



KAJIAN KESTABILAN LERENG *HIGHWALL* DENGAN METODE KESETIMBANGAN BATAS DAN PROBABILISTIK PADA PIT MUARA TIGA BESAR UTARA PT. BUKIT ASAM Tbk. TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

Farhan Rijal Giffari^{1*}, Zufialdi Zakaria¹, R. Irvan Sophian.¹

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

²PT. Bukit Asam Tbk. Jl. Parigi no.1Tanjung Enim, Sumatera Selatan, 31716

*Korespondensi: farhan16015@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Dalam aktivitas pertambangan secara terbuka (*open pit*) sering timbul masalah, salah satunya adalah kestabilan lereng. Kegiatan pertambangan tentu bukan hanya mengejar keuntungan saja, namun harus diperhatikan pula mengenai aspek keamanan dan keselamatan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kestabilan lereng *Highwall* pada Section A-A' PIT Muara Tiga Besar Utara, PT. Bukit Asam Tbk. Dalam menganalisis kestabilan lereng digunakan metode kesetimbangan batas Morgenstern-Price dengan menggunakan parameter Mohr-Coloumb. Sedangkan pengolahan data probabilistik digunakan metode Monte-Carlo. Dalam pengolahan datanya digunakan *software* Geostudio 2012. Hasil penelitian menunjukkan desain RKAP 2020 pada Section A-A' bagian *Highwall* memiliki nilai Faktor Keamanan *Overall slope* sebesar 1,381 (stabil) dengan nilai probabilistik kelongsoran sebesar 0% dan Faktor Keamanan *Intermediet Slope* sebesar 1,137 (risikan) dengan nilai Probabilistik Kelongsoran sebesar 4,2%.

Kata Kunci : Kestabilan Lereng, Kesetimbangan Batas, Morgenstern-Price, Probabilistik, *Overall Slope*, *Intermediet Slope*.

ABSTRACT

In open pit mining activities, the most frequent problem that arise is slope stability. In the meantime mining pursued for profit, but must also be considered regarding aspects of security and safety. This study was conducted to determine the stability condition of the Highwall slopes in Section A-A' PIT Muara Tiga Besar Utara, PT. Bukit Asam Tbk. The slope stability analysis is performed using the limit equilibrium method (Morgenstern-Price) with the Mohr Coloumb parameter. Whereas probabilistic data processing used Monte-Carlo method. Geostudio 2012 software was used for data processing. The results of the study show that the RKAP 2020 design in Section A-A' Highwall has a Factor of Safety overall slope value of 1.381 (stable) with a Probablistic Failure value 0% and Factor of Safety Intermediate Slope value of 1.137 (risk) with a Probablistic Failure value 4.2%.

Keywords : Slope Stability, Limit Equillibrium, Morgenstern-Price, Probabilistic, Overall Slope, Intermediet Slope

1. PENDAHULUAN

PT. Bukit Asam Tbk. (PTBA) merupakan salah satu BUMN yang bergerak dalam sektor pertambangan batubara dan merupakan produsen utama industri pertambangan batubara di Indonesia. PT. Bukit Asam Tbk. (PTBA) berlokasi di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Aktivitas penambangan di PT. Bukit Asam Tbk. (PTBA) dilakukan secara terbuka.

Untuk dapat mencapai target produksi batubara yang tinggi, analisis terhadap kestabilan lereng tambang sangat diperlukan. Kestabilan lereng adalah kemampuan segala elemen penyusun lereng untuk mempertahankan posisi lereng dari pergerakan yang berarti. Tingkat kestabilan suatu lereng sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan dari lereng, dan kondisi air tanah daerah setempat. Stabilitas lereng dapat terganggu oleh pengaruh alam, iklim, dan aktivitas manusia.

Lereng yang stabilitasnya terganggu akan memiliki potensi yang lebih tinggi untuk terjadi longsor. Pada dasarnya longsor terjadi akibat ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng atau ketika gaya yang bekerja atas lereng lebih besar daripada gaya yang menahannya. Tingkat kestabilan lereng tambang sendiri dapat diketahui setelah dilakukan penyelidikan geoteknik yang meliputi pengeboran geoteknik, pengujian sifat fisik dan sifat mekanik batuan. Lereng dinyatakan stabil apabila memenuhi kriteria Bowles (1989) yang menyatakan bahwa lereng dengan nilai Faktor Keamanan $>1,25$ berada pada kondisi stabil/aman. Kestabilan lereng tambang dipengaruhi oleh faktor internal maupun

eksternal. Faktor internal meliputi kondisi massa batuan, desain tambang yang digunakan dan kondisi geologi lokasi penambangan, sedangkan faktor eksternal meliputi intensitas curah hujan dan tingkat pelapukan.

LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di PT. Bukit Asam Tbk., yang terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Berada sekitar 200 km dari kota Palembang. Secara geografis, lokasi PT. Bukit Asam Tbk Unit Pertambangan Tanjung Enim (PT. BA-UPTE) terletak pada posisi $3^{\circ} 42' 30''$ LS- $4^{\circ} 47' 30''$ LS dan $103^{\circ} 45' 00''$ BT - $103^{\circ} 50' 10''$ BT, dengan daerah Kuasa Penambangan (KP) yang dimiliki oleh PT BA-UPTE seluas ± 7.700 ha yang meliputi wilayah Tanjung Enim, dan sekitarnya terdiri dari Tambang Air Laya (TAL) dan Non Air Laya (NAL).

2. TINJAUAN PUSTAKA

TATANAN GEOLOGI

Unit penambangan Tanjung Enim merupakan salah satu area tambang PT. Bukit Asam Tbk yang berada pada cekungan Sumatera Selatan. Cekungan Sumatera Selatan telah mengalami empat kali orogenesis, yakni : pada zaman Mesozoikum Tengah, Jura Awal-Kapur Awal, Kapur Akhir-Tersier Awal, Plio-Pleistosen. Setelah orogenesis terakhir dihasilkan kondisi struktur geologi regional seperti terlihat saat ini, yaitu :

- a) Zona Sesar Semangko

- b) Perlipatan dengan arah utama baratlaut tenggara, sebagai hasil efek gaya kopel sesar Semangko.
- c) Sesar-sesar yang berasosiasi dengan perlipatan dan sesar-sesar Pra Tersier yang mengalami permajajaan.

Daerah Tanjung Enim dan sekitarnya tersusun atas Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai. Dimana formasi pembawa batubara tersebut berasal dari formasi muara enim. Lapisan batubara yang berada pada daerah WIUP PT. Bukit Asam Tbk. Tersingkap dalam 12 lapisan yang terdiri dari urutan tua sampai muda diantaranya terdapat 5 lapisan utama yaitu : Lapisan Keladi, Lapisan Merapi, Lapisan Petai, Lapisan Suban dan Lapisan Mangus. Masing masing lapisan tersebut dikenal dengan Lapisan D, Lapisan C, Lapisan B, Lapisan A, Serta 7 lapisan Gantung (Hanging Seam).

1. Anggota M1 Formasi Muara Enim mengandung 2 lapisan batubara, yakni lapisan batubara Kladi (5-10m) dan Merapi (0,2-1m)
2. Anggota M2 Formasi Muara Enim mengandung mayoritas lapisan batubara yang terdapat di Tanjung Enim. Lapisan batubara tersebut dinamakan lapisan batubara C (Petai) dengan ketebalan 5-9, lapisan batubara B (Suban) dengan ketebalan 10-18m dan lapisan batubara A (Mangus), dengan ketebalan 8-12m.
3. Anggota M3 Formasi Muara Enim mengandung beberapa lapisan batubara dengan ketebalan kurang dari 2m, hanya ada 1 lapisan batubara yang cukup tebal yaitu lapisan batubara Benuan dengan ketebalan 1-2m
4. Anggota M4 Formasi Muara Enim mengandung beberapa lapisan batubara dengan ketebalan mencapai 20m, lapisan tersebut antara lain : Lapisan

Batubara Kebon, Enim, Jelawatan, dan Niru.

STRATIGRAPHIC SEQUENCE AND LITHOLOGICAL COLUMN OF MUARA TIGA BESAR UTARA MINE (Not to Scale)

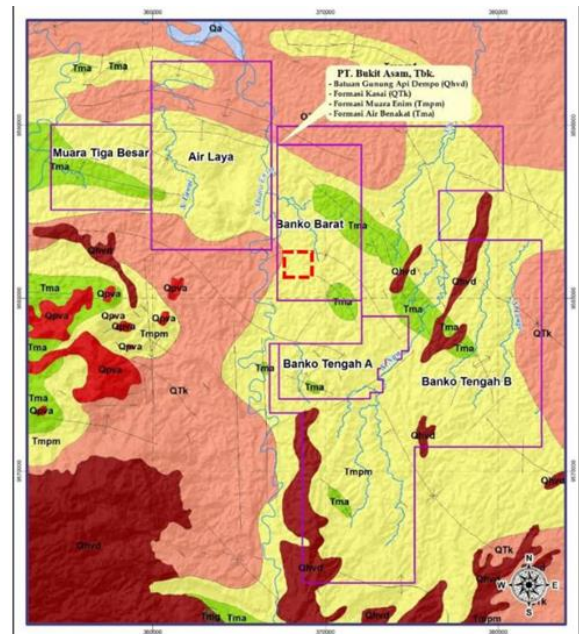
Geological Time	Formation	Division of Seam Coal	Name of Seam	Lithology	Thickness (m)		Description
					Mean	Range	
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	KASAI FORMATION	K.A.F.	M4	NIRU	Leaves, sand (local coverages)
							Hanging Seam
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	MUARA ENIM FORMATION	M.P.B.	M3	JELAWATAN	Claystone, silicified layers, bentonite layers, low siltstone layers
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	MUARA ENIM FORMATION	M.P.B.	M2	BURUNG	A1 Coal, small tuffaceous claystone intercalations
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	MUARA ENIM FORMATION	M.P.B.	M1	MANGUS	Claystone, bentonite, sandstone - tuffaceous
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	MUARA ENIM FORMATION	M.P.B.	M1	SUBAN	A2 Coal, top silicified
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	MUARA ENIM FORMATION	M.P.B.	M1	PETAI	Claystone, siltstone, sandstone intercalations
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	MUARA ENIM FORMATION	M.P.B.	M1	MERAPI	Siltstone Marker
TERTIARY	Pliocene	PALEMBANG GROUP	MUARA ENIM FORMATION	M.P.B.	M1	KELADI	B Coal, small carbonaceous silty claystone intercalations

Remark :



Gambar 1 Sikuen Statigrafi Muara Tiga Besar

(Sumber : Eksplorasi Rinci (PTBA 2020))



3. METODE PENELITIAN

Dalam pengolahan data serta simulasi lereng, digunakan *software* Geostudio 2012. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan metode kesetimbangan batas Morgenstern-Price dengan kriteria Mohr-Coloumb. Dimana data material propertis yang digunakan diantaranya kohesi, sudut geser dalam, serta berat jenis dari masing masing material tersebut. Untuk uji probabilitas kelongsoran digunakan metode Monte Carlo dengan percobaan sebanyak 1000 kali.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Geologi Teknik

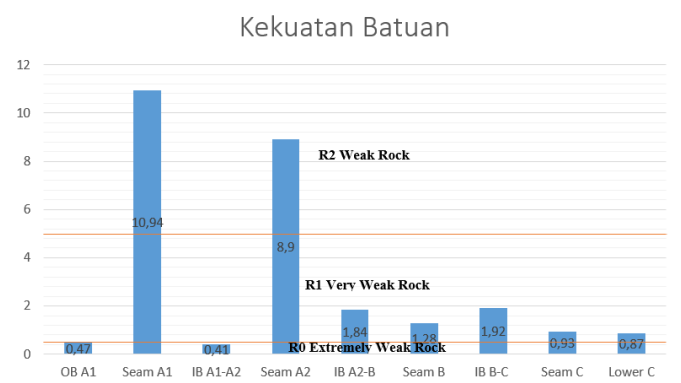
Tingkat heterogenitas suatu material tentunya dapat mempengaruhi kualitas atau kekuatan massa batuan. Pemboran geoteknik disekitar Pit Muara Tiga Besar Utara dilakukan sebanyak 20 titik di sekitar PIT MTBU. Hal ini dilakukan bertujuan untuk menggambarkan kondisi geoteknik material penyusun di daerah Pit Muara Tiga Besar, hasil dari pemboran tersebut dilakukan uji UCS (*Unconfined Compressive Strength*). Rata – rata nilai UCS terangkum pada table 1.

Table 1. Rata - rata nilai UCS

No	Material	UCS (mPa)
1	<i>Overburden A1</i>	0,47
2	<i>Seam A1</i>	10,94
3	<i>Interburden A1-A2</i>	0,41
4	<i>Seam A2</i>	8,90
5	<i>Interburden A2-B</i>	1,84
6	<i>Seam B</i>	1,28
7	<i>Interburden B-C</i>	1,92
8	<i>Seam C</i>	0,93
9	<i>Lower C</i>	0,87

Berdasarkan hasil dari kajian tersebut, material di Pit Muara Tiga Besar

termasuk kedalam *extremely weak rock* – *weak rock*. Artinya material di area Pit Muara Tiga Besar Utara ini memiliki kekuatan yang lemah. Berdasarkan dari data nilai UCS tersebut dapat dianalisis bahwa potensi longsoran yang dapat terjadi di daerah PIT Muara Tiga Besar Utara ini yaitu berpotensi terjadinya longsoran busur atau *circular failure slope* dikarenakan batuan didaerah penelitian ini memiliki termasuk kedalam nilai dengan kekuatan batuan yang lemah atau tergolong kedalam batuan lunak.



Gambar 3 Grafik Nilai UCS Material Pit MTBU

4.2 Hasil Uji Lab

Pengujian laboratorium berupa sifat fisik dan sifat mekanik batuan untuk mengetahui nilai parameter yang mempengaruhi kestabilan lereng. Nilai parameter ini diantaranya bobot isi (γ) dengan satuan kN/m^3 , kohesi (C) dengan satuan kPa, dan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan satuan derajat. Nilai parameter tersebut diolah untuk mendapatkan nilai maksimum, minimum, standar deviasi, median, nilai rata rata, data tersebut dieliminasi hingga mendapatkan nilai *Confident Level* diatas 85%. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk input material *properties* pada perhitungan Faktor Keamanan dengan menggunakan *Software Geostudio 2012*. Rangkuman nilai parameter

fisik dan mekanik material terdapat pada table 2 dan table 3.

Table 2 Parameter Sifat Fisik

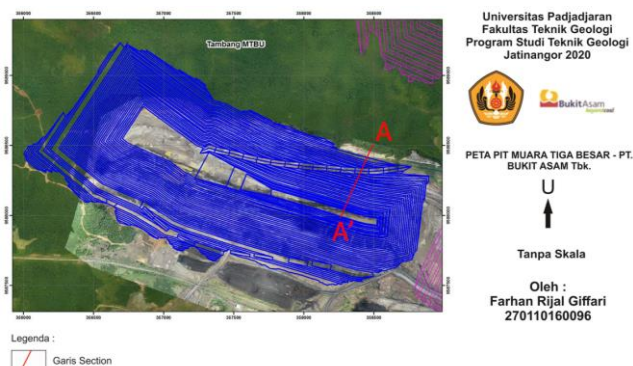
No	Material	γ_w (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
1	Overburden A1	19,43	16,11
2	Seam A1	11,65	8,57
3	Interburden A1-A2	18,91	14,99
4	Seam A2	11,97	8,71
5	Interburden A2-B	20,02	16,92
6	Seam B	12,23	8,66
7	Interburden B-C	19,76	16,78
8	Seam C	11,70	8,24
9	Lower C	21,29	18,49

Table 3 Parameter Sifat Mekanik

No	Material	Peak		Residual	
		C(kPa)	ϕ (derajat)	C(kPa)	ϕ (derajat)
1	Overburden A1	97,37	26,06	72,35	17,27
2	Seam A1	-	-	623,70	31,39
3	Interburden A1-A2	260,79	25,98	211,54	21,89
4	Seam A2	942,35	24,23	942,35	24,23
5	Interburden A2-B	172,39	27,64	86,92	20,19
6	Seam B	-	-	634,36	23,78
7	Interburden B-C	212,70	27,56	86,87	21,04
8	Seam C	-	-	253,43	34,62
9	Lower C	121,80	23,20	54,35	18,74

4.3 Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng tambang batubara Pit Muara Tiga Besar dilakukan berdasarkan desain RKAP bulan Januari tahun 2020. Adapun sekuen yang dianalisis merupakan bagian *Highwall* pada bagian Section A-A'.

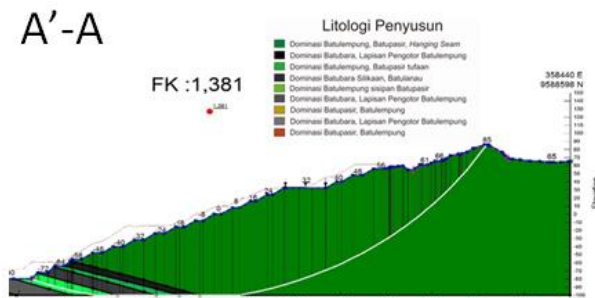


Gambar 4 Peta Pit Muara Tiga Besar Utara

Dalam melakukan analisis kestabilan lereng selain parameter sifat fisik dan sifat mekanik yang meliputi nilai kohesi (C), sudut geser dalam (ϕ), dan bobot isi (γ). Digunakan juga faktor eksternal berupa kondisi muka air tanah berada di permukaan (dalam kondisi jenuh), hal ini dilakukan karena kondisi dilapangan sedang dalam musim penghujan sehingga digunakan kondisi terburuk agar dapat meminimalisir terjadinya kelongsoran di daerah tersebut. Selain itu juga digunakan nilai seismic load serta surcharge load. Seismic load yang diasumsikan sebesar 0,02 serta surcharge load berasal dari beban alat angkut yang lewat yaitu HD 785 bucket 100 ton diasumsikan sebesar 533 kN/m³. Kedua nilai tersebut merupakan nilai yang ditetapkan Departemen Geoteknik PT. Bukit Asam Tbk. berdasarkan hasil perhitungan serta perbandingan atas data kegempaan serta peledakan di daerah Tanjung Enim. Simulasi analisis kestabilan lereng dilakukan pada dua kondisi yaitu *overall slope* dan *intermediet slope*. Hal ini dilakukan untuk

mengetahui kondisi keseluruhan lereng karena kondisi lereng cukup dalam hingga mencapai 165 meter sehingga perlu dilakukan analisis keseluruhan lereng agar lereng tersebut cukup aman, serta ingin mengetahui pengaruh kondisi jalan yang dilewati oleh *Heavy Dumptruck* 785 terhadap kondisi kestabilan lereng.

Lereng tersebut terdiri atas 17 jenjang. Dengan tinggi lereng 165 meter, berada pada elevasi +85 hingga -80. *Overall slope* dari lereng *Highwall* tersebut sebesar $18,5^\circ$. Pada RL -80 hingga -56 masing masing memiliki lereng tunggal dengan tinggi 8 meter *Slope* 1:1. Memiliki lebar berm 10 meter. Sedangkan pada RL -48 hingga +56 masing masing lereng tunggal didesain dengan tinggi 8 meter dengan *Slope* 2:3.



Gambar 5 Simulasi nilai FK kondisi *Overall Slope*



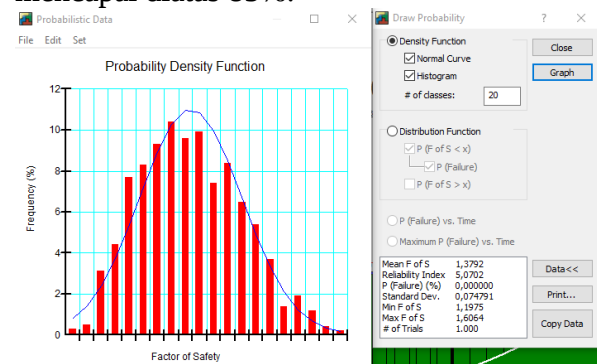
Gambar 6 Simulasi nilai FK kondisi *Intermediet Slope*

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menunjukkan bahwa nilai FK *Overall*

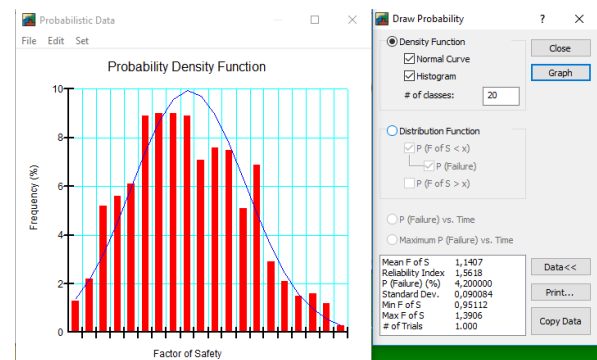
Slope pada Lereng tersebut adalah sebesar 1,381 yang berarti stabil, sedangkan nilai FK *Intermediet Slope* adalah sebesar 1.137 yang berarti Riskan.

4.4 Analisis Probabilistik Kelongsoran

Analisis probabilistik kelongsoran ini digunakan pada data material propertis berupa nilai kohesi (C), sudut geser dalam (ϕ), dan bobot isi (γ). Hal ini dilakukan agar meminimalisir ketidakpastian dari banyak nya data yang didapat. Ketiga parameter tersebut diolah berdasarkan data statistik dan dibuat nilai *confident level*-nya hingga mencapai diatas 85%.



Gambar 7 Hasil Probabilistik Kelongsoran FK kondisi *Overall Slope*



Gambar 8 Hasil Probabilistik Kelongsoran FK kondisi *Intermediet Slope*

Berdasarkan hasil analisis probabilistik kelongsoran menunjukkan bahwa pada kondisi *Overall Slope* nilai Probabilistik Kelongsoran sebesar 0%

dengan FK mean sebesar 1,379. Berdasarkan kriteria FK dan PK Stacey 2009 diasumsikan memiliki dampak longsor rendah dan lereng termasuk kedalam kondisi yang stabil. Sedangkan untuk kondisi *Intermediet Slope* nilai Probabilistik Kelongsoran sebesar 4,2% dengan FK mean sebesar 1,140. Berdasarkan kriteria FK dan PK Stacey 2009 diasumsikan memiliki dampak longsor rendah dan lereng termasuk kedalam kondisi yang tidak stabil.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas bahwa FK *Overall Slope* menunjukkan nilai sebesar 1,381 yang berarti stabil, sedangkan untuk nilai FK *Intermediet Slope* adalah sebesar 1.137 yang berarti Riskan. Berdasarkan hasil analisis probabilistik kelongsoran menunjukkan bahwa pada kondisi *Overall Slope* nilai Probabilistik Kelongsoran sebesar 0% dengan FK mean sebesar 1,379. Berdasarkan kriteria FK dan PK Stacey 2009 diasumsikan memiliki dampak longsor rendah dan lereng termasuk kedalam kondisi yang stabil. Sedangkan untuk probabilistik kelongsoran kondisi *Intermediet Slope* memiliki nilai PK sebesar 4,2% dengan FK mean sebesar 1,140. Berdasarkan kriteria FK dan PK Stacey 2009 diasumsikan memiliki dampak longsor rendah dan lereng termasuk kedalam kondisi yang tidak stabil. Dari hasil analisis kedua metode tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi *Intermediet Slope* dari lereng tersebut berada pada kondisi yang tidak stabil (risikan). Oleh karena itu perlu dilakukan monitoring serta penanganan khusus seperti redesain atau penurunan muka air tanah pada lereng tersebut untuk mencegah terjadinya longsor yang dapat membahayakan keselamatan pekerja ataupun alat berat yang berada di kaki lereng tambang tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Arief, S. 2008. *Analisis kestabilan lereng dengan metode irisan*. Sulawesi Selatan.
- Azizi, M. A., Handayani, H. E. 2011. *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3: Karakterisasi Parameter Masukan untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus di PT. Tambang Batubara Bukit Asam TBL. Tanjung Enim. Sumatera Selatan)*. Hal 328 – 341. Palembang: Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- Bowles, J. E. 1984. *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah 2nd ed*. Jakarta: Erlangga
- Geo-Slope International Ltd. 2007. *Stability Modelling with Slope/w 2007 version-An Engineering Methodology First Edition*. Geo-Slope International Ltd : Canada
- Hansen, M.J., 1984. *Strategies for Classification of Landslides*, (ed.: Brunsden, D, & Prior,D.B. 1984, *Slope Instability*, John Wiley & Sons, p.1-25
- Hoek, E dan Bray, J.W. 1981, *Rock Slope Engineering*. London : The Institution of Mining and Metallurgy 3rd Edition.
- Morgenstern, R. N., Price, V. E. 1965. *The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces*. *Geotechnique*. Hal 79 – 93.
- Pinandhito, Vernon. 2019. *Evaluasi Kestabilan Lereng dan Probabilitas Kelongsoran pada Rencana Tambang PIT Townsite Basecamp - PT Bukit*

Asam Tbk. Tahun 2019. Universitas Padjadjaran, Jatinangor.

Tim Geologi PT. Bukit Asam Tbk. 2008. *Laporan Pemetaan Singkapan Batubara di Daerah Bukit asam dan sekitarnya*, laporan internal PTBA Satker Eksplorasi Rinci, Tanjung Enim

Zakaria, Z. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Laboratorium Geologi Teknik, FMIPA, Universitas Padjajaran, Bandung

Zakaria, Z. 2010. *Modul Praktikum Geologi Teknik*. Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran