

Analisis Kestabilan Lereng Pascatambang Dalam Persiapan Kegiatan Reklamasi dengan Memperhatikan Topografi Pada Area Tambang di Desa Wonosunyo, Kecamatan Gempol, Kabupaten Pasuruan

Naura Nisrine Hidayatullah dan Tuhu Agung Rachmantio*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi : tuhu.tl@upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

Google Earth, Pascatambang, Pemodelan, Lahan, Reklamasi, Revegetasi, Surfer, Topografi

ABSTRAK

CV X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang penambangan batuan sirtu di Desa Wonosunyo, Kabupaten Pasuruan dengan IUP CV X seluas 15,26 Ha. Kegiatan penambangan yang dilakukan CV X mempengaruhi topografi area penambangan sehingga diperlukan reklamasi untuk mencegah kerusakan lingkungan. Rencana reklamasi lahan yang akan dilakukan CV X meliputi: penataan lahan, revegetasi, dan pemeliharaan sehingga perlu memperhatikan kestabilan lereng. Kestabilan lereng pada kegiatan penambangan di desain dengan menyesuaikan topografi dan faktor keamanan lereng. Analisis kestabilan lereng dapat dilakukan dengan memetakan lahan dan menentukan kemiringan serta tinggi lereng. GPro atau Google Earth Pro digunakan untuk memperoleh kenampakan permukaan area tambang yang akan dianalisis. Selain GPro, Surfer juga digunakan dalam proyeksi peta karena memungkinkan pembuatan kontur yang digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng pascatambang. Standar faktor keamanan lereng yang digunakan meliputi: $FK \geq 1,25$ kondisi aman, $FK < 1,07$ kondisi tidak aman, $FK > 1,07$; $< 1,25$ kondisi kritis. Hasil perhitungan lereng tunggal yang sesuai yaitu: tinggi lereng 5 m, kemiringan lereng 40° dengan $FK 1,990$. Menurut hasil analisa menunjukkan bahwa kemiringan lereng sesuai dengan standar faktor keamanan yaitu $FK \geq 1,25$ berarti lereng dalam kondisi aman, sehingga kegiatan revegetasi dan pemeliharaan dapat dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat setempat.

Keyword:

Google Earth, Land, Modeling, Post-mining, Reclamation

ABSTRACT

CV The mining activities carried out by CV The land reclamation plan that will be carried out by CV Slope stability in mining activities is designed by adjusting the topography and slope safety factors. Slope stability analysis can be done by mapping the land and determining the slope and height of the slope. Google Earth Pro is used to obtain the surface appearance of the mining area to be analyzed. Apart from Google Earth Pro, Surfer is also used in map projections because it allows the creation of contours that are used in analyzing post-mining slope stability. The slope safety factor standards used include $FK \geq 1.25$ safe conditions, $FK < 1.07$ unsafe conditions, $FK > 1.07$; < 1.25 critical conditions. The appropriate single slope calculation results are slope height 5 m, slope 40° with $FK 1,990$. According to the analysis results, it shows that the slope is following the standard of safety factors, namely $FK \geq 1.25$, meaning the slope is in a safe condition so that revegetation and maintenance activities can be carried out by the government and local communities.

1. PENDAHULUAN

Penambangan adalah rangkaian kegiatan penyelidikan bahan galian, penggalian batuan, dan pemasaran hasil penggalian. (Rahwanto, 2021) Batuan sirtu atau batuan pasir batu menjadi salah satu bahan galian yang digunakan sebagai bahan bangunan. Batuan sirtu termasuk dalam bahan galian non-logam bersama dengan batuan karbonat, batuan andeist, marmer, dan lain sebagainya. (Ramadhini, 2022) Dalam proses kegiatan penambangan, tidak jarang beberapa area penambangan mengalami kerusakan lingkungan dan juga

longsor. Hal itu menjadi salah satu penghambat dalam kegiatan reklamasi yang akan dilakukan oleh Perusahaan penambangan. Oleh karena itu diperlukan sistem yang tepat dalam kegiatan penambangan.

Sistem kegiatan penambangan dibagi menjadi dua yaitu, sistem penambangan terbuka (*strip mine*) dan sistem penambangan bawah tanah (*underground mine*). CV X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang penambangan batuan sirtu yang melakukan penambangan dengan sistem penambangan terbuka. Lokasi penambangan berada di Desa Wonosunyo, Kabupaten Pasuruan dengan IUP CV X seluas

15,26 Ha. Kekuatan batuan di daerah rencana penambangan berdasarkan uji laboratorium sifat fisik batuan, komposisi batuan, nilai porositas dan densitas batuan menunjukkan bahwa batuan termasuk dalam jenis batuan lunak sehingga kemampuan batuan adalah penggaruan (*ripping*). Berdasarkan hal tersebut maka penambangan akan dilakukan menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode *Quarry*.

Metode *Quarry* merupakan sistem penambangan terbuka yang dilakukan untuk menambah endapan-endapan bahan galian atau mineral industri. Kegiatan sistem penambangan terbuka (*strip mine*) dengan metode *Quarry* sangat dipengaruhi oleh stabilitas lereng. Pengaruh stabilitas lereng tersebut dapat menyebabkan tidak amannya suatu lahan tambang terbuka sehingga kemungkinan terjadinya longsoran lereng sangat besar. Pada sistem penambangan terbuka (*strip mine*), desain lereng tambang menjadi salah satu faktor terpenting yang harus selalu diperhatikan dalam keberlangsungan kegiatan penambangan. Hal itu dikarenakan, lereng yang tidak stabil akan mengakibatkan longsor dan kegiatan produksi dapat terganggu atau bahkan memungkinkan timbulnya korban jiwa. Longsor dapat terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng atau gaya diarea lereng lebih besar daripada gaya penahan lereng tersebut. (Rajagukguk *et al.*, 2014) Oleh karena itu, nilai Faktor Keamanan (FK) digunakan untuk memastikan bahwa lereng dalam kondisi aman. Nilai dari faktor keamanan diperoleh dari rasio total gaya penahan dengan gaya yang menyebabkan terjadinya keruntuhan pada lereng. (Cahyono, 2021)

Kestabilan lereng, baik lereng alami, lereng buatan serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya penahan dan gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng. (Pane & Anaperta, 2019) Lereng tambang yang tidak stabil akan mengalami longsoran hingga lereng tersebut menemukan keseimbangan yang baru dan menjadi stabil kembali. Sementara itu, CV X berencana untuk melakukan kegiatan reklamasi pascatambang dengan pertimbangan meminimalisir kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan yang sudah dilakukan. Rencana kegiatan reklamasi lahan yang akan dilakukan CV X meliputi: penataan lahan, revegetasi, dan pemeliharaan sehingga perlu memperhatikan kestabilan lereng. Hal tersebut yang menjadi kekhawatiran masyarakat apabila sedang melakukan pemeliharaan terhadap lereng yang akan dilakukan kegiatan reklamasi.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dan kuantitatif dimana hasil analisis diperoleh dari hasil perhitungan dan pengamatan. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2023. Data yang dibutuhkan dikelompokkan menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini merupakan data hasil dari observasi. Sedangkan data sekunder bersumber dari laporan penelitian terdahulu dari perusahaan, data instansi yang terkait dan juga dari literatur-literatur, seperti data hasil laboratorium, dan data hasil per-*running-an Rocscience Slide v6.0*. Data yang digunakan yaitu nilai Kohesi (c) rata-rata sebesar 0,2 kg/cm² atau 20 kN/m², Sudut Geser (φ) sebesar

36,140 dan Bobot isi atau unit weight sebesar 1,39 gr/cm³ atau 13 kN/m³.

Tabel 1. Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng Tunggal

Tinggi (m)	Kemiringan (°)	Faktor Keamanan		Keterangan
		Statis	Dinamis	
5	40	1.99		Aman
	50	1.816		Aman
	60	1.637		Aman

Lokasi penelitian yaitu diarea penambangan di Desa Wonosunyo, Kabupaten Pasuruan. Lokasi penambangan tersebut kemudian dipilih beberapa titik untuk dilakukan penelitian terhadap kestabilan lereng yang sesuai dengan hasil analisis nantinya. Titik-titik koordinat tersebut kemudian di visualisasikan menggunakan Google Earth Pro dan Surfer. Titik koordinat pengamatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng Tunggal

Titik Sampel	Titik Koordinat	
	Latitude	Longitude
A	-7.61654	112.65433
B	-7.616784	112.654612
C	-7.617202	112.655068
D	-7.61739	112.655273
E	-7.617595	112.655498
F	-7.61774	112.655656
G	-7.617952	112.655888
H	-7.618278	112.656205

Setelah diketahui titik koordinat, selanjutnya akan divisualisasikan ke dalam peta kontur 3D untuk mengetahui perbedaan elevasi setiap titik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari CV X selaku perusahaan penambangan meliputi data hasil *running-an Rocscience Slide v6.0*. Data yang diperlukan meliputi nilai Kohesi (c) rata-rata sebesar 0,2 kg/cm² atau 20 kN/m², Sudut Geser (φ) sebesar 36,140 dan Bobot isi atau unit weight sebesar 1,39 gr/cm³ atau 13 kN/m³. Hasil *running-an* dari *software Rocscience Slide v6.0* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil *Running Software Rocscience Slide v6.0*

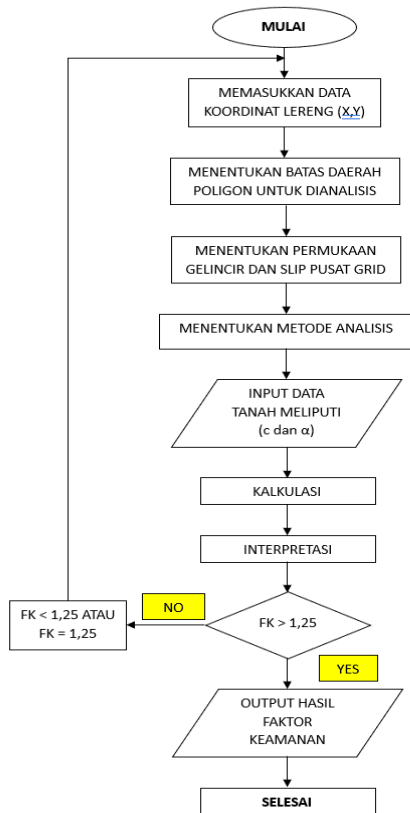
Tinggi (m)	Kemiringan (°)	Faktor Keamanan		Keterangan
		Statis	Dinamis	
5	40	3.12	1.99	Aman
	50	2.729	1.816	Aman
	60	2.404	1.637	Aman

Dari tabel diatas direncanakan penggunaan Sudut Lereng (α) yaitu 40°, 50°, dan 60°. Selain Sudut Lereng (α), adapun nilai Kohesi (c) yang akan digunakan yaitu 0,2, 0,3, dan 0,5. Tiga data Sudut Lereng (α) dan nilai Kohesi (c) ini selanjutnya akan dilakukan analisis. Analisis yang dilakukan berupa hubungan antara Sudut Lereng (α) dengan Faktor Keamanan dan hubungan antara Kohesi (c) dengan Faktor Keamanan. Dari

hasil analisis nanti dapat dibuktikan apakah nilai kestabilan lereng yang dimiliki oleh CV X sudah memenuhi standar keamanan lereng atau belum.

Standar faktor keamanan lereng yang digunakan adalah milik Joseph E. Bowles (1984) dengan rincian sebagai berikut: $FK \geq 1,25$ kondisi aman, $FK < 1,07$ kondisi tidak aman, $FK > 1,07$; $< 1,25$ kondisi kritis. Faktor keamanan yang terdapat pada tabel terdiri dari FK Statis dan FK Dinamis dimana keduanya memiliki nilai yang berbeda. FK Statis merupakan Faktor Keamanan saat lereng dalam keadaan stabil dalam kurun waktu tertentu tanpa adanya kegiatan yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Sementara itu, FK Dinamis merupakan Faktor Keamanan saat lereng dalam keadaan tidak stabil dalam kurun waktu tertentu dengan adanya keamanan yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Faktor keamanan yang akan digunakan untuk selanjutnya hanya Faktor Keamanan Dinamis dengan asumsi bahwa dalam beberapa kurun waktu kedepan terdapat banyak aktivitas di lereng.

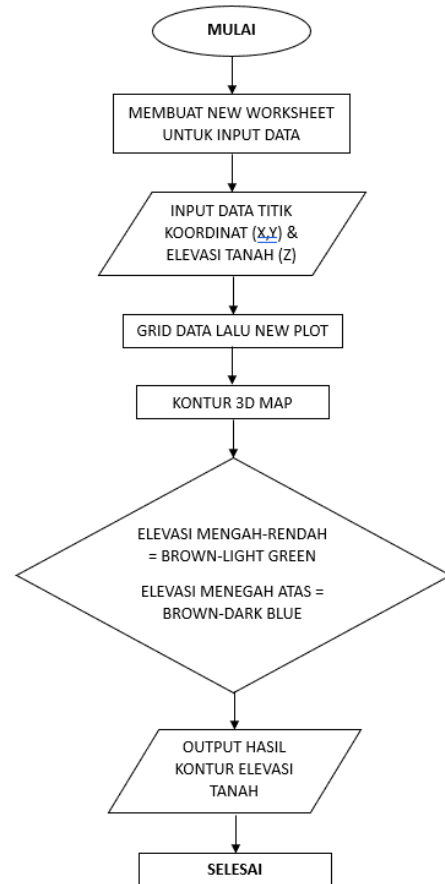
Penggunaan *software* Rocscience Slide v6.0 digunakan oleh CV X untuk merencanakan kestabilan lereng area penambangan. Analisis kestabilan lereng dengan *software* ini memerlukan data-data yaitu Sudut Geser (ϕ) dan titik koordinat lereng yang akan dianalisis. Dalam mendesain sebuah lereng dengan program Slide 6.0, dilakukan langkah-langkah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-Langkah *Software* Rocscience Slide v6.0

Selain penggunaan *software* Rocscience Slide v6.0, *software* Surfer untuk membedakan elevasi tanah melalui kontur serta memvisualisasikan perbedaan elevasi setiap titik koordinat. Dalam memvisualisasikan gambar 3D dari kenampakan permukaan serta perbedaan elevasi tanah, maka

dilakukan langkah-langkah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.

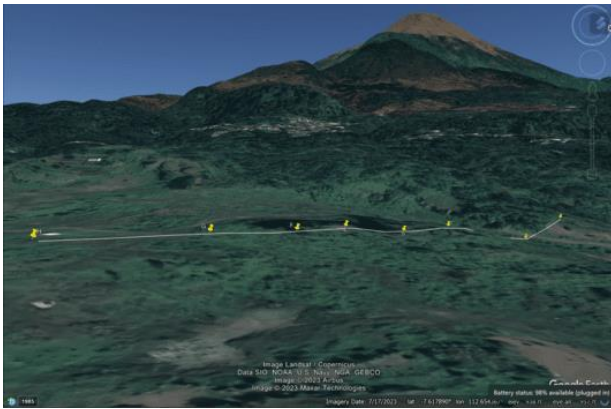


Gambar 2. Langkah-Langkah *Software* Surfer

3.1 Visualisasi Titik Koordinat Lereng Area Penambangan



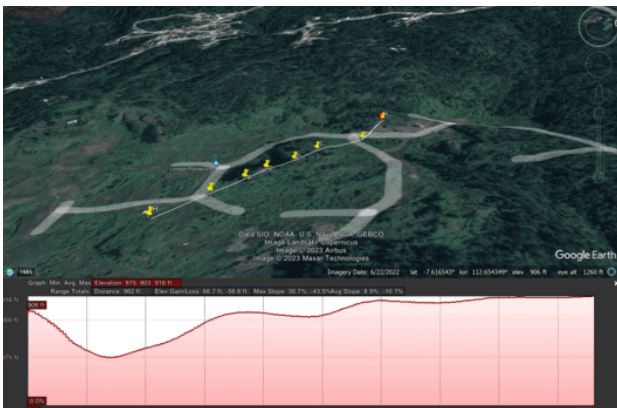
(a) Visualisasi Lereng Tampak Atas



(b) Visualisasi Lereng Tampak Samping

Gambar 3. Visualisasi Titik Koordinat Lereng Area Penambangan

Hasil visualisasi titik koordinat lereng area penambangan di atas kemudian dilakukan pengamatan untuk mencari elevasi setiap titik koordinat dengan menggunakan *software* Google Earth Pro. Perbedaan elevasi antar titik koordinat akan digunakan untuk memvisualisasikan kenampakan 3D dari area penambangan sebelum dilakukan penambangan. Hasil pengamatan perbedaan elevasi setiap titik dapat dilihat pada gambar dan tabel dibawah ini.



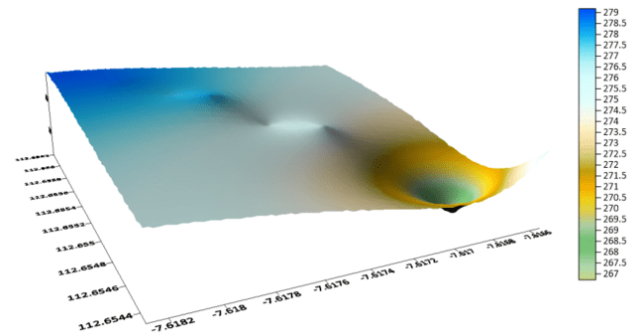
Gambar 4. Perbedaan Elevasi Tanah Setiap Titik Koordinat

Tabel 4. Perbedaan Elevasi Tanah Titik Sampel

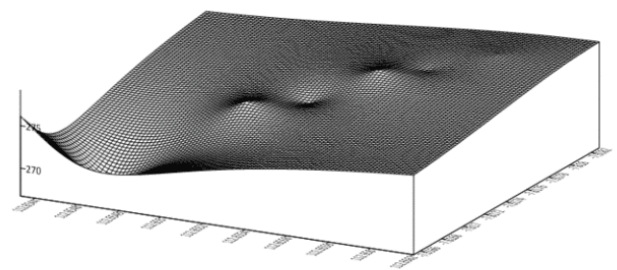
Titik Sampel	Titik Koordinat		Ketinggian	
	Latitude	Longitude	(ft)	(m)
A	-7.61654	112.65433	906	276
B	-7.616784	112.654612	875	267
C	-7.617202	112.655068	905	276
D	-7.61739	112.655273	902	275
E	-7.617595	112.655498	913	278
F	-7.61774	112.655656	911	278
G	-7.617952	112.655888	915	279
H	-7.618278	112.656205	916	279

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa titik-titik koordinat memiliki ketinggian yang berbeda dengan titik tertinggi 916 ft atau 279 m dan titik terendah 875 ft atau 267 m. Setelah mendapatkan hasil perbedaan elevasi tanah, selanjutnya dilakukan pengamatan menggunakan Surfer untuk mengetahui

bentuk lereng secara 3D dan dilanjutkan melakukan analisis tentang penerapan data hasil *running software* Rocscience Slide v6.0 terhadap keadaan lereng sebelum dilakukan penambangan apakah desain kestabilan lereng sudah mencukupi atau tidak.



(a) Tampak Samping Dengan Kontur



(b) Tampak Samping Tanpa Kontur

Gambar 5. 3D Kenampakan Permukaan Area Penambangan

Pada gambar diatas menunjukkan kenampakan permukaan area penambangan. Terlihat bahwa belum terbentuk lereng yang sesuai dengan Standar Faktor Keamanan. Selanjutnya akan dilakukan Analisa terhadap data hasil *running software* Rocscience Slide v6.0 untuk standar FK yang sesuai dengan karakteristik lereng area penambangan.

3.2 Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng

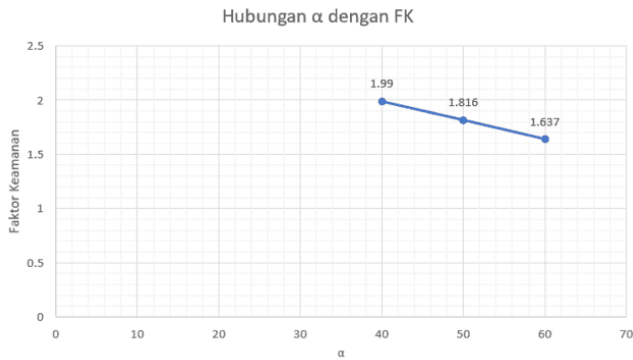
3.4.1 Hubungan Antara Sudut Kemiringan Lereng (α) dengan Faktor Keamanan

Dalam menganalisa Faktor Keamanan Lereng diambil 3 sampel sudut yaitu 40, 50, dan 60 dengan tujuan untuk memilih sudut mana yang memiliki Faktor Keamanan yang sesuai. Nilai Faktor Keamanan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel (brp) dibawah ini.

Tabel 5. Hubungan α -FK

α	FK	Keterangan
40	1.99	Aman
50	1.816	Aman
60	1.637	Aman

Setelah diperoleh nilai FK untuk setiap sudut, dibuatlah grafik untuk melihat korelasi antara Sudut Kemiringan Lereng (α) dengan Faktor Keamanan.



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara α dengan FK

Dari grafik diatas didapatkan hasil analisis bahwa semakin kecil Sudut Lereng (α) maka semakin besar nilai Faktor Keamanan, sebaliknya semakin besar Sudut Lereng (α) maka semakin kecil nilai Faktor Keamanan. Hasil analisis apabila dikaitkan dengan nilai standar Faktor Keamanan yaitu $FK \geq 1,25$, maka Sudut Lereng (α) yang digunakan yaitu 40, 50, dan 60 sama-sama memenuhi standar FK.

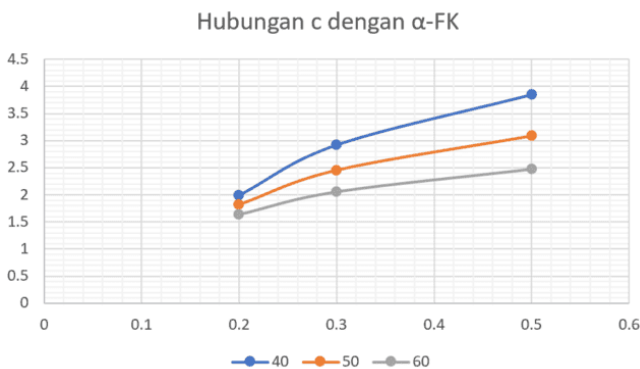
3.4.2 Hubungan Antara Kohesi (c) dengan Faktor Keamanan

Nilai kohesi di lereng area penambangan Desa Wonosunyo, Kecamatan Gempol, Kabupaten Pasuruan adalah sebesar 0,2 kg/cm². Dalam menentukan hubungan antara kohesi (c) dengan nilai FK digunakan perbandingan untuk melihat apakah nilai FK sudah sesuai atau belum. Kohesi yang digunakan antara lain 0,2, 0,3, dan 0,5. Nilai Faktor Keamanan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel (brp) dibawah ini.

Tabel 6. Hubungan c- αFK

c	α		
	40	50	60
0.2	1.99	1.816	1.637
0.3	2.089	1.488	1.099
0.5	3.075	2.08	1.48

Setelah diperoleh nilai FK untuk setiap nilai kohesi, dibuatlah grafik untuk melihat korelasi antara Sudut Lereng (α) dengan Faktor Keamanan.



Gambar 7. Grafik Hubungan c- αFK

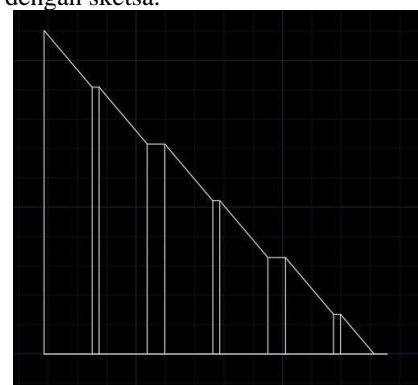
Dari grafik diatas didapatkan hasil analisis bahwa semakin besar nilai Kohesi (c) maka semakin besar nilai pada α-FK, sebaliknya semakin kecil nilai Kohesi (c) maka semakin kecil

nilai pada α-FK. Dapat dilihat pada nilai α berturut-turut 40°, 50°, dan 60° semakin besar nilai Kohesi (c) maka semakin besar nilai pada FK. Sesuai dengan hubungan antara Sudut Lereng (α) dengan FK bahwa semakin kecil Sudut Lereng (α) maka semakin besar nilai Faktor Keamanan, begitupun sebaliknya. Hasil analisis apabila dikaitkan dengan nilai standar Faktor Keamanan yaitu $FK \geq 1,25$, maka Nilai Kohesi (α) yang digunakan yaitu 0,2, 0,3, dan 0,5 sama-sama memenuhi standar FK.

3.4.3 Hasil Analisis

Dilihat dari hasil analisis hubungan antara Sudut Lereng (α), Kohesi (c) dengan Faktor Keamanan, memiliki hasil yang saling berkaitan. Hasil analisis hubungan Sudut Lereng (α) dengan Faktor Keamanan menyatakan bahwa bahwa semakin kecil Sudut Lereng (α) maka semakin besar nilai Faktor Keamanan, sebaliknya semakin besar Sudut Lereng (α) maka semakin kecil nilai Faktor Keamanan. Sementara itu, untuk hasil analisis yang sesuai dengan karakteristik lereng yang memiliki nilai Kohesi (c) sebesar 0,2 kg/cm² atau 20 kN/m², Sudut Geser (φ) senilai 36,140, dan Bobot isi atau unit weight sebesar 1,39 gr/cm³ atau 13 kN/m³ adalah sebagai berikut: kemiringan lereng sebesar 40° yang memiliki nilai 1,990 untuk Faktor Keamanan.

Sudut yang diambil adalah sudut 40° karena apabila dilihat dari perbandingan nilai FK yang sesuai dengan karakteristik lereng yang memiliki nilai kohesi 0,2, sudut 40° memiliki nilai FK lebih besar dibandingkan dengan sudut 50° dan 60°. Dari analisis diatas kemudian dibuat sketsa menggunakan *software AutoCAD* dengan memasukkan data titik koordinat yang sudah ada lalu terbentuk koordinat baru. Setelah dilakukan sketsa menggunakan hasil analisis yaitu Sudut Lereng (α) sebesar 40°, selanjutnya *dirunning*-kan menggunakan *software Surfer* sehingga diketahui bentuk 3D kenampakan permukaan area penambangan. Dibawah ini merupakan sketsa gambaran untuk ketinggian dan Sudut Lereng (α) diikuti tabel titik koordinat baru dengan jarak antar titik dan ketinggian yang sudah disesuaikan dengan sketsa.



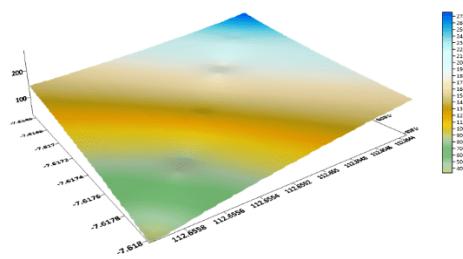
Gambar 8. Sketsa Pembuatan Lereng

Tabel 7. Titik Koordinat Baru

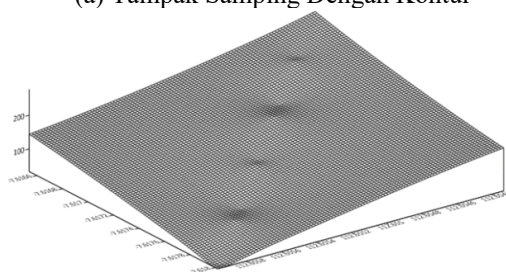
Titik Sampel	Titik Koordinat		Ketinggian	
	Latitude	Longitude	(ft)	(m)
A	-7.61654	112.65433	134.48	276
B	-7.616781	112.654608	154.16	228
B'	-7.616817	112.654648	288.64	228

C	-7.61705	112.654902	337.84	179
C'	-7.617144	112.655004	472.32	179
D	-7.617383	112.655266	492	131
D'	-7.617419	112.655305	626.48	131
E	-7.617657	112.655565	675.68	82
E'	-7.617746	112.655662	810.16	82
F	-7.617983	112.655921	829.84	33
F'	-7.618019	112.655961	134.48	33

Dilihat dari Gambar 8 dan Tabel 7 bahwa kenampakan lereng yang diinginkan sudah sesuai dengan hasil analisis. Kemudian dibuat sketsa 3D menggunakan *software* Surfer untuk melihat kontur serta kenampakannya. Mulai dari kemiringan lereng hingga perbedaan warna kontur yang merata menandakan bahwa keamanan lereng sudah sesuai dengan standar faktor keamanan lereng.



(a) Tampak Samping Dengan Kontur



(b) Tampak Samping Tanpa Kontur

Gambar 9. 3D Kenampakan Sketsa Permukaan Area Penambangan

Hasil dari gambar 3D dapat terlihat bahwa kemiringan lereng sudah sesuai dengan hasil analisis yang dilakukan. Sehingga, data yang digunakan oleh perusahaan CV X untuk kegiatan pembukaan lahan dan reklamasi dapat dilakukan sesuai dengan data yang sudah dimiliki. Hal ini dapat membantu dalam kegiatan pemeliharaan dan pemantauan yang memang akan dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat setempat.

4. KESIMPULAN

Keamanan lereng mempengaruhi aktivitas kegiatan pascatambang yaitu kegiatan reklamasi. Kegiatan reklamasi meliputi: penataan lahan, revegetasi, dan pemeliharaan sehingga perlu memperhatikan kestabilan lereng. Standar faktor keamanan lereng yang digunakan meliputi: $FK \geq 1,25$

kondisi aman, $FK < 1,07$ kondisi tidak aman, $FK > 1,07$; $< 1,25$ kondisi kritis. Hasil perhitungan dan analisis korelasi antara α dengan FK dan Gaya gesek (c) dengan α -FK lereng tunggal yang sesuai dengan karakteristik lereng yang memiliki nilai Kohesi (c), Sudut Geser (ϕ), dan Bobot isi atau unit weight berturut-turut yaitu: $0,2 \text{ kg/cm}^2$ atau 20 kN/m^2 , 36,140, dan $1,39 \text{ gr/cm}^3$ atau 13 kN/m^3 adalah sebagai berikut: tinggi lereng 5 m, dengan kemiringan lereng yang diambil sebesar 40° yang memiliki nilai 1,990 untuk Faktor Keamanan. Dengan demikian kegiatan reklamasi dapat dilakukan oleh CV X dan kegiatan pemeliharaan revegetasi dapat dengan mudah dilakukan oleh pemerintah setempat dan masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat serta hidayah-Nya penulis mampu menyelesaikan penelitian ini tepat waktu. Tak lupa juga kepada kedua orang tua dan keluarga yang menyemangati tiada henti. Penulis juga ingin berterimakasih kepada bapak Tuha Agung R selaku dosen pembimbing yang sudah memberikan masukan, saran, dan kritikan yang membangun. Kepada diri sendiri yang telah mampu dan menyelesaikan dengan tepat waktu serta teman-teman yang sudah membantu dalam memberi semangat, masukan, serta saran, sehingga penyusunan penelitian ini dapat tersusun dengan sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, Y. D. G. (2021). *Analisis Kestabilan Lereng Highwall Berdasarkan Tingkat Kejenuhan dengan Metode Probabilitas pada Tambang Batubara PT. X Kalimantan Timur* (Vol. 5, Issue 2).
- Pane, R. A., & Anaperta, Y. M. (2019). Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 4(3).
- Rahwanto, M. W. S. (2021). *Analisis Kestabilan Lereng (Slope) Pada Pit D Tambang Batubara Pt. Lembu Swana Perkasa, Kec. Samboja, Kab. Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*.
- Rajagukguk, O. C. P., A. E. T., & Monintja, S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m). *Jurnal Sipil Statik*, 2(3), 139–147.
- Ramadhini, A. K. (2022). *Analisis Stabilitas Lereng Batuan Pada Tambang Andesit Di Desa Widoropayung, Kec. Basuki, Kab. Situbondo*.