

Kajian kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas di pit C5 area bidadari blok mayang

Study of slope stability using bidadari boundaries method In pit C5 area of bidadari blok mayang

Dimas Dian Kusuma^{1*}, Irvani², Taman Tono³

¹⁻³ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
e-mail: *dimssdk@gmail.com, bujangbabel@yahoo.co.id, epsbtamantonotono@gmail.com

ABSTRAK

PT Menara Cipta Mulia (PT MCM) merupakan perusahaan bergerak dibidang pertambangan timah terintegrasi dan beroperasi di kawasan industri Kelapa Kampit, Kecamatan Belitung Timur. Berdasarkan survei pendahuluan pertambangan PT MCM pernah terjadi longsor di area lereng serta pada area Bidadari Blok Mayang masih banyak lereng berpotensi terjadinya longsor dan perlu adanya penelitian yang mengkaji kondisi kestabilan lereng sebagai dasar dalam menetapkan geometri bukaan tambang, guna menghindari gangguan produksi dan potensi bencana yang mungkin terjadi. Analisis kestabilan lereng pada penelitian ini menggunakan metode keseimbangan batas *Bishop* yang disederhanakan, penggunaan metode ini dikarenakan longsor yang terjadi berpotensi terjadinya longsor busur karena banyak terdapat rekahan. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan kesetimbangan momen pada titik pusat lingkaran runtuh. Adapun hasil analisis kestabilan lereng dari evaluasi desain geometri lereng keseluruhan kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal sebesar 0,056 gal dan beban *excavator* 55,73 kN/m² pada penampang A-A' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,205 dengan PK 24,5%, penampang B-B' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,514 dengan PK 5,8 %, penampang C-C' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,547 dengan PK 3,3%, dan pada penampang D-D' didapatkan FK lereng sebesar 1,250 dengan PK 21,1%.

Kata-kata kunci: Faktor Keamanan (FK), Kestabilan Lereng, Probabilitas Kelongsoran (PK).

ABSTRACT

PT Menara Cipta Mulia (PT MCM) is a company engaged in tin mining in East Belitung District. Based on a preliminary survey of PT MCM mining, there have been landslides in the slope area and in the Bidadari Block Mayang area there are still many slopes with the potential for landslides and there is a need for research that examines the condition of slope stability as a basis for determining the geometry of mine openings, in order to avoid production disruptions and potential disasters that may occur. The slope stability analysis in this study uses a simplified Bishop's limit balance method, using this method because the avalanche that occurs has the potential for arc avalanches because there are many fractures. The results of the slope stability analysis of the overall slope geometry design evaluation of dynamic conditions with a horizontal seismic load of 0.056 gal and an excavator load of 55.73 kN/m² in cross section A-A' FK slope of 1.205 with PK 24.5%, cross section B-B' FK slope of 1.514 with PK 5.8%, cross section C-C' FK slope of 1.547 with PK 3.3%, and in cross section D-D' FK slope of 1.250 with PK 21.1%.

Keywords: Probability Failure (PF), Safety Factor (SF), Slope Stability

PENDAHULUAN

Kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor geometris seperti lebar, tinggi dan sudut lereng, kemudian faktor geologi yang mencakup keberadaan permukaan dan area lemah serta anisotropi lereng, dan faktor hidrogeologi yang terkait dengan keberadaan air, serta faktor geomekanik seperti kekuatan, deformabilitas, dan permeabilitas. Kombinasi dari semua faktor ini dapat menentukan kemungkinan kegagalan di sepanjang satu atau lebih permukaan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan pergerakan massa tanah atau batuan yang berpotensi longsor. Tingkat kegagalan umumnya dipengaruhi oleh faktor geologi dan geometri yang juga memengaruhi mekanisme dan model ketidakstabilan lereng [1].

Berdasarkan hasil survei pendahuluan, terjadi insiden longsor di area lereng yang memengaruhi operasi penambangan PT MCM. Di Area Bidadari Blok Mayang, masih terdapat banyak lereng yang berpotensi mengalami longsor dan belum komprehensif mengenai kestabilan mereka untuk menentukan geometri bukaan tambang yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan penelitian kestabilan lereng untuk mencegah gangguan dalam produksi serta

potensi bencana yang bisa berdampak pada keselamatan pekerja dan peralatan.

[2] [3] Kestabilan lereng dapat menggunakan metode penelitian kuantitatif seperti metode kesetimbangan batas dan metode probabilitas untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik material lereng tambang, serta menghitung nilai faktor keamanan dan probabilitas dari geometri lereng aktual tambang dan kemudian merekomendasikan desain lereng yang optimal.

METODOLOGI

Pada penelitian ini analisis kestabilan lereng yang dianalisis menggunakan metode Bishop yang disederhanakan (*Simplified Bishop Method*), penggunaan metode ini dikarenakan di Area Bidadari Blok Mayang material berupa pasir dan lempung dan banyak terdapat rekahan dimana longsor yang terjadi berpotensi terjadinya longsor busur. Dengan memasukkan parameter berupa data sifat fisik dan sifat mekanik batuan penyusun berdasarkan data properties massa batuan untuk mendapatkan nilai FK (Faktor Keamanan) dilakukan dengan bantuan perangkat lunak, kemudian analisis probabilitas menggunakan metode simulasi Monte Carlo berdasarkan penampang topografi area penambangan Area

Bidadari Blok Mayang dan nilai FK yang berpotensi terjadinya longsor, desain geometri lereng yang dilakukan dengan bantuan program *autocad* dan untuk analisis kestabilan lereng menggunakan *software Rocscience Slide 6.0* dari *Rocscience*.

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dibagi menjadi dua tahapan, yaitu tahap pengumpulan data primer dan tahap pengumpulan data sekunder. Pengumpulan Data Lapangan terdiri dari:

1) Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan pipa PVC berdiameter 3 inci dengan panjang 30 cm. Selama proses pengambilan sampel, kondisi sampel dijaga sebaik mungkin agar tidak terganggu atau terkontaminasi.

2) Pengumpulan Data Geometri Lereng

Data ini diperoleh melalui pengukuran menggunakan *total station*. Pengukuran tersebut mencakup geometri lereng, termasuk tinggi, lebar, dan sudut lereng.

b. Uji laboratorium

Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Dharma Penelitian Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung untuk mendapatkan nilai kohesi, sudut geser dalam, dan berat isi tanah yang didapatkan dari uji geser langsung atau *direct shear test* kemudian diolah dengan bantuan *Microsoft Excel*.

1) Data sifat fisik batuan

Data yang diperoleh dari pengujian sifat fisik adalah *natural density*, *dry density*, *saturated density*, *natural water content*, *Saturated water content*, *degree of saturation*, Porositas (n), dan *Void ratio* (e).

2) Data sifat mekanik batuan

Data yang di dapatkan dari sifat mekanik batuan, seperti UCS, *Brazilian Test*, *Direct Shear*, *nisbah poisson*, dan *modulus elastisitas*. Untuk penentuan sifat mekanik di laboratorium penulis hanya melakukan uji *direct shear* untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam batuan.

c. Pembuatan material model lapisan penyusun lereng

Pembuatan model material untuk lapisan penyusun lereng mengikuti desain penampang geologi yang ditemukan di lapangan sesuai dengan hasil uji laboratorium. Model lereng tambang yang akan dianalisis memasukkan beberapa faktor yaitu faktor geometri, jenis batuan, sifat fisik dan mekanik batuan, tegangan insitu, pembebanan, dan kondisi batas. Hal ini bertujuan untuk menggambarkan dan mewakili kondisi aktual dari lereng tersebut.

d. Analisis Data

Analisis kestabilan lereng pada area penambangan timah menggunakan metode kesetimbangan batas, khususnya metode *Bishop* yang disederhanakan. Analisis dilakukan dengan bantuan *software Rocscience Slide 6.0*. Berdasarkan pertimbangan teknik dimana kondisi batuan relatif lemah, analisis pada studi ini menggunakan kriteria Mohr Coulomb. Data yang diperlukan antara lain berat jenis batuan, kohesi, dan sudut gesek dalam. Penentuan nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas longsor (PK) menggunakan lereng keseluruhan dengan keparahan longsor rendah yang mengacu pada Kepmen ESDM No. 1827 Tahun 2018 [4].

Metode Kesetimbangan Batas

Metode keseimbangan batas merupakan salah satu metode yang populer dan praktis dalam analisis stabilitas lereng. Pada metode ini kondisi kestabilan dinyatakan dalam bentuk indeks faktor keamanan yang dihitung dengan memperhatikan keseimbangan gaya atau momen, tergantung pada metode perhitungan yang digunakan. Dalam analisis kestabilan lereng dengan metode ini, kondisi statis diprioritaskan sehingga mengabaikan hubungan tegangan-regangan pada material lereng. Permukaan slip yang mungkin terjadi secara kinematis dianggap sebagai permukaan slip yang mengikuti bentuk geometris tertentu.

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode yang paling populer dalam analisis kestabilan lereng [5]. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu besarnya gaya geser antar-irisan sama dengan nol ($X=0$) dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini adalah kesetimbangan gaya dalam arah vertical untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran runtuh untuk semua irisan, sedangkan kesetimbangan gaya dalam arah horizontal tidak dapat dipenuhi.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode Metode Bishop yang disederhanakan. Metode ini dipilih karena metode ini menggunakan prinsip irisan untuk menentukan faktor keamanan dari suatu massa material yang berpotensi longsor. Dalam metode ini, kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan kesetimbangan momen di titik pusat lingkaran runtuh diperhitungkan, sementara gaya geser antar irisan diabaikan.

Analisis Probabilistik Monte Carlo Dalam Metode Kesetimbangan Batas

Fungsi distribusi probabilitas adalah cara untuk menggambarkan bagaimana variabel acak didistribusikan dan membantu memperkirakan probabilitas terjadinya suatu parameter. Setiap fungsi distribusi probabilitas mempunyai sifat distribusi unik yang membedakannya dengan fungsi distribusi lainnya. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa fungsi distribusi tersebut merupakan turunan dari fungsi lain. Dalam metode keseimbangan batas, beberapa nilai penting antara lain SF (Safety Factor), PF (Probability of Failure), dan RI (Reliability Index). Metode simulasi Monte Carlo termasuk dalam kategori metode pengambilan sampel karena melibatkan pengambilan sampel dari distribusi probabilitas untuk menghasilkan parameter masukan acak yang mewakili perubahan yang mungkin terjadi pada populasi yang sebenarnya [2].

Uji laboratorium yang diperlukan untuk mempelajari sifat mekanik atau keteknikan tanah meliputi Uji *Direct Shear*. Uji ini bertujuan untuk menentukan nilai kekuatan geser tanah dengan memvariasikan tegangan axial pada beberapa sampel. Kekuatan geser adalah kemampuan butiran tanah untuk menahan tekanan atau tarikan yang diberikan. Berdasarkan pengertian tersebut, apabila tanah dikenai suatu beban, maka tanah tersebut akan ditopang oleh:

1. Kohesi tanah bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak bergantung pada tegangan vertikal yang bekerja pada bidang geser.
2. Gaya gesekan antar partikel tanah sebanding dengan tegangan vertikal pada bidang geser.

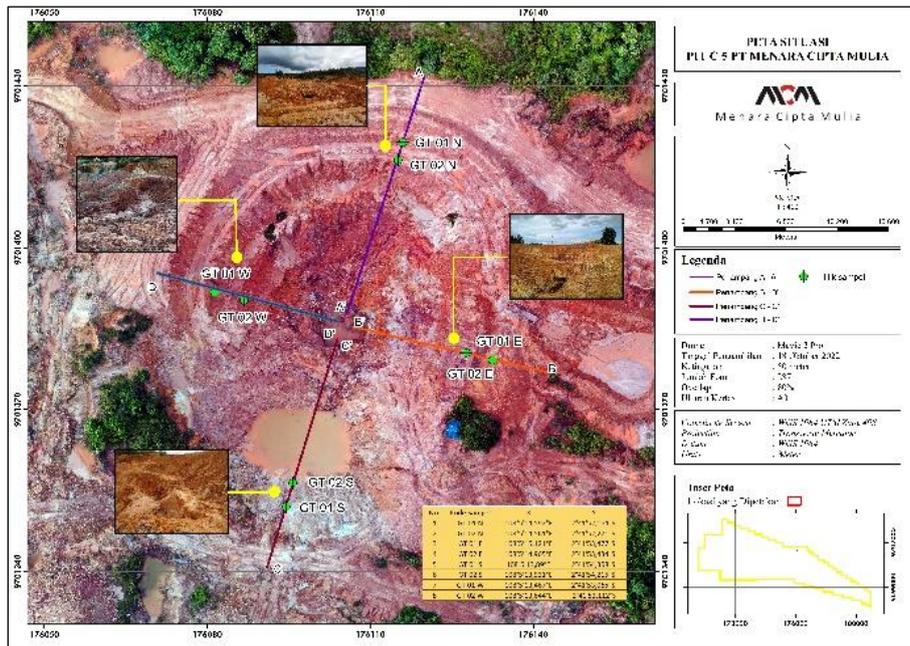
Parameter kuat geser tanah ditentukan melalui pengujian laboratorium pada sampel tanah yang diambil dari lapangan yang dianggap mewakili kondisi sebenarnya. Penting untuk memastikan bahwa tanah yang diambil dari lapangan, terutama contoh asli (undisturbed), tetap dalam kondisi tidak berubah. Salah satu tantangannya adalah menjaga kadar air dan susunan tanah di lapangan agar tetap stabil selama pengambilan dan transportasi ke laboratorium.

HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian di area bidadari blok mayang yaitu PIT C5 dimana lereng pada PIT C5 masih banyak terdapat rekahan. Kehadiran rekahan dalam tanah dapat menjadi faktor penyebab berpotensi

longsoran karena rekahan dapat meningkatkan risiko tanah mengembang kembali setelah hujan, memperbesar gaya pendorong, dan memperlemah struktur tanah dan batuan.

Ketika terjadi longsoran Pada PIT C5 area bidadari blok mayang ini dapat mengakibatkan tertundanya proses penambangan dan bencana yang berkaitan dengan keselamatan pekerja dan peralatan. Maka dari itu perlu dilakukan analisis kestabilan lereng pada pit C5 area bidadari blok mayang agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan. Dalam menganalisis kestabilan lereng terdapat beberapa tahap yaitu mengetahui geometri pada lereng PIT C5, pada lereng tunggal kemiringan lereng berkisar antara 30° - 40° dan pada lereng keseluruhan kemiringan berkisar 18° - 27°.



Gambar-1. Peta Situasi PT Menara Cipta Mulia

Dapat di lihat pada Gambar-1 titik pengambilan sampel yang dilakukan di PIT C5 PT Menara Cipta Mulia, pengambilan sampel pada masing – masing titik dilakukan untuk mengetahui material penyusun pada lereng PIT C5 dan pengambilan sampel pada setiap titik diambil sesuai arah mata angin terdapat 8 sampel yang diambil pada PIT C5 yaitu titik GT 01 N dan GT 02 N daerah Utara, GT 01 E dan GT 02 E daerah Timur, GT 01 S dan GT 02 S daerah Selatan, dan GT 01 W dan GT 02 W daerah Barat.

Analisis desain aktual lereng pada PIT C5, mengambil garis penampang pada setiap lereng agar dapat mengetahui lereng yang akan dianalisis. Terdapat 4 penampang yang diambil pada setiap bagian lereng PIT C5 yaitu Penampang A–A’ yang terletak di bagian utara pit, Penampang B–B’ yang terletak di bagian timur pit, Penampang C–C’ yang terletak di bagian selatan pit, dan Penampang D–D’ yang terletak di bagian barat pit.

Analisis Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) Lereng Aktual PIT C5

Analisis faktor keamanan lereng aktual PIT C5 dilakukan menggunakan metode *Bishop Simplified Method* dengan bantuan *software rocscience slide 6.0* dan analisis dilakukan pada kondisi statis dan kondisi dinamis, dimana pada kondisi statis tidak terdapat pembebanan pada lereng,

kemudian pada kondisi dinamis terdapat pembebanan seismik sebesar 0,056 gal berdasarkan nilai PGA (*Peak Ground Acceleration*) dan ditambahkan beban *excavator Hitachi PC 200* sebesar 55,73 kN/m².

Adapun geometri lereng aktual pada PIT C5 PT Menara Cipta Mulia dibagi menjadi 4 bagian sesuai arah mata angin yaitu penampang A–A’, penampang B–B’, penampang C–C’, penampang D–D’, sebagai berikut:

Tabel-1. Geometri Lereng Aktual PIT C5 PT Menara Cipta Mulia

No.	Penampang	Geometri Lereng Aktual		
		Tinggi (m)	Lebar (m)	Sudut (°)
1	A-A'	12,414	48,869	18
2	B-B'	13,158	36,968	27
3	C-C'	11,095	46,798	27
4	D-D'	12,383	41,476	19

Pada lereng penampang A–A’, Penampang B–B’, Penampang C–C’, Penampang D–D’ aktual yang terletak di PIT C5 area bidadari blok mayang dengan material berupa pasir dan lempung,

Untuk sifat fisik dan sifat mekanik yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng didapatkan dari analisis Nilai Probabilitas Kelongsoran (PK). Analisis PK dilakukan dengan metode *Monte Carlo* dari nilai parameter dari hasil uji sifat fisik dan mekanik penyusun lereng berupa sudut geser dalam, bobot isi, dan kohesi seperti pada Tabel-2 dibawah ini.

Tabel-2. Hasil Uji Sifat Fisik dan Sifat Mekanik

Kode Sampel	Sudut Geser Dalam	Bobot Isi	Kohesi
GT 01 N	27,36	6,86	0,47
GT 02 N	29,90	8,23	0,52
GT 01 S	27,36	5,98	0,53
GT 02 S	39,82	7,55	0,60
GT 01 W	28,65	5,78	0,53
GT 02 W	40,78	5,39	0,43
GT 01 E	39,82	4,90	0,55
GT 02 E	28,63	8,72	0,51

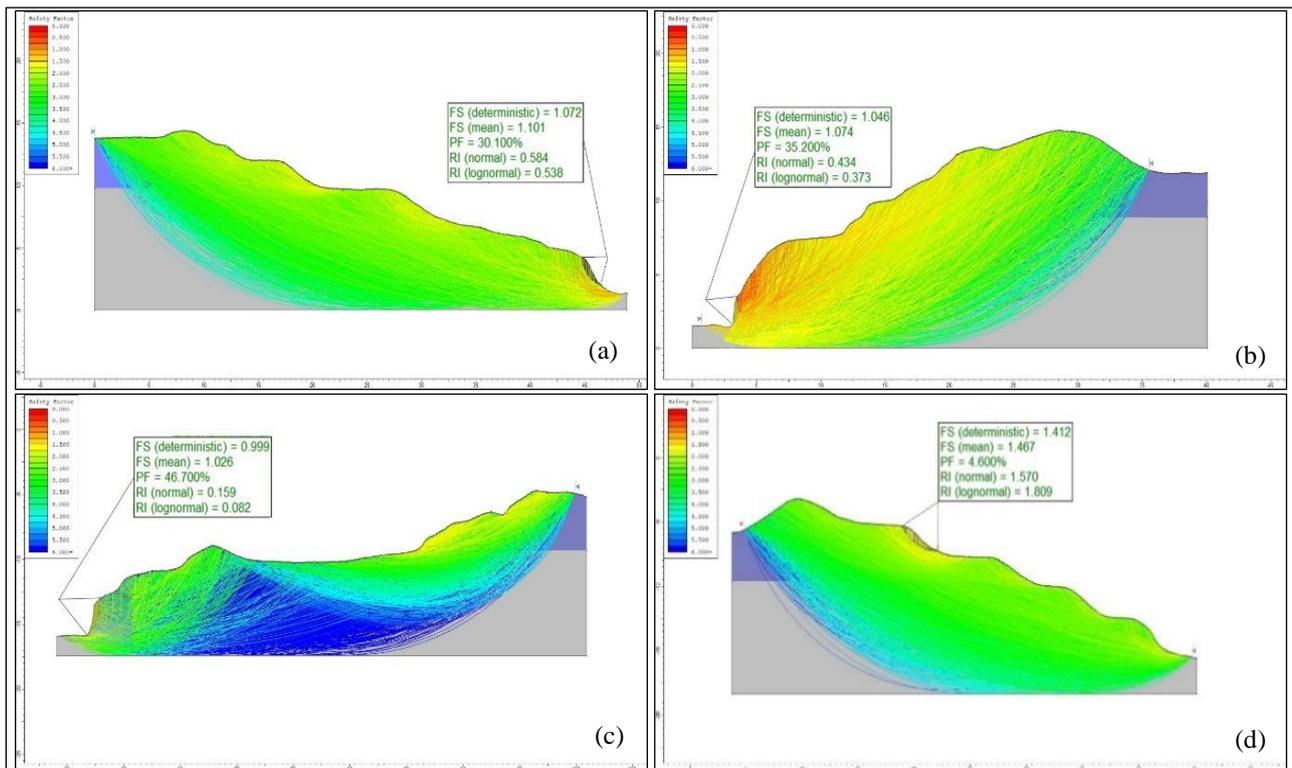
Analisis statistik deskriptif dilakukan terhadap parameter yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng, yaitu bobot isi, kohesi, dan sudut geser dalam (Φ). Tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai rata-rata, median, standar deviasi, nilai maksimum, dan minimum dari parameter tersebut. Analisis statistik deskriptif

dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak IBM SPSS. Parameter statistik deskriptif ini diperlukan untuk mengetahui nilai PK.

Tabel-3. Statistik Deskriptif Hasil Sifat Fisik dan Sifat Mekanik

Deskriptif Statistik					
Parameter	Jumlah	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Sudut Geser Dalam	8	27,36	40,78	32,79	6,14
Berat Isi	8	4,90	8,72	6,67	1,38
Kohesi	8	0,43	0,60	0,51	0,05

Nilai rata-rata kohesi 0,51 kPa dengan standar deviasi 0,05, dan untuk nilai sudut geser dalam (Φ) didapatkan nilai rata-rata 32,79° dengan standar deviasi sebesar 6,14 kemudian untuk nilai rata-rata bobot isi asli 6,67 gr/m³ dengan standar deviasi 1,38. Setelah dilakukan analisis statistik deskriptif penyelesaian perhitungannya menggunakan bantuan perangkat lunak *rocscience slide 6.0* dengan memasukkan data statistik deskriptif data uji material kemudian menggunakan metode *Monte Carlo* dan dilakukan iterasi sebanyak 1000 kali maka akan didapatkan hasil probabilitas dari setiap lereng.



Gambar-2. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Aktual Kondisi Statis: (a) Penampang A-A' (b) Penampang B-B' (c) Penampang C-C' (d) Penampang D-D'

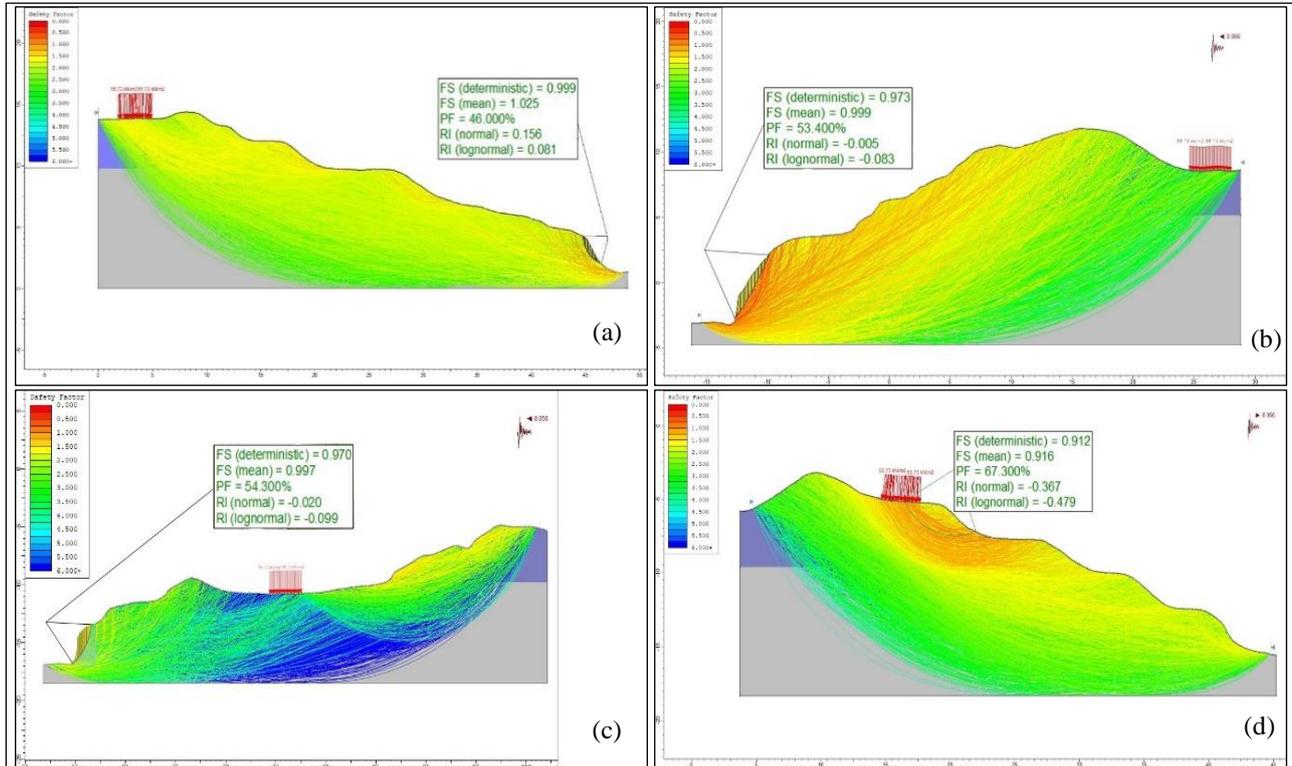
Dari Gambar-2 hasil analisis kestabilan lereng pada penampang A-A', Penampang B-B', Penampang C-C', Penampang D-D' aktual kondisi statis didapatkan nilai FK dan PK. Pada penampang A-A' nilai FK sebesar 1,101 dan

PK 30,1%, penampang B-B' nilai FK 1,074 dan PK 35,2%, penampang C-C' nilai FK 1,026 dan PK 46,7%, dan pada penampang D-D' nilai FK 1,467 dan PK 4,6%.

Hasil analisis kestabilan lereng keseluruhan aktual pada kondisi statis didapatkan FK lebih kecil dari 1,2 dan nilai PK lebih besar dari 15% - 20%. Hasil analisis menunjukkan lereng keseluruhan aktual kondisi statis PIT C5 berada pada kondisi kritis. Sehingga lereng keseluruhan aktual kondisi statis harus dilakukan perbaikan hingga mendapatkan nilai FK dan PK yang aman. Dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel-4. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Aktual Kondisi Statis

Lereng Aktual Kondisi Statis	Faktor Keamanan (FK)	Probabilitas Kelongsoran (PK) %
A – A'	1,101	30,1
B – B'	1,074	35,2
C – C'	1,026	46,7
D – D'	1,467	4,6



Gambar-3. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Aktual Kondisi Dinamis: (a) Penampang A-A' (b) Penampang B-B' (c) Penampang C-C' (d) Penampang D-D'

Dari Gambar-3 hasil analisis kestabilan lereng aktual kondisi dinamis pada penampang A-A' didapatkan nilai FK sebesar 1,025 dan PK 46%, penampang B-B' nilai FK 0,999 dan PK 53,4%, dan penampang C-C' nilai FK 0,997 dan PK 54,3% kemudian pada penampang D-D' nilai FK 0,916 dan PK 67,3%.

Dari hasil analisis kestabilan lereng keseluruhan aktual pada kondisi dinamis didapatkan FK lebih kecil dari 1,1 dan nilai PK lebih besar dari 15% - 20%. Hasil analisis menunjukkan lereng keseluruhan aktual kondisi dinamis PIT C5 berada pada kondisi kritis. Sehingga lereng keseluruhan aktual pada kondisi dinamis harus dilakukan perbaikan sampai mendapatkan nilai FK dan PK aman.

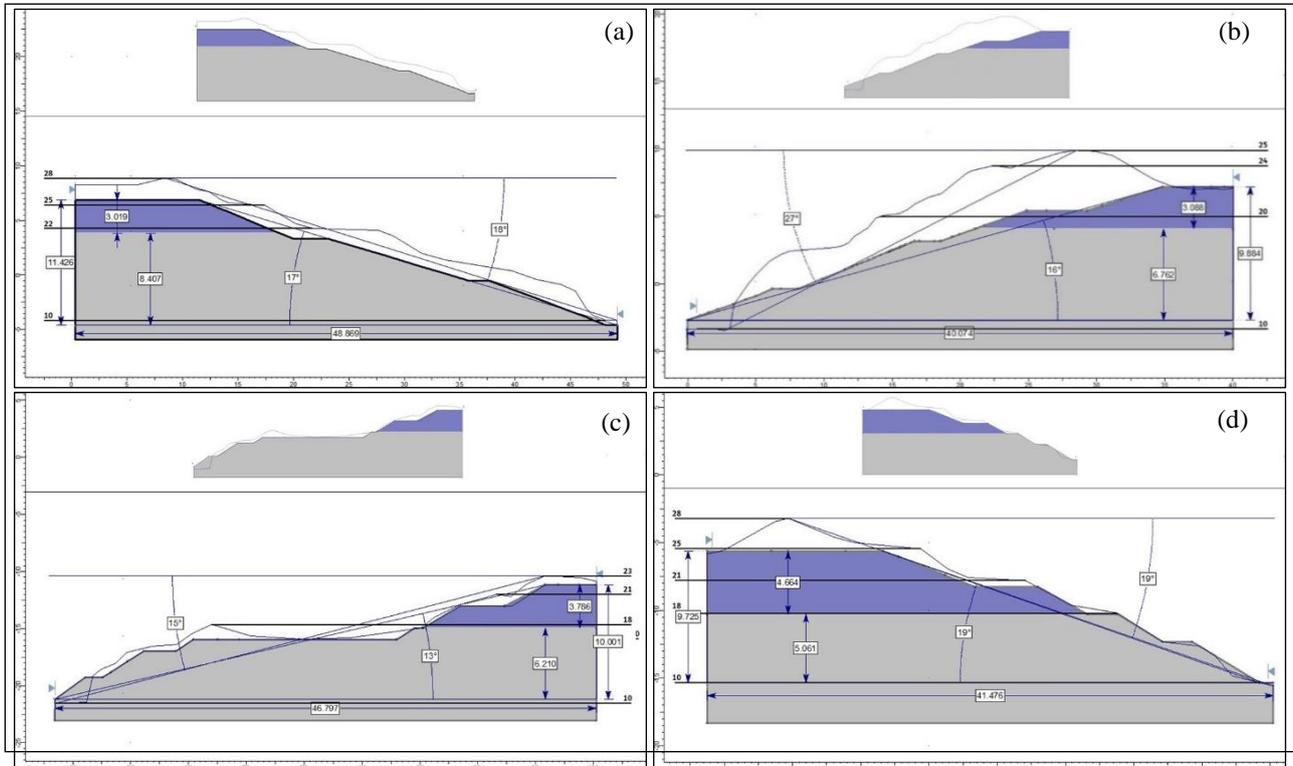
Tabel-5. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Aktual Kondisi Dinamis

Lereng Aktual Kondisi Dinamis	Faktor Keamanan (FK)	Probabilitas Kelongsoran (PK) %
A – A'	1,025	46
B – B'	0,999	53,4
C – C'	0,997	54,3
D – D'	0,916	67,3

Bedasarkan hasil analisis kestabilan lereng PIT C5 didapatkan nilai FK dan PK untuk lereng keseluruhan setiap penampang dalam kondisi statis dan dinamis belum menunjukkan nilai $FK \geq 1,0$ dan $PK 15-20\%$, nilai tersebut belum memenuhi kriteria kepmen ESDM 1827K tahun 2018. Salah satu langkah untuk mendapatkan $FK \geq 1,0$ dan $PK 15-20\%$, lereng tambang harus dilakukan modifikasi/perubahan pada geometri lereng, seperti sudut lereng dan tinggi lereng yang aman untuk mencegah terjadinya longsor.

Evaluasi Desain Geometri Lereng Keseluruhan (Overall Slope) PIT C5

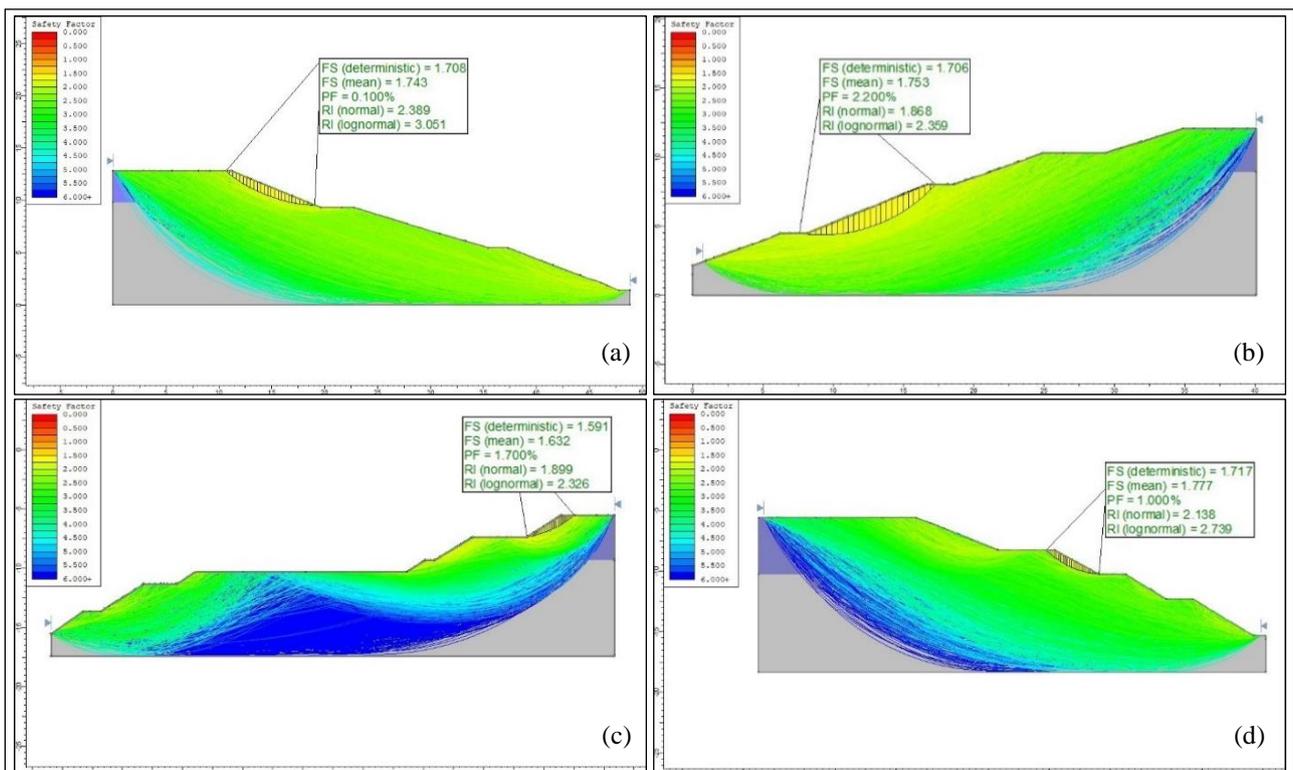
Untuk modifikasi lereng keseluruhan (overall slope) yang optimal menurut acuan KEPMEN 1827 K Tahun 2018 lereng keseluruhan harus memiliki $FK \geq 1,2$ untuk kondisi statis dan $FK \geq 1,0$ untuk kondisi dinamis kemudian $PK 15-20\%$. Hasil perbaikan pada lereng tunggal (single slope) yang telah dilakukan menjadi acuan dalam penentuan kemiringan lereng tunggal yang terdapat pada lereng keseluruhan. Kemiringan lereng tunggal nantinya akan mengalami perubahan pada saat evaluasi lereng keseluruhan dikarenakan pada kondisi statis terdapat pembebanan berupa lereng tunggal lain yang ada di atasnya kemudian pada kondisi dinamis terdapat penambahan beban dari beban excavator dan beban seismik horizontal.



Gambar-4. Evaluasi Desain Geometri Lereng Keseluruhan: (a) Penampang A-A' (b) Penampang B-B' (c) Penampang C-C' (d) Penampang D-D'

Dari Gambar-4 evaluasi desain geometri lereng keseluruhan penampang A-A' diperoleh tinggi lereng 11,426 meter, lebar lereng 48,869 meter dan sudut lereng 17°, penampang B-B' diperoleh tinggi lereng 9,884 meter, lebar lereng 40,074 meter dan sudut lereng 16°, penampang

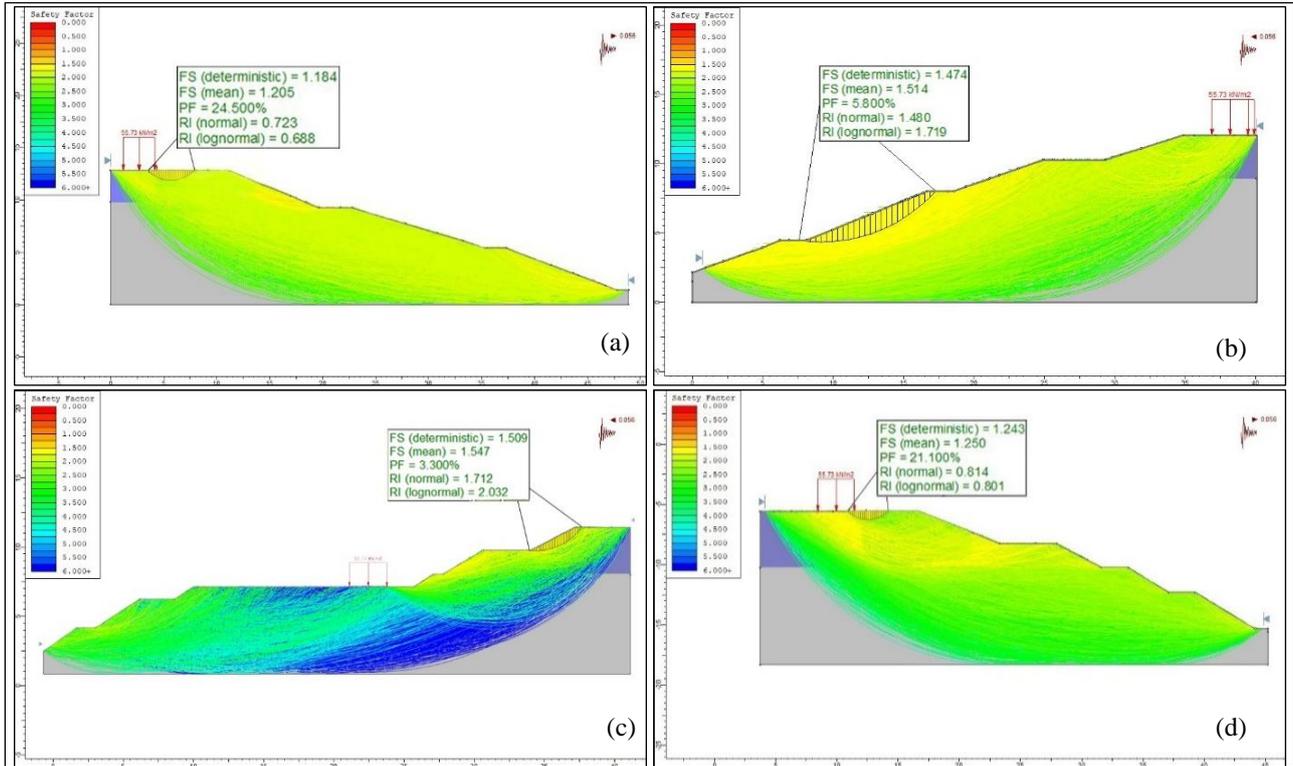
C-C' diperoleh tinggi lereng 10,001 meter, lebar lereng 46,797 meter dan sudut lereng 13°, dan penampang D-D' diperoleh tinggi lereng 9,725 meter, lebar lereng 41,476 meter dan sudut lereng 19°.



Gambar-5. Evaluasi Desain Geometri Lereng Keseluruhan Kondisi Statis: (a) Penampang A-A' (b) Penampang B-B' (c) Penampang C-C' (d) Penampang D-D'

Dari Gambar-5 hasil analisis kestabilan lereng dari evaluasi desain geometri lereng keseluruhan kondisi statis pada penampang A-A' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,743 dengan nilai PK adalah 0,1 %, penampang B-B' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,753 dengan nilai PK

adalah 2,2 %, dan penampang C-C' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,632 dengan nilai PK adalah 1,7 %, kemudian pada penampang D-D' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,777 dengan nilai PK adalah 1 %.



Gambar-6. Evaluasi Desain Geometri Lereng Keseluruhan Kondisi Dinamis: (a) Penampang A-A' (b) Penampang B-B' (c) Penampang C-C' (d) Penampang D-D'

Dari Gambar-6 hasil analisis kestabilan lereng dari evaluasi desain geometri lereng keseluruhan kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal sebesar 0,056 gal dan beban Excavator 55,73 kN/m² pada penampang A-A' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,205 dengan PK 24,5%, penampang B-B' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,514 dengan PK 5,8 %, penampang C-C' didapatkan nilai FK lereng sebesar 1,547 dengan PK 3,3%, dan pada penampang

D-D' didapatkan FK lereng sebesar 1,250 dengan PK 21,1%.

Maka dapat didefinisikan hasil analisis kestabilan lereng evaluasi desain geometri lereng keseluruhan penampang A-A', penampang B-B', penampang C-C', dan penampang D-D' berada pada kondisi stabil atau aman untuk digunakan dapat dilihat pada Tabel-6 dibawah ini.

Tabel-6. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Aktual dan Lereng Evaluasi

Simulasi	Geometri Lereng			Faktor Keamanan		Probabilitas Kelongsoran (%)	
	Tinggi (m)	Lebar (m)	Slope (°)	Kondisi Statis	Kondisi Dinamis	Kondisi Statis	Kondisi Dinamis
Lereng Aktual Penampang A - A'	12,414	48,469	18	1,101	1,025	30	46
Evaluasi Lereng Penampang A - A'	11,426	48,869	17	1,743	1,205	0,1	24,5
Lereng Aktual Penampang B - B'	13,158	36,968	27	1,074	0,999	35	53
Evaluasi Lereng Penampang B - B'	9,884	40,074	16	1,753	1,514	2,2	5,8
Lereng Aktual Penampang C - C'	11,095	46,798	15	1,026	0,997	46	54
Evaluasi Lereng Penampang C - C'	10,001	46,797	13	1,632	1,547	1,7	3,3
Lereng Aktual Penampang D -D'	12,383	41,476	19	1,412	0,912	4	67
Evaluasi Lereng Penampang D - D'	9,725	41,476	19	1,777	1,250	1	21,1

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa yang dilakukan pada lereng PIT C5 PT Menara Cipta Mulia dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Nilai Faktor Keamanan (FK) pada lereng aktual PIT C5 Area Bidadari Blok Mayang berdasarkan nilai parameter uji sifat fisik-mekanik penampang A-A', penampang B-B', penampang C-C', dan penampang D-D' pada kondisi statis didapatkan nilai berkisar antara 1,026 – 1,101 kemudian pada kondisi dinamis didapatkan nilai berkisar antara 0,916 – 1,025 dan dapat diartikan lereng pada setiap penampang masih terdapat bagian yang kritis atau tidak aman dikarenakan nilai faktor keamanan yang didapatkan tidak mencapai $\geq 1,2$ untuk kondisi statis dan $\geq 1,0$ untuk kondisi dinamis menurut KEPMEN 1827 K Tahun 2018.
2. Nilai Probabilitas Kelongsoran (PK) pada lereng aktual PIT C5 Area Bidadari Blok Mayang berdasarkan nilai parameter geoteknik pada penampang A-A', penampang B-B', penampang C-C', dan penampang D-D' dalam kondisi statis didapatkan nilai berkisar antara 30,1% – 46,7% dan pada kondisi dinamis didapatkan nilai berkisar antara 46% – 67,3%. Nilai Probabilitas Kelongsoran (PK) lereng pada PIT C5 masih mendapatkan hasil persentase yang besar dan dapat diartikan lereng pada PIT C5 terdapat bagian yang kritis atau tidak aman.
3. Perbaikan desain lereng dilakukan pada beberapa percobaan sehingga dapat mengidentifikasi lereng tunggal (*single slope*) yang aman kemudian lereng tunggal yang aman dijadikan acuan perbaikan desain lereng pada setiap lereng keseluruhan. Kemiringan lereng tunggal nantinya akan mengalami perubahan pada saat evaluasi lereng keseluruhan dikarenakan pada kondisi statis terdapat pembebanan berupa lereng tunggal lain yang ada di atasnya kemudian pada kondisi dinamis terdapat penambahan beban dari beban *excavator* dan beban seismik *horizontal*. Maka didapatkan evaluasi lereng keseluruhan dengan nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK) yang aman menurut acuan KEPMEN 1827 K Tahun 2018 dengan Faktor Keamanan (FK) $\geq 1,2$ untuk kondisi statis dan FK $\geq 1,0$ untuk kondisi dinamis dan Probabilitas Kelongsoran nya (PK) 15-20 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada PT Menara Cipta Mulia yang telah memberi saya izin melakukan penelitian mengenai kajian kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas di PIT C5 area bidadari blok mayang.

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada abang, kakak, dan teman – teman yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi saya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra, A. B., *et al.*, “Geologi dan geometri batubara Seam A, seam B, dan seam C, Daerah Keay dan Sekitarnya, Kecamatan Damai, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur”, *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, Vol. 2, No.1, 2015.
- [2] Cahya, S. A., *et al.*, “Analisis Kestabilan Lereng Dengan Probabilitas Longsor Metode Monte Carlo Di Kalimantan Timur”, *Mining Insight*, Vol. 03, No. 01, pp:139-148, 2022.
- [3] Gani, H. S., “Probabilitas Kelongsoran Dan Indeks Kepercayaan Melalui Metode Probabilistik Pada Material Overburden Tambang Batubara Daerah Muaratewe, Kalimantan Selatan”, *Padjadjaran Geoscience Journal*, Vol.3 No. 3, 2019.
- [4] Kepmen, E. S. D. M., “Pedoman Pelaksanaan Teknik Pertambangan yang Baik”, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827K/30K/MEM*, 2018.
- [5] Cherianto, O., *et all.*, “Analisis kestabilan lereng dengan metode Bishop (studi kasus: Kawasan Kitralandsta. 1000m)”, *Jurnal Sipil Statik*, Vol.2 No.3, 2014.
- [6] Abramson, J.L., “Slope Stability and Stabilization Methods Second Edition”, *Wiley and son's*. New York, 2002.
- [7] Arif, I., “Buku Geoteknik Tambang Mewujudkan Produksi Tambang yang berkelanjutan dengan menjaga Kestabilan Lereng”, *Gramedia*. Jakarta, 2016
- [8] Anaperta, Y. M., “Evaluasi kestabilan lereng tambang di pit tambang air laya (tal) barat sekuen Januari 2017 penampang c-c' PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. JTIP: *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, Vol.10(1). hal 60-70, 2017.
- [9] Barber, A.J., Crow, M.J. dan De Smet, M.E.M., “Tectonic Evolution In: Barber, A.J., Crow, M.J., Milsom, J.S. (Eds.), Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution”, *Geological Society Memoar*, Vol.31, No.234-257, 2005.
- [10] Irawan, M., Heriyadi, B., & Octova, A., “Kajian Kestabilan Lereng RKAP 2018 Lokasi Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan”, *Jurnal Bina Tambang*, Vol.3 hal 1566 – 1576, 2018.
- [11] Rahim, A., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M., “Analisis Kestabilan Lereng untuk Menentukan Geometri Lereng pada Area Penambangan Pit Muara Tiga Besar Selatan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 2 (1). hal 271-284., 2015.
- [12] Wiradani, P.K., “Analisis Probabilitas Kelongsoran Menggunakan Metode Monte Carlo Pada Highwall Pit SB-II BK-14 PT Turbaindo Coal Mining, Site Melak, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur”. *Jurnal Bina Tambang*, Vol.3. hal 4, 2018.