

ANALISIS STABILITAS LERENG TAMBANG BATUBARA DENGAN MENGGUNAKAN METODE LIMIT EQUILIBRIUM PADA PT. KALIMANTAN PRIMA NUSANTARA

Andi Al'Faizah Ma'rief^{1*}, Hedianto¹, Nur Okviyani², Enni Tri Mahyuni¹, Abdul Affan³

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Jl. Urip Sumoharjo, Sinrijala, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Jl. Prof. Dr. Baharuddin Lopa, Baurung, Kec. Banggae, Kab. Majene, Sulawesi Barat, Indonesia

³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Veteran Republik, Indonesia, Jl. Raya Baruga No. Raya, Antang, Kec. Manggala, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

*Corresponding author. Email: alfaizah.marief@universitasbosowa.ac.id

Manuscript received: 1 February 2022; Received in revised form: 10 April 2022; Accepted: 31 Mei 2022

Abstrak

Berbagai permasalahan pada suatu lereng dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yakni geometri lereng dan juga nilai propertis dari batuan lereng tersebut. Polemik mengenai stabilitas lereng dilakukan pada area izin usaha pertambangan PT. Kalimantan Prima Nusantara yang memiliki luas sebesar 1500 hektar. PT. Kalimantan Prima Nusantara terdapat merupakan salah satu perusahaan tambang batubara yang berlokasi Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. Kondisi lereng pada area penambangan tersebut membutuhkan perhatian mengenai kestabilan lerengnya. Pada litologi daerah penelitian ditemukan jenis batuan sedimen yang ditinjau dari segi geologi tekniknya atau *rock mass weathering grade* masuk kategori *highly weathering rock – completely weathering rock*. Tujuan penelitian ini yakni menganalisis kestabilan lereng tambang pada GT-01 – GT-02 (*South Block Pit*) GT-03 – GT-04 (*Central Block Pit*), GT-05 – GT-06 (*North Block Pit*). Metode yang digunakan adalah metode *limit equilibrium* atau metode *Bishop* untuk melihat kuat geser batuan pada lereng (*shear strength*) apakah memiliki nilai faktor keamanan yang tinggi atau rendah. Hal ini berdasarkan analisa kinetik dengan mengandalkan parameter masukan yakni kohesi, berat isi, dan sudut geser dalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi lapisan batuan pada lereng didominasi oleh material sedimen seperti *soil claystone*, *siltstone* dan *sandstone*. Pada *single slope* menunjukkan sudut kemiringan lereng 35°-50° dan berdasarkan hasil analisa kinetik atau analisa analitik kondisi lereng pada GT-01 hingga GT-06 menunjukkan keadaan stabil dengan nilai rata-rata faktor keamanan yakni $FK \Rightarrow 2$.

Kata Kunci: faktor keamanan; geometri lereng; kohesi; *limit equilibrium*; stabilitas lereng.

Abstract

Various problems on a slope can be influenced by several factors such as slope geometry and also the property value of the slope. The polemic regarding the exhibition conducted on the mining business license of PT. Kalimantan Prima Nusantara which has an area of 1500 hectares. PT. Kalimantan Prima Nusantara, there is a coal mining company located in Kapuas Regency, Central Kalimantan. The slope conditions in the mining area require attention to the stability of the slopes due to the lithological conditions of the research area found types of sedimentary rocks in terms of engineering geology or rock mass weathering class into the rock category. highly weathered – rock that is completely weathered. The purpose of this study is to analyze the mine slopes at GT-01 – GT-02 (South block pit) GT-03 – GT-04 (Central block pit), GT-05 – GT-06 (North block pit). The research used the balance

limit method or the Bishop's method to see whether the shear strength on a slope (shear strength) has a high or low safety value. This is based on kinetic analysis by relying on inputs such as cohesion, bulk density, and internal shear angle. The results of this study indicate that the condition of the rock layers on the slopes are dominated by sedimentary materials such as claystone, siltstone and sandstone. The overall slope shows a slope angle of 35° - 50° and based on the results of the analysis of the condition of the slopes on GT-01 to GT-06 it shows a stable condition with an average factor value of $FK \Rightarrow 2$.

Keywords: cohesion; equilibrium limit; safety factor; slope geometry; slope stability.

Pendahuluan

PT. Kalimantan Prima Nusantara merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang terletak di Desa Baronang, Kecamatan Kapuas tengah, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah. Kegiatan penambangan dilakukan pada lahan dengan IUP eksplorasi seluas 1500 hektar (Batuah, Isjudarto, and Sidiq, 2020). Sebelum melakukan kegiatan eksplorasi, perusahaan pertambangan memerlukan sebuah kajian untuk menilai kelayakan cadangan yang ditemukan untuk dilakukan penambangan. Salah satu kajian teknis yang harus dilakukan perusahaan dalam mendukung desain penambangan adalah kajian geoteknik. Yaitu sebuah kajian untuk menentukan desain (kemiringan dan tinggi lereng) yang diperkirakan akan stabil sampai kegiatan penambangan selesai (Syafar, Djamaluddin, and Anshariah, 2017).

Kasus longsor pada lereng tambang menjadi perhatian khusus pada kegiatan penambangan di Indonesia. Selain dapat merugikan perusahaan secara materil yang cukup besar kasus kelongsoran lereng tambang dapat menghambat operasional penambangan berakibat fatal pada lingkup keamanan pekerjaan yang dilaksanakan di lapangan (Ye, Wu, and Wang, 2011). Penyelidikan geoteknik mutlak diperlukan untuk mengurangi resiko tersebut. Kemantapan lereng dalam kepentingan tambang terbuka membutuhkan parameter geometri lereng, yaitu sudut dan tinggi lereng. Salah satu masalah yang dihadapi pada kegiatan operasional di pertambangan yakni pemotongan sudut dari lereng agar

mendapatkan material yang lebih besar namun hal ini memicu ketidakstabilan pada lereng (Amrullah et al., 2019).

Faktor utama penentu geometri lereng adalah struktur geologi, sifat fisik dan mekanik batuan, serta kondisi air tanah. Sedangkan kemampu-galian material dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik material antara lain dari kuat tekan uniaksial, *point load index*, dan *sonic velocity* (Syam et al., 2018).

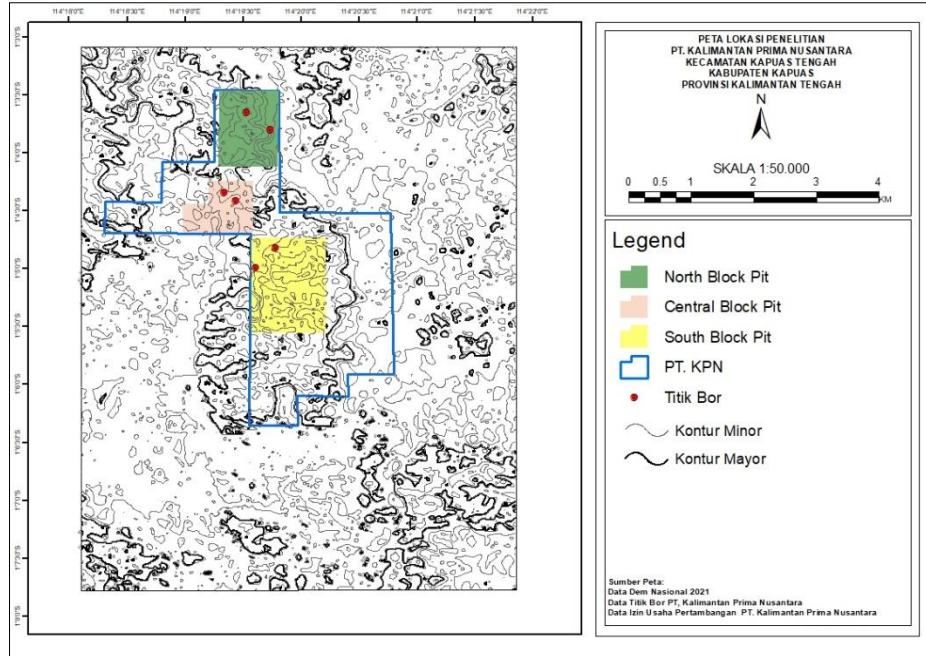
Tujuan analisis kestabilan lereng yakni untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu. Nilai faktor keamanan dapat memberikan informasi apakah lereng tersebut stabil atau tidak dan memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng. Bertambahnya tingkat kepastian untuk memprediksi ancaman longsor dapat bermanfaat untuk memahami perkembangan dan bentuk dari lereng alam dan proses yang menyebabkan terjadinya bentuk-bentuk alam yang berbeda, dan menilai kemungkinan terjadinya kelongsoran yang melibatkan lereng alam atau lereng buatan, serta untuk dapat mendisain ulang lereng yang gagal serta perencanaan dan disain pencegahannya, serta pengukuran ulang (Hidayah, Paharuddin, and Massinai, 2017).

Metode Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Barunang, Kecamatan Kapuas Tengah, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah (Gambar 1). Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel batuan

menggunakan mesin bor jacro 200 dengan kemampuan penetrasi hingga 200 meter. Adapun alat yang digunakan dalam pengujian sampel di laboratorium yakni uji kuat geser langsung untuk mendapatkan

parameter mekanik batuan sedangkan untuk mendapatkan parameter fisik batuan alat yang digunakan yakni desikator, vakum, timbangan digital dan *furnace*.



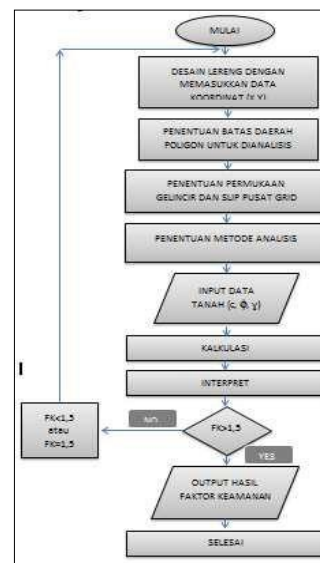
Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Metode penelitian ini bersifat kuantitatif dengan menggunakan data primer dan data pendukung yakni data sekunder, untuk menganalisis kestabilan lereng pada pit penambangan PT. Kalimantan Prima Nusantara. Adapun data-data yang diperlukan pada kajian ini yakni:

1. Data primer berasal dari pengambilan data langsung di lapangan berupa data-data geologi yakni litologi yang terdapat pada area penambangan atau permukaan yang dikorelasikan kembali dari hasil pemboran. Serta sampel batuan yang menjadi objek atau data yang akan di uji sifat fisik dan mekaniknya yang kemudian dijadikan parameter masukan dalam analisis kestabilan lereng ini.
2. Data sekunder berasal dari perusahaan yakni data profil perusahaan dan laporan terdahulu yang mengkaji mengenai kestabilan lereng tambang.

Adapun teknik pengumpulan data yakni observasi lapangan meliputi melihat, mengamati dan menyusun informasi data

yang dibutuhkan seperti data geologi, data geometri, dan data analisa hasil laboratorium uji sifat fisik dan uji sifat mekanik batuan. Data penelitian kemudian diolah menggunakan sebuah *software* khusus untuk analisis kestabilan lereng dengan konsep kesetimbangan batas (*limit equilibrium*) Metode Bishop (Gambar 2).



Gambar 2. Langkah-langkah analisis data di *software*

Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan. Gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan ditunjukkan seperti pada Gambar 3. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk setengah lingkaran (Azizi et al., 2018). Pada metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/ bekerja di pusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal (Pasole, Patanduk, and Wong, 2020). Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Metriani, Anaperta, and Saldy, 2019). Lereng yang dibagi menjadi n buah *slice* (iris) seperti pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Persamaan yang diketahui pada Metode Bishop (Anderson and Richards, 1987).

No	Persamaan yang ada	Jumlah
1	Keseimbangan normal	n
2	Keseimbangan tangensial	n
3	Keseimbangan momen	n
	Total	$3n$

Tabel 2. Persamaan yang tidak diketahui pada Metode Bishop (Anderson and Richards, 1987).

No	Persamaan yang tidak diketahui	Jumlah
1	Faktor keamanan	
2	Gaya-gaya normal total (P) pada dasar <i>slice</i>	n
3	Posisi gaya P	n
4	Gaya-gaya horisontal antar <i>slice</i>	$n-1$
5	Gaya-gaya vertikal antar <i>slice</i>	$n-1$
6	Tinggi gaya-gaya antar <i>slice</i>	$n-1$
	Total	$5n-3$

Maka diperlukan asumsi sebanyak $(2n-2)$ agar masalah bisa diselesaikan secara statis tertentu.

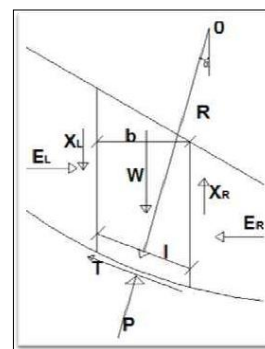
Tabel 3. Asumsi Umum Persamaan pada Persamaan Bishop (Rajagukguk, Turangan and Monintja, 2014).

No	Asumsi Umum	Jumlah
1	Posisi gaya normal pada pusat <i>slice</i>	n
2	Gaya antar <i>slice</i> vertikal adalah nol	$n-1$
	Total	$2n-1$

Secara umum ada tiga macam asumsi yang dapat dibuat pertama asumsi mengenai distribusi tegangan normal sepanjang permukaan gelincir. Kedua asumsi mengenai inklinasi dari gaya-gaya antar potongan. Ketiga asumsi mengenai posisi garis resultan gaya-gaya antar potongan (Rajagukguk, Turangan and Monintja, 2014).

Pada sebagian besar metode analisis, gaya normal diasumsi bekerja di pusat alas dari tiap potongan, sebab potongan tipis. Ini diterapkan pada sejumlah asumsi. Metode Bishop ini menggunakan asumsi sebanyak $(2n - 1)$ seperti pada Tabel 3. Prinsip dasarnya yakni kekuatan geser didefinisikan dengan menggunakan hubungan linier Mohr- Coulomb, dan Menggunakan keseimbangan normal, keseimbangan tangensial, dan menggunakan keseimbangan momen (Herman and Permanasari, 2019).

Rumus Metode Bishop



Gambar 3. Gaya-gaya yang bekerja pada suatu potongan. W: berat total pada irisan; EL, ER: gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri dan kanan; XL, XR: gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri dan kanan; P: Gaya normal total pada irisan; T: gaya geser pada dasar irisan; b: lebar dari irisan; l: panjang dari irisan; α : sudut kemiringan lereng (Rajagukguk, Turangan and Monintja, 2014).

Seluruh kesetimbangan gaya diperhitungkan sehingga rumus untuk faktor keamanan (Fk) metode Bishop diperoleh sebagai berikut (Anderson and Richards, 1987):

$$FK = \frac{[c' + P - ul] \tan \phi}{w \sin \alpha} \quad (1)$$

Faktor Keamanan

Faktor keamanan terhadap longsoran didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor yang diandaikan (s) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan (τ) (Aprianti et al., 2021).

$$FK = \frac{s}{\tau} \quad (2)$$

Secara teoritis tingkat faktor keamanan diperlihatkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat nilai FK teoritis (Arif, 2016).

Fk	Keterangan
>1	Stabil
=1	Kritis
<1	Labil

Menurut Arif (2016) dalam praktiknya tingkat nilai faktor keamanan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tingkat nilai FK dalam praktek (Arif, 2016).

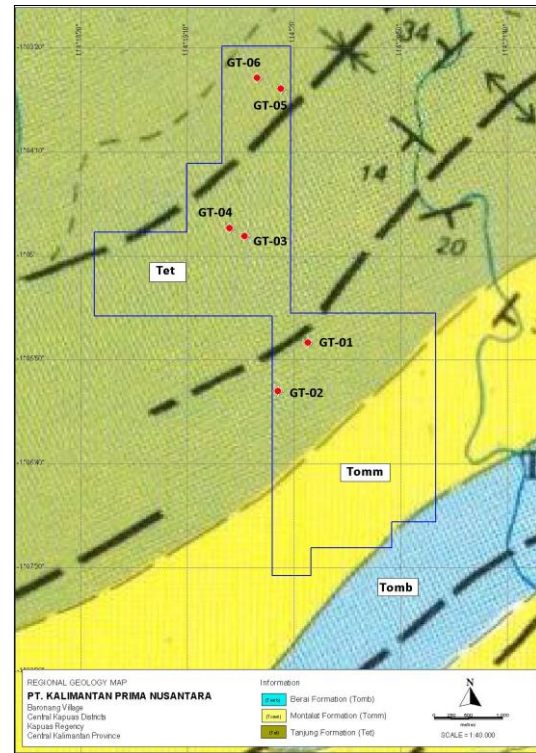
Fk	Keterangan
>1,5	Stabil
1,07 < Fk < 1,5	Kritis
<1,07	Labil

Penyelidikan geoteknik dilakukan untuk mendapatkan rekomendasi geometri lereng yang aman dan cara penggalian dengan mensimulasikan desain lereng untuk mengetahui faktor keamanan yang paling ideal dan aman (Widijanto, 2019). Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap beberapa permasalahan yang dihadapi berkaitan dengan masalah geoteknik dalam rencana kegiatan penambangan, tidak hanya pada industri pertambangan namun juga pada bidang yang khususnya pada bidang kebencanaan.

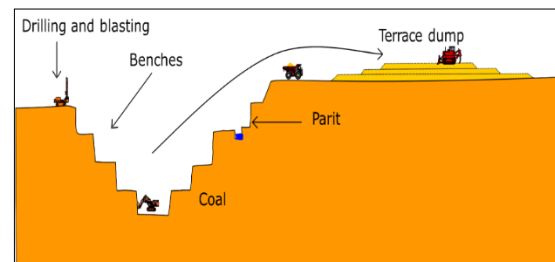
Hasil dan Pembahasan

Kondisi geologi daerah penelitian

Berdasarkan data geologi regional (Gambar 4) terdapat tiga formasi batuan yaitu Formasi Berai (Tomb) yang dijumpai batugamping berlapis dengan batulempung, napal dan batubara, sebagian bersilikakan dan mengandung limolit. Lalu Formasi Montalat (Tomm) terdapat batupasir kuarsa putih berstruktur silang siur. Sebagian gampingan, bersisipan batulanau/serpih dan batubara serta terdapat fosil foram kecil. Berumur Oligosen. Lalu yang terakhir yakni Formasi Tanjung (Tet). Formasi ini bagian bawah perselingan antara batupasir, serpih, dan batu lanau (Supriatna and Sudradjat, 1992).



Gambar 4. Peta regional daerah penyelidikan (Supriatna and Sudradjat, 1992).



Gambar 5. Ilustrasi pembuatan pit penambangan (Bargawa, 2018).

Analisis kestabilan lereng dilakukan di tiga *block pit* berbeda yakni *South Block Pit*, *Central Block Pit*, dan *North Block Pit* untuk mengetahui nilai faktor keamanan berdasarkan nilai masukan yakni nilai sifat fisik dan mekanik batuan. Metode penambangan *open cut* adalah dengan membuat lereng memotong kedudukan dip dari tubuh batuan (Gambar 5).

Melihat kenyataan ini maka kemungkinan longsoran yang dapat terjadi pada lapisan penutup tersebut mempunyai bentuk bidang gelincir berupa busur lingkaran (longsoran busur). Parameter geoteknik yang diperlukan adalah sifat fisik dan mekanik batuan yang menyusun material penutup *overburden*, dan *interburden*. Adapun

parameter geoteknik yang dibutuhkan pada analisis kestabilan lereng sifat fisik, seperti berat isi dari material, sifat mekanik yakni data kekuatan batuan berupa sudut geser dalam dan kohesi dari batuan.

Adapun pendekatan analisis yang digunakan juga memilih kriteria pada lereng yang diamati yakni (Rajagukguk, Turangan and Monintja, 2014):

1. Pada analisis lereng tunggal ini material dalam satu perlapisan dianggap homogen dan mempunyai kekuatan geser (ρ).
2. Nilai kohesi (c) berat isi, dan sudut geser dalam (ρ) yang digunakan dalam analisis kemantapan lereng diambil berdasarkan analisis.

Tabel 6. Hasil analisis kestabilan lereng.

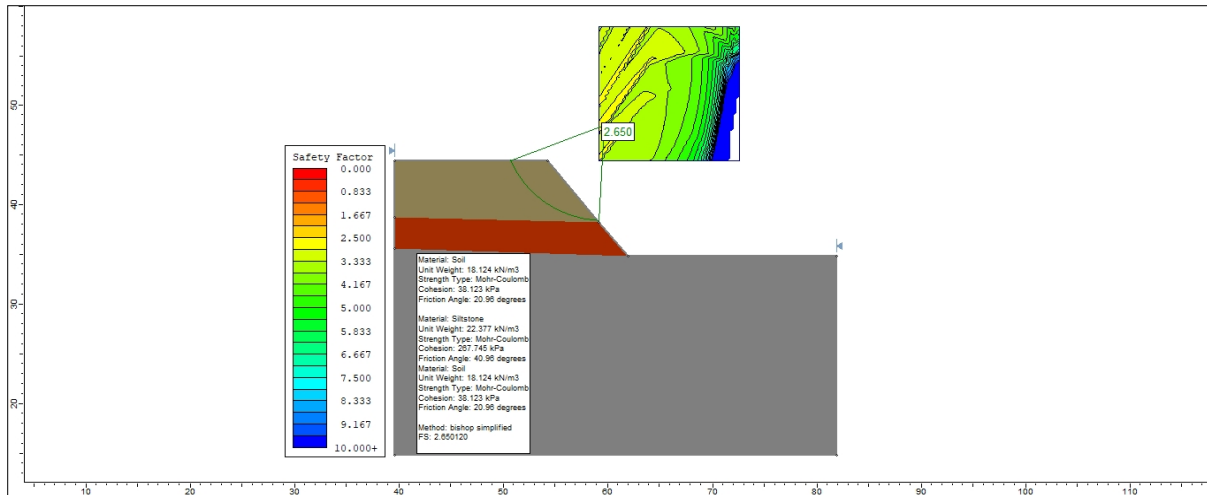
No	Block	FK
1	GT-01	3.9
2	GT-02	2.6
3	GT-03	3.7
4	GT-04	4.3
5	GT-05	3.6
6	GT-06	3.8

Tabel 7. Data geometri lereng dan litologi.

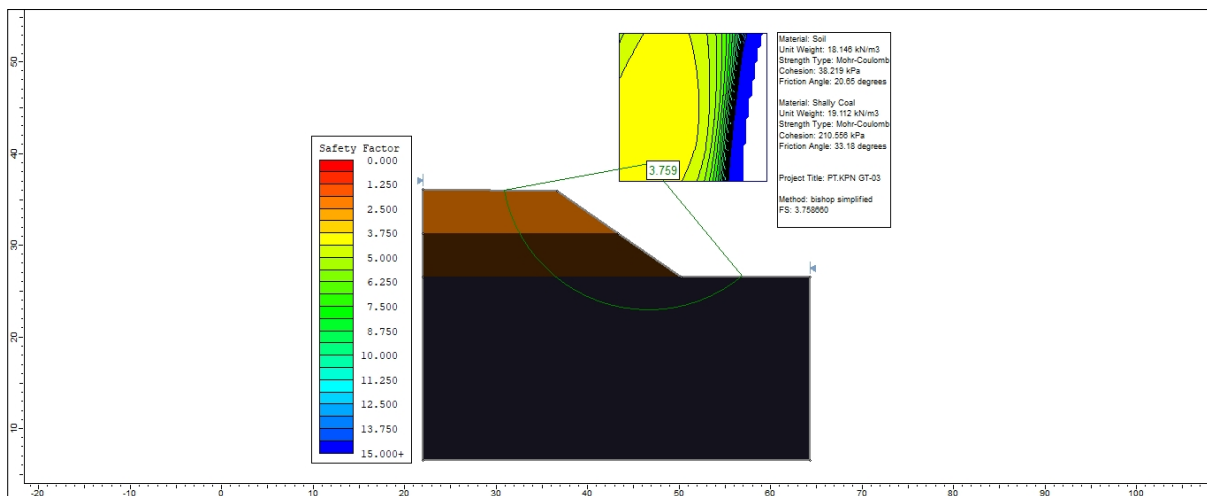
No	Block	Litologi	Sudut kemiringan lereng	Tinggi lereng	Koordinat	
					Latitude	Longitude
1	GT – 01	Claystone; Siltstone	43°	9,35 m	114,3297018°	-1,08029334°
2	GT – 02	Soil; Siltstone	51°	9,55 m	114,3268237°	-1,083197371°
3	GT – 03	Soil; Shally Coal	35°	9,43 m	114,3289722°	-1,063254231°
4	GT – 04	Claystone; Siltstone	55°	9,33 m	114,3223102°	-1,072308927°
5	GT – 05	Soil; Claystone	40°	9,50 m	114,3289722°	-1,063254231°
6	GT – 06	Claystone; Sandstone	35°	9,45 m	114,3254796°	-1,060838535°

Tabel 8. Hasil pengujian laboratorium mekanika tanah dan batuan.

Block	Material	Unit weight Kn/ M ³	cohesion		Angle intr. fraction	
			peak	residu	peak	residu
GT – 01	Claystone	22,343	267,739	173,021	40,88	30,63
	Siltstone	19,043	210,686	127,647	33,13	22,32
GT – 02	Soil	18,124	38,123	22,898	20,96	12,22
	Siltstone	22,377	267,745	173,039	40,96	30,72
GT – 03	Soil	18,146	38,219	22,654	20,65	12,42
	Shally Coal	19,112	210,556	127,451	33,18	22,19
GT – 04	Claystone	19,198	210,432	127,443	33,49	22,21
	Siltstone	21,534	332,451	214,412	40,61	28,33
GT – 05	Soil	18,268	38,137	22,843	20,97	12,83
	Claystone	19,117	210,443	127,387	33,66	22,44
GT – 06	Claystone	19,729	69,804	22,843	28,07	12,83
	Sandstone	23,765	242,331	127,387	45,28	22,44



Gambar 6. Hasil analisis kinetik pada blok GT-02.



Gambar 7. Hasil analisis kinetik pada blok GT-03.

Hasil analisis data

Hasil kalkulasi pada perangkat lunak (*software*) dilakukan pada semua *block pit* tambang. Analisis yang dilakukan menggunakan metode *limit equilibrium* dengan menggunakan satu variabel masukan yang menghasilkan nilai faktor keamanan. Parameter masukan tersebut berupa nilai rata-rata dari data yang ada karena dianggap mewakili keseluruhan data yang ada (Azizi and Handayani, 2011). Metode bishop dalam menghitung nilai faktor keamanan, yakni rasio antar gaya yang mempertahankan kondisi normal dengan gaya yang memberikan beban pada lereng sehingga terjadi gerakan tanah. Jika *driving force* lebih besar dari pada *resisting force* maka akan terjadi longsor namun jika sebaliknya *resisting force* lebih besar dari

driving force maka lereng dalam keadaan stabil (Anazakia and Kopa, 2021).

Hasil analisis stabilitas lereng yang dilakukan pada *block* GT-01 hingga GT-06 menunjukkan hasil yang positif. Seperti pada Tabel 6, seluruh nilai FK menunjukkan lereng dalam keadaan stabil. Hal ini didukung oleh nilai dari kekuatan batuan atau sifat fisik dan mekanik batuan dari sampel yang diamati memiliki nilai *engineering properties* yang tinggi menyebabkan lereng batuan menjadi stabil Tabel 7-8. Hasil analisis yang dilakukan terdapat perbedaan nilai faktor keamanan di atas $FK > 2$. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 6-7 yang memiliki nilai faktor keamanan lereng pada blok GT-02 yakni $FK=2,650$ dan pada blok GT-03 yakni $FK=3,759$

Kesimpulan

Analisis kestabilan lereng yang dilakukan pada 6 titik di tiga *block pit* tambang PT. Kalimantan Prima Nusantara, yakni *North Block Pit* (GT-06,GT-05), *Central Block Pit* (GTG-03,GT-04), dan *South Block Pit* (GT-01,GT-02). Pada lokasi penelitian ditemukan beberapa jenis batuan sedimen yang membentuk lereng seperti *claystone*, *siltstone*, *shally stone*, *sandstone*, dan *coal*. Analisis kestabilan lereng yang dilakukan diperoleh nilai faktor keamanan atau FK >2, yang dianggap bahwa lereng tersebut stabil. Salah satu faktor penyebab tingginya nilai faktor keamanan lereng karena dipengaruhi oleh nilai propertis batumannya seperti nilai kohesi, sudut geser dalam dan berat isi dari batuan tersebut yang rata-rata memiliki nilai yang tinggi.

Daftar Pustaka

- Amrullah, M.F., Zakaria, Z., Sophian, R.I. and Tunggal, J. 2019. *Optimisasi Kestabilan Lereng Tunggal Lapisan Overburden Rencana Tambang Mahayung dengan Pendekatan Probabilistik*. Padjadjaran Geoscience Journal. 3(6), pp. 480–488.
<http://jurnal.unpad.ac.id/geoscience/article/view/26337>
- Anazakia, R. and Kopa, R. 2021. *Analisis Kestabilan Lereng BT 02 Jalan Masuk Tambang Bawah Tanah PT. Nusa Alam Lestari di Desa Salak, Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto*. Jurnal Bina Tambang. 6(3), pp. 101–111.
<http://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/112577>
- Anderson, M.G. and Richards, K.S. 1987 *Slope Stability: Geotechnical Engineering and Geomorphology*. UK: John Wiley and Sons.
- Aprianti, E., Pujiastuti, H., Isfanari, I. and Rahmawati, E. 2021. *Faktor Keamanan Lereng Jalan Raya Pusuk Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara Menggunakan Metode Fellenius dan Bishop*. Spektrum Sipil. 8(1), pp.55 - 62.
<https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i1.201>
- Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang*. Bandung: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Azizi, M.A., Marwanza, I., Amala, S.A. and Hartanti, N.A. 2018. *Three dimensional slope stability analysis of open pit limestone mine in Rembang District, Central Java*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 212(012035), pp.1-5.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012035>
- Azizi, M.A. and Handayani, R.H.E. 2011. *Karakterisasi Parameter Masukan untuk Analisis Tambang Batubara Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim*. In: Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang, pp. 328-341.
- Batuah, T., Isjudarto, A. and Sidiq, H. 2020. *Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat PC400lc-8 dan Alat Angkut Actros 3939k Maharu Provinsi Kalimantan Tengah*. Mining Insight. 1(2), pp. 177–184.
<https://journal.itny.ac.id/index.php/mining/article/view/2258>
- Herman, S. and Permanasari, I.N.P. 2019. *Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop dan Software Stable 9.03 di Jalur Wisata Pantai Kabupaten Pesawaran*. [Online]. Available from:
https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2009090008/11116059_20_110237.pdf
- Hidayah, A., Paharuddin, P. and Massinai, M.A. 2017. *Analisis Rawan Bencana Lonsor Menggunakan Metode AHP (Analitical Hierarchy Process) Di Kabupaten Toraja*

- Utara. Jurnal Gecelebes. 1(1), pp. 1.
<https://doi.org/10.20956/gecelebes.v1i1.1772>
- Metriani, R., Anaperta, Y.M. and Saldy, T.G. 2019. *Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Bishop yang Disederhanakan pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat*. Jurnal Bina Tambang. 4(4), pp. 49–58.
<http://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/106741>
- Pasole, D., Patanduk, J. and Wong, I.L.K. 2020. *Analisis Stabilitas Lereng Disposal Menggunakan Metode Bishop, Janbu, dan Ordinary*. Paulus Civil Engineering Journal. 2(3), pp. 144–153.
<https://doi.org/10.52722/pcej.v2i3.148>
- Rajagukguk, O.C.P., Turangan, A.E. and Monintja, S. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m)*. Jurnal Sipil Statik. 2(3), pp. 139–147.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/4762>
- Supriatna, S. and Sudradjat, A. 1992. *Peta Geologi Permulaan Lembar Muara Teweh, Kalimantan*. Bandung: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.
- Syafar, Z., Djamaluddin, D. and Anshariah. 2017. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop pada Penambangan Nikel*. Jurnal Geomine. 4(3), pp. 90–93.
<https://doi.org/10.33536/jg.v4i3.70>
- Syam, M.A., Heryanto, H., Trides, T., Pasiakan, L.P. and Amalia, D. 2018. *Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Nilai Slope Mass Rating di Desa Sukamaju, Tenggara Seberang, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*. Jurnal Gecelebes. 2(2), pp. 53-63.
<https://doi.org/10.20956/gecelebes.v2i2.5158>
- Bargawa, W.S. 2018. *Perencanaan Tambang*, 8th Ed. Yogyakarta: Penerbit Kilau.
- Widijanto, E. 2019. *Analisis Komprehensif Kestabilan Lereng Pada Transisi Tambang Terbuka-Tambang Bawah Tanah Metode Ambrukan*. PhD dissertation, Institut Teknologi Bandung.
- Ye, H.W., Wu, K. and Wang, J. 2011. *Stability Analysis about Slope of Open Pit Mine Based on Fuzzy Synthetic Evaluation*. Advanced Materials Research. 396–398, pp. 2370–2374).
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.396-398.2370>