are both increasing shear stress and decreasing shear strength in the slip surface simultaneously. Slope stability analysis is carried out to determine safety factor of a potential landslide by calculating the shear strength which served either to maintain slope stability or to accelerate landslide then are compared respectively. Comparing value produces safety factor which is a stability value of slope. The study was conducted with a quantitative approach that is called limit equilibrium through several stages after a literature studies. The first stage involves primary data collecting from the field that using full coring drilling at predetermined points. Undisturbed rock samples are taken on various lithology encountered and representation data. The results of calculation for a single slope safety factor, based on values approaching valus 1.25, was 1.325 with height of 18 m and degree of angel 45⁰. Overall slope safety factor on the section X for high wall was



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"
17-18 Oktober 2023
Purwokerto

1,003 with height 70 m with an angle of $34,9^{\circ}$ while low wall section was 1,044 with height 60 and an angle of $34,60$, both are safe criteria high wall and low wall. Calculated overall safety factor is used several benches with height 10 m and a width of 5 m.

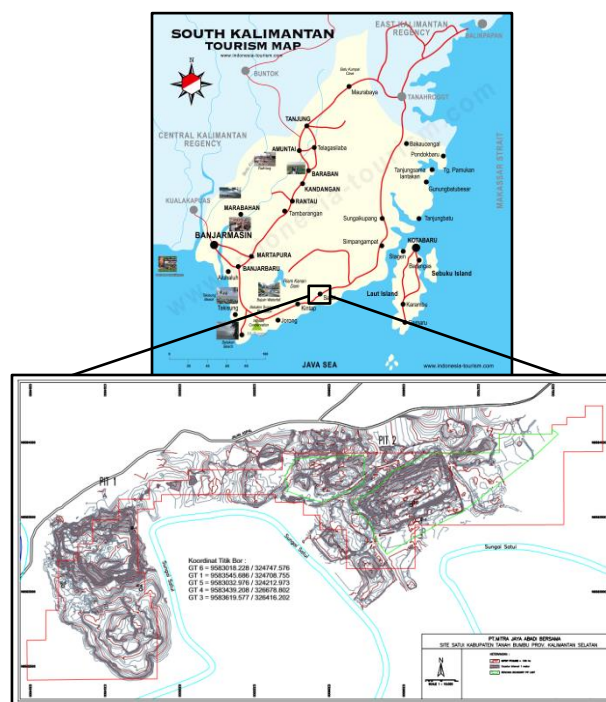
Keywords : slope stability, safety factor, limit equilibrium, single slope, overall slope

PENDAHULUAN

Aktivitas penggalian atau penimbunan selalu menghadapi permasalahan dengan ketidakstabilan lereng, baik lereng kerja maupun lereng akhir. Kestabilan lereng (*slope stability*) sangat penting dalam perencanaan tambang terbuka untuk mendapatkan desain tambang yang aman ekonomis, dan mencegah bahaya longsor yang dapat terjadi sewaktu-waktu. Desain lereng merupakan seni dalam menentukan keseimbangan antara kemiringan lereng dan keuntungan bagi perusahaan tambang. Lereng yang semakin curam akan memaksimalkan perolehan penambangan, namun meningkatkan risiko kestabilan lereng. Sebaliknya lereng yang semakin landai akan menurunkan perolehan penambangan, namun merendahkan risiko kestabilan lereng (lereng cenderung lebih stabil).

Desain lereng tambang memerlukan analisis mengenai kestabilan lereng meliputi aspek geologi dan geoteknik. Gambaran kondisi litologi daerah pertambangan didapatkan dengan melakukan pemboran geoteknik, pengujian sifat fisik dan mekanik batuan. Penyelidikan geoteknik ini dapat memberikan panduan dalam mengoptimalkan eksploitasi tambang dengan mengacu pada hasil kajian kestabilan lereng tambang yang aman.

Lokasi tambang berada di sekitar Sungai Satui, Kalimantan Selatan (gambar 1) yang sebelumnya pernah melakukan aktivitas penambangan. Setelah cukup lama ditinggalkan, aktivitas penambangan akan dilanjutkan kembali untuk mengoptimalkan cadangan yang ada.





Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

Mengingat perubahan yang dinamis pada setiap lokasi tambang maka analisis kestabilan lereng sangat perlu dilakukan agar terhindar dari fatalitas penambangan yang merugikan. Secara umum kondisi geologi daerah penambangan didominasi oleh batulempung, batupasir, dan selang seling batulempung-batupasir, dengan beberapa layer batubara yang memiliki kemiringan 15-20⁰ ke arah timur. Beberapa tempat pada lokasi penambangan dijumpai batupasir yang tidak kompak (loose).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode pendekatan kuantitatif kesetimbangan batas. Metode Kesetimbangan batas dikembangkan oleh Fredlund di tahun 70-an (Fredlund dan Krahn 1977; Fredlund dkk 1981). Metode ini dapat memenuhi semua kondisi kesetimbangan dan dapat digunakan untuk gelinciran dengan bidang runtuh sembarang. Asumsi yang digunakan oleh metode kesetimbangan batas yaitu terdapat hubungan antara gaya geser antar-irisan dan gaya normal antar-irisan, yang dinyatakan dengan persamaannya sebagai berikut:

$$X = \lambda f(x) E$$

X = gaya geser antar irisan

E = gaya normal antar irisan

λ = faktor skala

$f(x)$ = sebuah fungsi yang diasumsikan

Tahapan penelitian yang dilakukan setelah dilakukan studi pustaka yaitu; Tahapan pertama meliputi pengambilan data primer di lapangan menggunakan pemboran *full coring* pada titik-titik yang telah ditentukan. Sampel batuan tidak terganggu (*undisturbed sample*) diambil berdasarkan variasi litologi yang dijumpai dan keterwakilan data (gambar 2).



Gambar 2. Sampel tidak terganggu pemboran full coring



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

1. Teknik pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui observasi langsung di lapangan, sedangkan data sekunder didapatkan dari uji laboratorium. Pengambilan data primer dilapangan yaitu mengukur geometri lereng dengan batuan Global Positioning System berupa elevasi dan kemiringan lereng, kemudian melakukan pengeboran secara full coring sebanyak 3 titik yaitu pada bagian *high wall*, *site wall* dan *low wall*. Dalam pengeboran ini dilakukan pengamatan pada sampel batuan yang berhasil diangkat inner core, kemudian dilakukan deskripsi lithologi, perhitungan *RQD* dan pengambilan sample untuk dianalisis pada laboratorium.

2. Teknik Pengolahan Data

Pengelompokan variable data perlu dilakukan sesuai dengan parameter masukan yang digunakan untuk analisis kestabilan lereng yaitu berupa ; Pengujian penentuan bobot isi kering dan bobot isi jenuh, Pengujian kohesi dan sudut geser dalam, dan Desain rancangan lereng pit. Setelah semua data yang ada diolah selanjutnya dilakukan analisis data yang sudah diolah. Setelah analisis selesai dilakukan dan sudah menghasilkan beberapa alternatif, kemudian dilakukan pemilihan alternatif terbaik, yang kemudian akan menjadi rekomendasi kepada perusahaan. Pengolahan data yang diperlukan meliputi:

- a. Membuat model lereng untuk longsoran busur (*circular failure*).
- b. Menghitung faktor keamanan lereng dengan bantuan Program Geostudio Slope/W 2012. Perhitungan faktor keamanan (FK) longsoran circular dengan metode kesetimbangan batas (*Morgenstren-Price*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

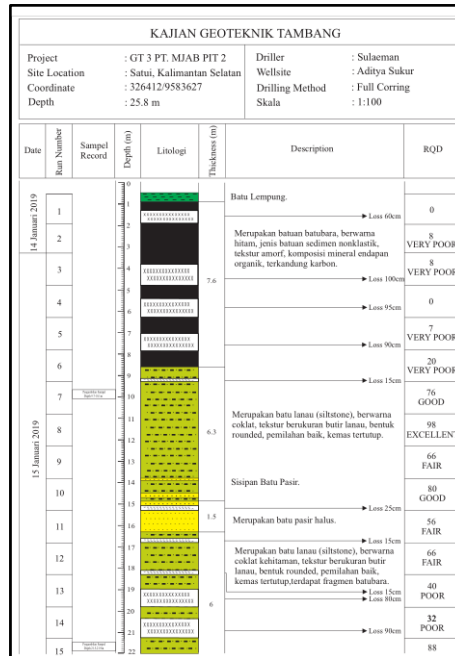
1. Pemboran dan Pengambilan sampel

Pemboran geoteknik dilakukan dengan menggunakan mesin Jack Row 200 dengan metode full coring yang dapat menembus kedalaman lebih dari 40 meter. Hasil coring dideskripsi, dihitung *RQD* (gambar 2), dan pengambilan conto tanah dan batuan dilakukan untuk pengujian laboratorium mekanika tanah dan batuan, yaitu berupa conto tanah tak terganggu (*undisturbed samples*)



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"
 17-18 Oktober 2023
 Purwokerto



Gambar 2. Salah satu hasil deskripsi pemboran geoteknik

2. Parameter Analisis Kestabilan Lereng

Parameter masukan untuk analisa kestabilan lereng didapatkan dari hasil uji laboratorium berupa sifat fisik dan mekanik batuan yang disajikan pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Parameter Analisis Kestabilan Lereng

LITOLOGI DOMINAN	DENSITY (γ_{sat}) kN/m^3	KOHESI (C_p) kPa	SUDUT GESER DALAM (ϕ_p) (Deg)	BEBAN SEISMIK (g)
Batupasir	12,562	39,618	48,81	0.02
Batulempung	13,788	54,721	40,60	0.02
Batupasir	13,111	36,774	42,51	0.02
Batulempung	17,368	-	-	0.02
Batupasir	14,857	45,404	50,53	0.02
Batulempung	12,925	28,831	52,88	0.02
Batulempung	12,347	-	-	0.02
Batupasir	11,317	41,187	48,37	0.02
Batulempung	13,886	-	-	0.02
Batulempung	9,611	35,303	52,51	0.02
Batulempung	12,582	47,464	52,51	0.02
Batulanau	16,426	-	-	0.02
Batulanau	16,348	-	-	0.02
Batupasir	18,956	43,414	43,243	0.02
Batupasir	20,290	-	-	0.02
Batulempung	18,348	-	-	0.02
Batulempung	12,474	46,385	53,62	0.02
Batupasir	11,591	58,839	40,99	0.02
Batupasir	15,465	38,932	42,88	0.02

Karakteristik material yang digunakan untuk analisis kestabilan lereng adalah: kohesi (C_p), sudut geser dalam (ϕ_p), berat isi dalam kondisi jenuh (γ_{sat}), karena lereng diasumsikan jenuh sebagai antisipasi kondisi terburuk. Berdasarkan hasil analisis statistik terhadap data uji



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

laboratorium, maka parameter batuan yang digunakan untuk analisis kestabilan lereng dapat dilihat pada tabel 1. Disamping parameter yang telah didapatkan dari hasil uji laboratorium, terdapat beberapa asumsi yang digunakan untuk melakukan perhitungan faktor keamanan yaitu ; material diwakili oleh perlapisan *overburden* dan *interburden coal* dari heterogenitas batuan yang dijumpai, Gangguan dalam kegiatan penambangan termasuk peledakan atau beban seismik, $g = 0,02$ untuk perlapisan *overburden* dan *interburden* (non blasting) serta $g = 0,05$ untuk perlapisan batubara (blasting), Tinggi muka air tanah dianggap mengikuti tinggi permukaan lereng (kondisi jenuh), dan Parameter sifat fisik dan sifat mekanik batuan yang digunakan adalah dari hasil laboratorium terhadap sampel yang diperoleh dari beberapa titik bor.

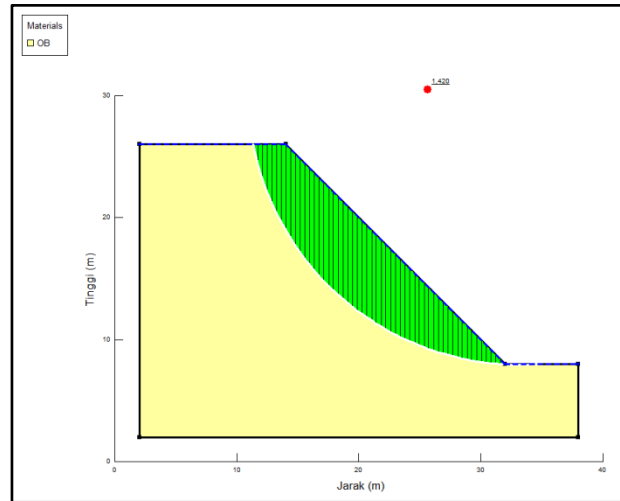
3. Analisis Faktor Keamanan Aktual

Berdasarkan analisis kestabilan lereng aktual pada desain penampang pit tambang menggunakan Software Geostudio Slope/W 2012 dengan Metode Kesetimbangan Batas/*Morgenstren and Price* maka didapatkan nilai faktor keamanan (FK) lereng. Nilai faktor keamanan yang tertinggi terdapat pada lereng tunggal (*Single Slope*) adalah untuk tinggi lereng 9 m dengan sudut 26^0 yaitu 2,842, sedangkan nilai faktor keamanan yang terendah untuk tinggi lereng 18 m dengan sudut 63^0 yaitu 0,728 (tabel 2).

Tabel 2. Nilai faktor keamanan penampang x

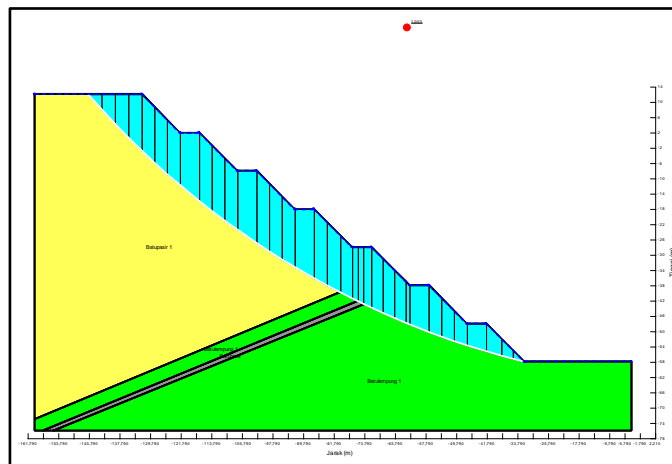
Lapisan	Geometri		FK
	Tinggi (m)	Rasio	
X	9	1 : 2.00	2,842
	9	1 : 1.00	1,667
	9	1 : 0.75	1,305
	9	1 : 0.50	0,888
	12	1 : 2.00	2,571
	12	1 : 1.00	1,439
	12	1 : 0.75	1,092
	12	1 : 0.50	0,819
	15	1 : 2.00	2,266
	15	1 : 1.00	1,293
	15	1 : 0.75	0,951
	15	1 : 0.50	0,783
	18	1 : 2.00	2,286
	18	1 : 1.00	1,325
	18	1 : 0.75	0,855
	18	1 : 0.50	0,728

Lereng dengan tinggi 18 m dan sudut 45^0 dengan faktor keamanan 1,325 dapat menjadi bahan acuan penambangan yang aman (gambar 3).

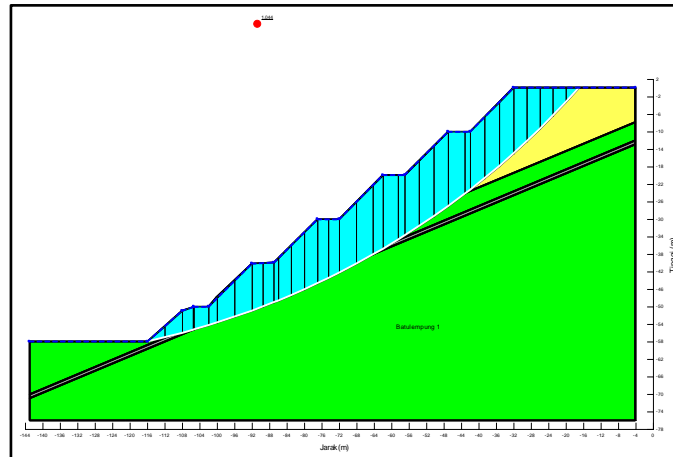


Gambar 3. Kestabilan lereng tunggal dengan $FK = 1,325$

Hasil perhitungan faktor keamanan untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) untuk high wall didapatkan faktor keamanan 1,003 dengan ketinggian lereng 70 m dengan sudut $34,9^{\circ}$ termasuk dalam kriteria aman (gambar 4)



Gambar 4. Simulasi highwall dengan tinggi lereng 70 m, sudut $39,40$ menghasilkan $FK 1,003$ sedangkan untuk low wall didapatkan faktor keamanan 1,044 dengan ketinggian lereng 60 m dengan sudut $34,6^{\circ}$ termasuk dalam kriteria aman.



Gambar 5. Simulasi lowwall dengan tinggi lereng 60 m, sudut 34,6 menghasilkan FK 1,044

Pada pemodelan lereng keseluruhannya ini dilakukan pembuatan bench dengan perbandingan tinggi dan lebar yaitu 10 meter dan berm 5 meter. Pemantauan pada lereng mutlak dilakukan dari waktu ke waktu agar proses penambangan berjalan dengan baik dan optimal. Kegiatan pemantauan dilakukan pada lereng tertentu yang dianggap berpotensi untuk tidak stabil. Pada dasarnya lereng telah didesain dengan pertimbangan geoteknik untuk memperoleh kondisi mantap. Namun demikian masih terdapat faktor-faktor yang belum dimasukkan ke dalam analisis keamanan lereng seiring dengan kemajuan kegiatan penambangan seperti adanya struktur sesar yang tidak tersingkap saat desain lereng, kondisi air tanah yang berubah setiap waktu.

KESIMPULAN

Faktor keamanan lereng tunggal, berdasarkan hasil perhitungan nilai yang mendekati faktor keamanan 1,25 adalah 1,325 dengan tinggi lereng 18 meter dan slope 45° , faktor keamanan lereng keseluruhan (*overall slope*) pada penampang x bagian high wall yaitu ; 1,003 dengan ketinggian lereng 70 m dengan sudut $34,9^{\circ}$ termasuk dalam kriteria aman, sedangkan bagian low wall ; 1,044 dengan tinggi lereng 60 dan sudut $34,6^{\circ}$, termasuk dalam kriteria aman. Pada pemodelan faktor keamanan keseluruhan ini menggunakan beberapa bench dengan perbandingan tinggi dan lebar 10 m dan berm 5.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Manajemen PT. MJAB yang telah berkenan memberikan akses data untuk kelancaran pembuatan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bishop, A.W. 1955. The Use of The Slip Circle in The Stability analysis of Slopes, *Geotechnique*, Vol 5, No.1, page 7-17.



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

- [2] Das, B.M., 1993. Principles of Geotechnical Engineering, 3rd Edition, PWS Publishing Company, Boston, Amerika Serikat.
- [3] Hoek, J. & Bray, E. 1981. "Rock Slope Engineering" .London, Institution of Mining and Metallurgy.
- [4] Kliche, Charles A., 1999, Rock Slope Stability, The Society for Mining, Metallurgy, London, England.
- [5] Masagus, A.Azizi, dkk., (2012), "Analisis Resiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka", Prosiding Simposium dan Seminar Geomekanika Ke-1 Tahun 2012, Jakarta.
- [6] Morgenstern, R.N, & Price, V. E. (1965), The Analysis of Te Stability of General Slip Surface, Geotechnique, 79-93.
- [7] Sudarto N & Partanto p (1984), "Pengantar Analisis Kemantapan Lereng" Jurusan teknik Pertambangan ITB.
- [8] _____(2004), "Geostudio Tutorials", First Edition, by GEO-SLOPE International Ltd, Calgary, Canada