ITATS

SEMITAN

Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan

https://ejurnal.itats.ac.id/semitan



Analisis Stabilitas Lereng Pada Perencanaan Penatagunaan Lahan Reklamasi Daerah Rawan Bencana di Gunung Merapi

Rahmat Fauzan Izza *[1], Risal Gunawan [1], Abdul Jalil [1]

[1] Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta

*e-mail: indradzulfikar95@gmail.com,

Info Artikel

Diserahkan:
17 Juni 2023
Direvisi:
28 Juli 2023
Diterima:
25 Agustus 2023
Diterbitkan:
31 Agustus 2023

Abstrak

Kegiatan usaha pertambangan seringkali menyebabkan kerusakan lingkungan, sehingga menyebabkan penurunan mutu lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya penatagunaan lahan pada lahan seluas 12,45 Ha agar tidak terjadi kerusakan lingkungan yang berkelanjutan. Adanya lahan bekas galian tambang ini, maka perlu dilakukan perencanaan penguatan dinding sungai dengan mendesign dinding sungai. Pembuatan jenjang dilakukan simulasi dalam kondisi kering dan jenuh. Kondisi jenuh geometri *(n=4, H= 8m, α = 60^0)* didapatan faktor keamanan 1,99, sedangkan geometri *(n=3, H= 8m, α = 60^0)* didapatan faktor keamanan 2,52. Kondisi kering geometri kering *(n=4, H= 8m, α = 60^0)* didapatan faktor keamanan 2,06, sedangkan geometri *(n=3, H= 8m, α = 60^0)* didapatan faktor keamanan 3,43. Analsisis geometri lereng yang dilakukan semua dalam kondisi aman.

Kata kunci: reklamasi, penatagunaan lahan, kestabilan lereng.

Abstract

Mining business activities often cause environmental damage, thus causing a decrease in environmental quality. Therefore, it is necessary to make efforts to manage land use on an area of 12.45 Ha so that there is no sustainable environmental damage. With this ex-mining land, it is necessary to plan for strengthening the river wall by designing the river wall. The ladder construction was carried out in simulations under dry and saturated conditions. Geometry saturation conditions (n=4, H= 8m, \alpha = 600) obtained a safety factor of 1.99, while geometry (n=3, H= 8m, \alpha = 600) obtained a safety factor of 2.52. In dry condition, the dry geometry (n=4, H= 8m, \alpha = 600) has a safety factor of 2.06, while the geometry (n=3, H= 8m, \alpha = 600) has a safety factor of 3.43. All of the slope geometry analysis was carried out under safe conditions.

Keywords: reclamation, land use, slope stability.

1. Pendahuluan

Kegiatan usaha pertambangan seringkali menyebabkan kerusakan lingkungan, sehingga menyebabkan penurunan mutu lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya rehabilitasi pada lahan seluas 12,45 Ha agar tidak terjadi kerusakan lingkungan yang berkelanjutan. PT. Hasta Mulya Energy, salah satu perusahaan tambang pasir dan batu yang terletak di Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah melakukan praktik penambangan dengan metode tambang *quarry* [1]. Adanya lahan bekas galian tambang ini, maka perlu dilakukan perencanaan penguatan dinding sungai dengan mendesign dinding sungai dan mengevaluasi kesesuaian lahan berdasarkan jenis pohon lokal pada daerah penelitian yang juga berfungsi sebagai penguat dinding sungai dan perhitungan biaya reklamasi. Penelitian ini dilakukan penataan lahan berupa pembuatan jenjang (*benching*) [2].

Tabel 1. Klasifikasi kemiringan Lereng

No.	Kelas	Sudut Lereng (%)
1.	Datar	0 - 8
2.	Landai/Berombak	8 – 15
5.	Agak Curam	15 – 25
6.	Curam	25 – 40
7.	Sangat Curam	> 40

Dalam proses konstruksi tangga, muncul potensi masalah, terutama ketika merujuk pada batuan yang kurang padat; sebuah kesalahan kecil pun dapat berakibat pada pergeseran atau longsor. Untuk menghindari risiko tersebut, analisis kestabilan lereng harus dilakukan secara cermat. Parameternya didekati menggunakan model Mohr-Coloumb yang melibatkan sifat kuat geser, yang terdiri dari kohesi dan sudut geser dalam. Properti ini didapat melalui uji kuat geser langsung (Direct Shear Test) [3]. Sudut geser dalam adalah karakteristik yang menggambarkan kemampuan suatu batuan untuk menahan geseran. Informasi kuat geser batuan diperlukan dalam perencanaan lereng dalam operasi tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Nilai sudut geser dalam dapat diperoleh melalui pengujian langsung pada sampel batuan di laboratorium [4]. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi faktor keamanan lereng dalam perencanaan penggunaan lahan di kawasan Gunung Merapi.

Dasar Teori

Lereng

Kemiringan atau kecuraman lereng adalah salah satu faktor pencetus terjadinya erosi dan longsor di daerah pegunungan. Risiko erosi dan longsor semakin meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat kemiringan. Semakin curam lereng, semakin besar pula potensi terjadi erosi karena volume air permukaan yang mengalir akan semakin tinggi. Selain tingkat kemiringan, panjang lereng juga memengaruhi tingkat longsor dan erosi. Lereng yang lebih panjang cenderung memiliki risiko erosi yang lebih besar [5]. Klasifikasi tingkat kemiringan lereng dapat ditemukan dalam tabel 1. Terdapat metode-metode perbaikan lereng yang bisa diterapkan, salah satunya adalah dengan memodifikasi geometri lereng, sebagaimana berikut:

1) Pelandaian kemiringan lereng

Penerapan metode perataan kemiringan lereng merupakan salah satu solusi yang ekonomis dan efektif. Meskipun, cara ini juga terkait dengan ketersediaan area yang cukup. Jika penumpukan tanah berlokasi di lereng yang memiliki kecuraman tajam, mungkin akan sulit untuk melaksanakannya. Prinsip utama yang perlu diperhatikan saat meratakan lereng adalah area yang akan direstorasi harus mencakup wilayah potensi longsor. Longsor yang tidak tertutup oleh material timbunan akan menyebabkan sebagian besar beban tambahan terletak di sebelah kiri garis vertikal yang melalui pusat titik longsor. Proses perataan lereng ini umumnya diterapkan pada lereng di tepi jalan [9].

2) Pembuatan jenjang/bangku *(benching).*

Peningkatan stabilitas tanah melalui metode penggalian membentuk jenjang atau bangku telah terbukti efektif dan efisien, terutama pada lereng yang curam dan sulit untuk dilakukan perataan. Struktur berbentuk jenjang ini memiliki kemampuan untuk mengurangi laju erosi tanah dan melambatkan aliran debris. Adapun langkah-langkah yang dapat diambil dalam mengatur stabilitas lereng adalah sebagai berikut:

a. Pengaturan Aliran (Drainage): Instalasi pipa-pipa horizontal pada lereng timbunan dapat membantu mengurangi tingkat muka air tanah dan mencegah kelebihan air pada lereng timbunan. Dengan cara ini, risiko jenuh air yang dapat mengurangi stabilitas lereng dapat dikurangi.
b. Penghijauan Lereng: Penanaman rumput atau semak pada permukaan lereng timbunan memiliki peran penting dalam mencegah erosi permukaan akibat aliran air. Vegetasi tersebut membantu menjaga integritas tanah serta menstabilkan permukaan lereng.
c. Pemasangan Dinding Penahan (Retaining Wall): Pemasangan dinding penahan di bagian bawah lereng timbunan (toe) memiliki tujuan untuk meningkatkan daya tahan lereng dengan meningkatkan faktor keamanannya. Dinding penahan ini membantu menahan gaya lateral dari tanah dan beban di atasnya, sehingga mampu mengurangi risiko longsor.

Tabel 2. Hasil Kohesi dan Sudut Geser Dalam pada Kode Sampel 1

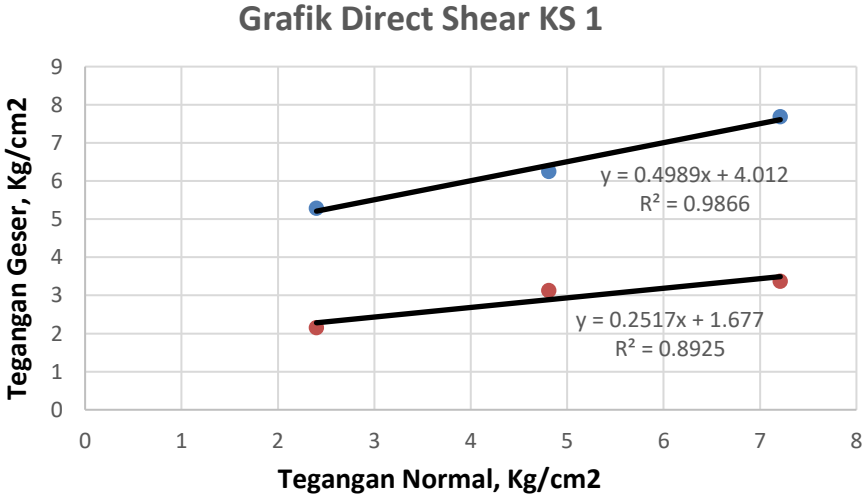
Kohesi (Kg/cm^2)		**Sudut geser dalam (^{0})**	
Puncak (Cp)	Residu (Cr)	Puncak (Cp)	Residu (Cr)
4,0076	1,6832	26,57	14,04
Konversi Kg/cm^2 ke MPa			
0,3930	0,1650	26,57	14,04

Dengan mengambil tindakan-tindakan tersebut, perbaikan stabilitas tanah melalui metode penggalian jenjang atau bangku tidak hanya dapat menjaga integritas lereng tetapi juga membantu mengurangi risiko longsor, erosi, dan pergerakan material yang dapat merusak lereng serta lingkungan sekitarnya.

Analisis Kestabilan Lereng

Analisis Stabilitas Lereng memiliki tujuan utama untuk menghitung faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu. Dengan menentukan faktor keamanan ini, proses perancangan atau penguatan lereng dapat lebih terarah, memastikan apakah lereng yang telah dibentuk memiliki risiko longsor atau sudah cukup stabil. Keuntungan yang diperoleh dari peningkatan tingkat prediksi potensi longsor memiliki dampak yang luas, termasuk:

1) Pemahaman Perkembangan Lereng: Analisis ini membantu dalam memahami evolusi dan bentuk alami dari lereng serta proses yang mengarah pada beragam bentuk topografi.
2) Penilaian Kestabilan: Analisis ini dapat menilai stabilitas lereng dalam jangka pendek, seperti selama proses konstruksi, dan dalam jangka panjang ketika mempertimbangkan berbagai kondisi.
3) Prediksi Longsor: Dengan analisis ini, potensi terjadinya longsor yang melibatkan lereng alami atau buatan dapat dinilai dan diprediksi.
4) Analisis Penyebab: Analisis ini membantu dalam menganalisis penyebab kelongsoran serta memahami faktor lingkungan yang mempengaruhi fenomena ini.
5) Redesain dan Pencegahan: Hasil analisis ini dapat digunakan untuk mendesain ulang lereng yang berpotensi gagal, serta perencanaan dan perancangan langkah-langkah pencegahan yang lebih efektif.
6) Efek Beban Gempa: Analisis ini juga mempertimbangkan dampak beban gempa pada lereng dan tanggul, memberikan wawasan tentang potensi risiko akibat gempa.



Gambar 1. Grafik hasil analisis data pada contoh batuan dengan ks 1

Tabel 3. Hasil Kohesi dan Sudut Geser Dalam pada Kode Sampel 2

Kohesi (Kg/cm^2)		**Sudut geser dalam (^{0})**	
Puncak (Cp)	Residu (Cr)	Puncak (Cp)	Residu (Cr)
5,4231	1,7354	30,96	14,04
Konversi Kg/cm^2 ke MPa			
0,5318	0,1701	30,96	14,04

Dengan melalui tahap analisis yang komprehensif ini, berbagai manfaat tersebut dapat diwujudkan, memberikan dasar yang lebih kokoh dalam merencanakan dan mengelola lereng yang berpotensi rawan bencana. [6].

2. Metodologi

Dalam penelitian ini tahapan atau metode yang digunakan meliputi pengambilan sampel batuan dilapangan dengan ukuran 5 x 5 cm sebanyak 4 sampel di lokasi yang berbeda untuk mengetahui parameter kuat geser yaitu kohesi dan sudut geser dalam dan uji sifat fisik batuan di laboratorium [5], [6], [9].

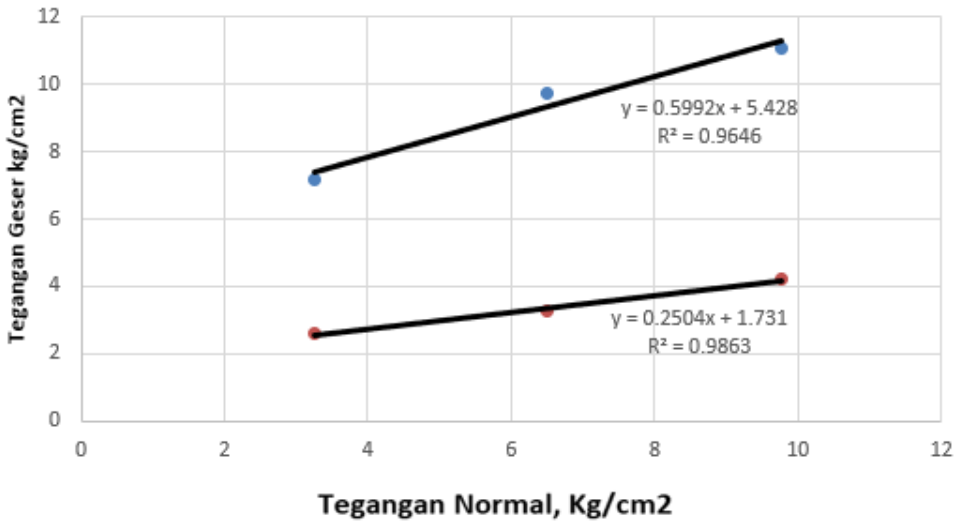
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil Uji Kuat Geser

Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 1827/K/30/MEM 2018, pengujian conto batuan dalam penyelidikan geoteknik meliputi analisis sifat fisik dan mekanik. Khususnya untuk analisis stabilitas lereng, parameter yang penting adalah sifat mekanik dan fisik batuan, seperti kuat geser, berat jenis, nisbah Poisson, dan modulus Young. Faktor eksternal yang juga harus diperhitungkan adalah gempa bumi [8].

Setelah melakukan uji kuat geser di Laboratorium Geomekanika Pengujian Teknik Batuan dan Desain Rekayasa (Asia Rock Test) di Yogyakarta, hasil pengujian menunjukkan besar kohesi, sudut geser dalam, dan sifat fisik batuan yang tercatat dalam Tabel 2.

Dengan mempertimbangkan data uji tersebut, dapat dianalisis nilai rata-rata tegangan normal dan kuat geser puncak serta residu. Hal ini menghasilkan grafik yang disajikan dalam Gambar 1. Hasil pengujian kuat geser menunjukkan nilai kohesi puncak dan residu untuk sampel kode 01 adalah 4.0076 kg/cm2 dan 1.6832 kg/cm2, yang setara dengan 0.3930 dan 0.1650 MPa. Sementara nilai kuat geser puncak dan residu pada sampel 1 masing-masing adalah 6.41 kg/cm2 dan 8.66 kg/cm2. Data uji kuat geser pada sampel kode 2 juga menghasilkan nilai kohesi dan sudut geser yang terdokumentasi dalam Tabel 3.



Gambar 2. Grafik direct shear hasil analisis data pada contoh batuan dengan ks 2

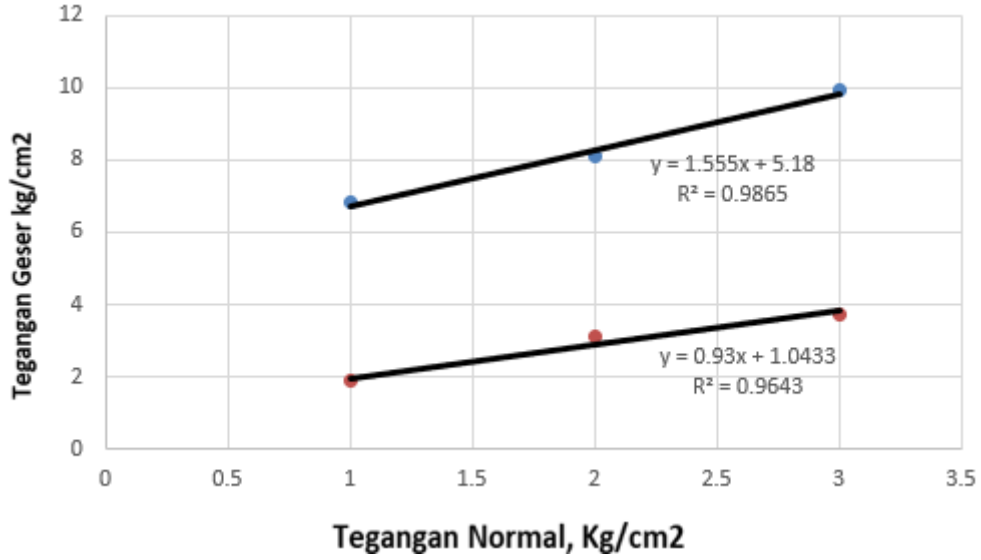
Tabel 4. Hasil Kohesi dan Sudut Geser Dalam pada Kode Sampel 3

Kohesi (Kg/cm^2)		**Sudut geser dalam (^{0})**	
Puncak (Cp)	Residu (Cr)	Puncak (Cp)	Residu (Cr)
5,1824	1,0365	26,57	16,70
Konversi Kg/cm^2 ke MPa			
0,5082	0,1016	26,57	16,70

Dengan mempertimbangkan data pengujian ini, maka dapat ditarik kesimpulan tentang rata-rata tegangan normal dan kuat geser puncak serta residunya, yang kemudian direpresentasikan dalam gambaran grafis berikut.

Dari hasil pengujian kuat geser yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa pada sampel dengan kode 2, nilai kohesi puncak adalah 5.4231 kg/cm² dan residu sebesar 1.7354 kg/cm², setara dengan 0.5318 MPa dan 0.1701 MPa. Sementara nilai kuat geser puncak dan residu pada sampel ini adalah 9.32 kg/cm² dan 3.36 kg/cm². Data uji kuat geser pada sampel kode 3 juga menghasilkan nilai kohesi dan sudut geser, yang tercatat dalam Tabel 4. Dari data pengujian ini, dapat disimpulkan nilai rata-rata tegangan normal dan kuat geser puncak serta residu yang menghasilkan representasi grafik dalam Gambar 3.

Demikian pula, hasil pengujian kuat geser pada sampel kode 3 menghasilkan nilai kohesi puncak sebesar 5.1824 kg/cm² dan residu sebesar 1.0365 kg/cm², yang setara dengan 0.5082 dan 0.1016 MPa. Adapun nilai kuat geser puncak dan residu pada sampel ini adalah 8.29 kg/cm² dan 2.90 kg/cm². Data uji kuat geser pada sampel kode 4 juga menghasilkan nilai kohesi dan sudut geser yang tercatat dalam Tabel 5. Berdasarkan hasil pengujian ini, rata-rata nilai tegangan normal dan kuat geser puncak serta residu dapat diolah menjadi grafik dalam Gambar 4.



Gambar 3. Grafik direct shear hasil analisis data pada contoh batuan dengan ks 3

Tabel 5. Hasil Kohesi dan Sudut Geser Dalam Pada Kode Sampel 4

Kohesi (Kg/cm²)		**Sudut geser dalam (⁰)**	
Puncak (Cp)	Residu (Cr)	Puncak (Cp)	Residu (Cr)
6,0116	1,762	26,57	14,04
Konversi Kg/cm² ke MPa			
0,5895	0,1727	26,57	14,04

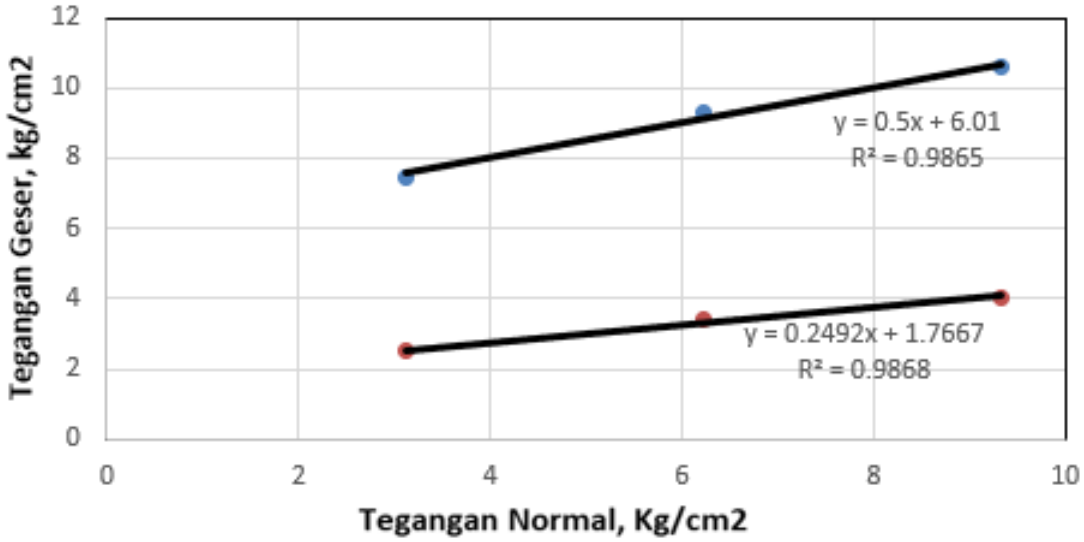
Melalui analisis hasil pengujian kuat geser yang telah dijabarkan di atas, dapat diidentifikasi bahwa pada sampel dengan kode 4, terdapat nilai kohesi puncak sebesar 6.0116 kg/cm² dan nilai residu sebesar 1.762 kg/cm², yang setara dengan 0.5895 MPa dan 0.1727 MPa. Sementara itu, nilai kuat geser puncak dan residu pada sampel ini mencapai 9.12 kg/cm² dan 3.31 kg/cm². Penting untuk dicatat bahwa besarnya nilai kuat geser batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk tegangan normal yang diberikan pada sampel, serta parameter kohesi dan sudut geser dalam yang melekat pada sifat batuan tersebut.

3.2 Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

Bobot isi adalah salah satu parameter penting hasil uji sifat fisik yang memiliki signifikansi dalam analisis stabilitas lereng. Data nilai bobot isi dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu bobot isi asli, bobot isi kering (dry density), dan bobot isi jenuh (saturated density) sebagaimana tertera dalam Tabel 6. Dari tabel tersebut, tampak rentang nilai bobot isi dalam satuan gr/cm³ berada dalam kisaran rata-rata 2,30 hingga 2,38 gr/cm³. Dalam konteks ini, Densities of Sedimentary Rock yang tersedia di situs Geophysics for Practicing Geoscientists mengindikasikan bahwa batuan yang memiliki nilai bobot isi dalam rentang 1,9 hingga 2,3 gr/cm³ termasuk dalam kategori tipe batuan pasir.

3.3 Analisis stabilitas lereng

Faktor keamanan (safety factor) merupakan perbandingan antara kekuatan geser (shear strength) yang bertindak untuk menahan potensi kelongsoran dengan tegangan geser (shear stress) yang bekerja untuk memicu kelongsoran karena gaya berat tanah. Nilai-nilai kestabilan suatu lereng dapat dijelaskan sebagai berikut: jika FK (Faktor Keamanan) > 1,25, maka massa tanah pada lereng dianggap stabil; jika FK < 1,25, maka massa tanah pada lereng dianggap tidak stabil; dan jika FK = 1,25, maka massa tanah pada lereng berada pada ambang batas kelongsoran [7].



Gambar 4. Grafik direct shear hasil analisis data pada contoh batuan dengan ks 4

Tabel 6. Bobot isi Batuan

No	Uji Sifat Fisik (gr/cm3)	Kode Sampel 1	2	3	4	Rata-rata (gr/cm^3)
1	Bobot Isi Asli	2,56	2,54	2,28	2,16	2,38
2	Bobot Isi Kering	2,46	2,48	2,31	1,98	2,30
3	Bobot Isi Jenuh	2,57	2,55	2,18	2,20	2,37

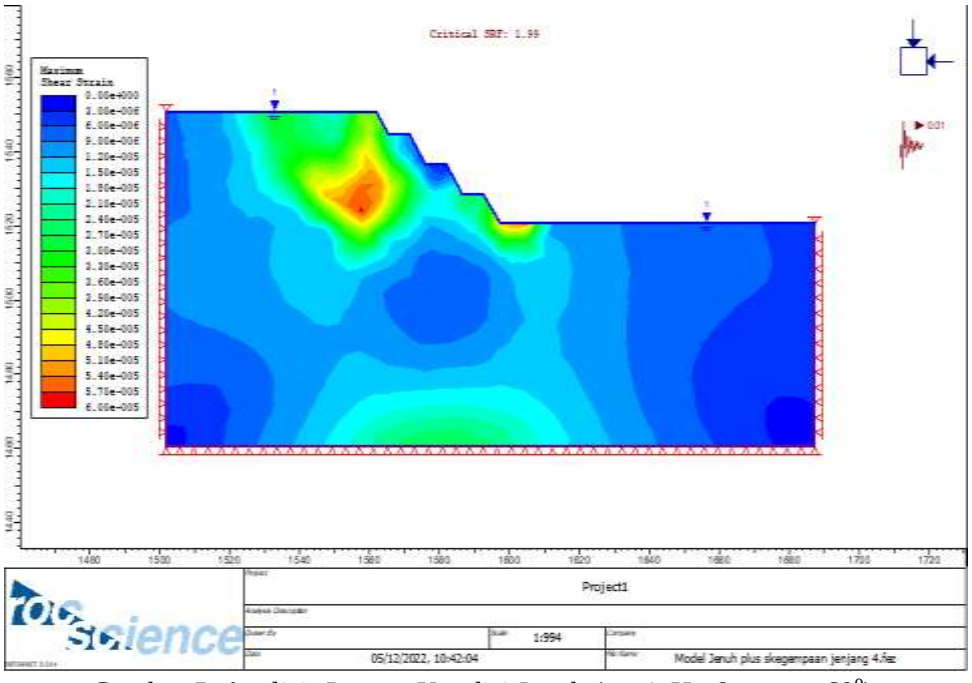
Tujuan dari analisis kemantapan lereng adalah untuk mengukur faktor keamanan dari suatu lereng. Hasil dari analisis simulasi lereng yang menunjukkan keamanan kemudian dapat dijadikan sebagai rekomendasi bagi perusahaan terkait. Simulasi dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak Phase 2 dan melibatkan pemodelan berbagai lereng yang memiliki variasi tinggi dan sudut yang tetap. Selain itu, pemodelan ini mempertimbangkan kondisi lereng dalam keadaan basah dan kering. Adapun jenis pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis jenjang. Pemodelan ini meliputi empat jenjang di bagian Timur Laut dari wilayah penambangan dan tiga jenjang di bagian Barat Daya dari wilayah penambangan.

a. Analisis Lereng Pada Kondisi Jenuh

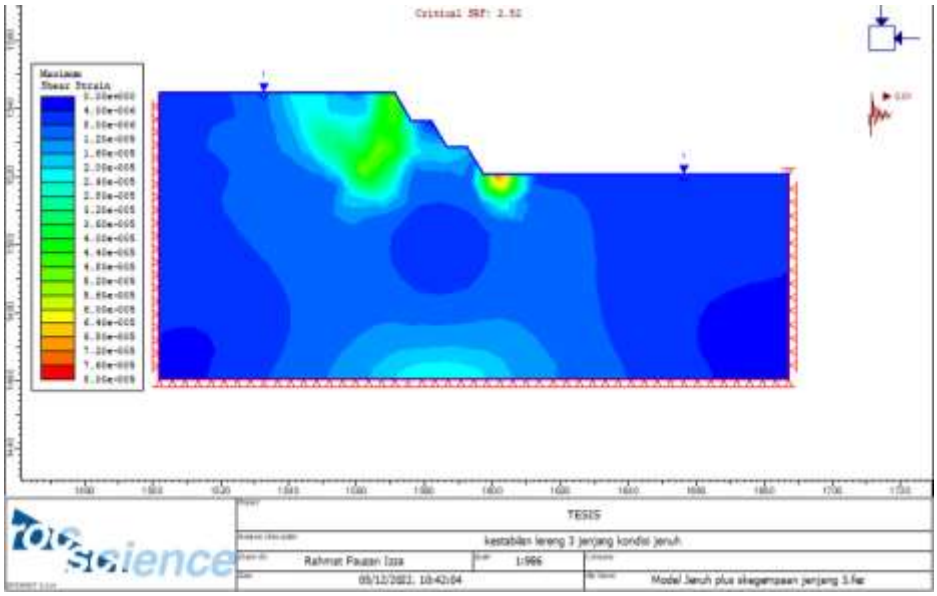
Setelah melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Phase 2 dengan menggunakan parameter yang telah dicantumkan dalam Tabel 4.6, hasil analisis faktor keamanan lereng dalam kondisi jenuh pada jenjang 4 menunjukkan nilai sebesar 1.99, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 5. Selanjutnya, pada jenjang 3, nilai faktor keamanan mencapai 2.52 seperti yang tercatat dalam Tabel 7. Dengan merujuk pada hasil analisis stabilitas lereng tersebut, dapat disimpulkan bahwa dalam kondisi jenuh dengan jumlah jenjang 4, tinggi 8 meter, dan sudut kemiringan jenjang sebesar 60 derajat, faktor keamanannya adalah 1.99. Dari hasil ini dapat dinyatakan bahwa kondisi lereng tersebut dianggap aman.

Tabel 7. Analisis Lereng Pada Kondisi Jenuh

Saturated density (MN/m^3)	Modulus young (Mpa)	Poisson Ratio (v)	Peak c (Kpa)	Residu c (Kpa)	Peak ϕ (Derajat)	Residu ϕ (Derajat)
0.024	15000	0,09	0,5	0,15	27,66	14,7



Gambar 5. Analisis Lereng Kondisi Jenuh (n =4, H= 8 m, α = 60^0).



Gambar 6. Analisis Lereng Kondisi Jenuh (n =3, H= 8 m, $\alpha = 60^0$)

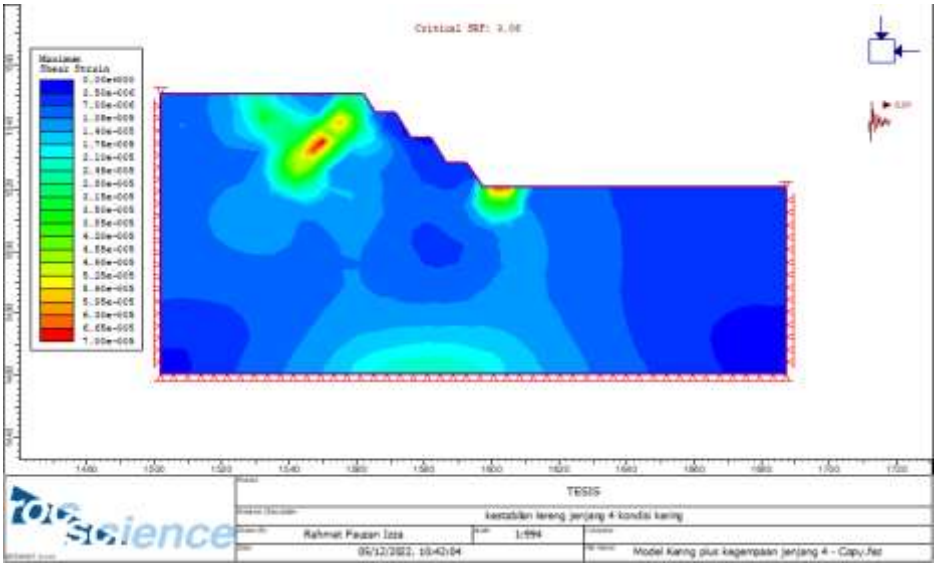
Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng diatas stabilitas lereng pada kondisi jenuh dengan jumlah jenjang 3, tinggi 8 meter, dan sudut jenjang sebesar 60^o mempunyai faktor keamanan 2,52. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa lereng berada dalam kondisi aman.

b. Analisis Lereng Pada Kondisi Kering

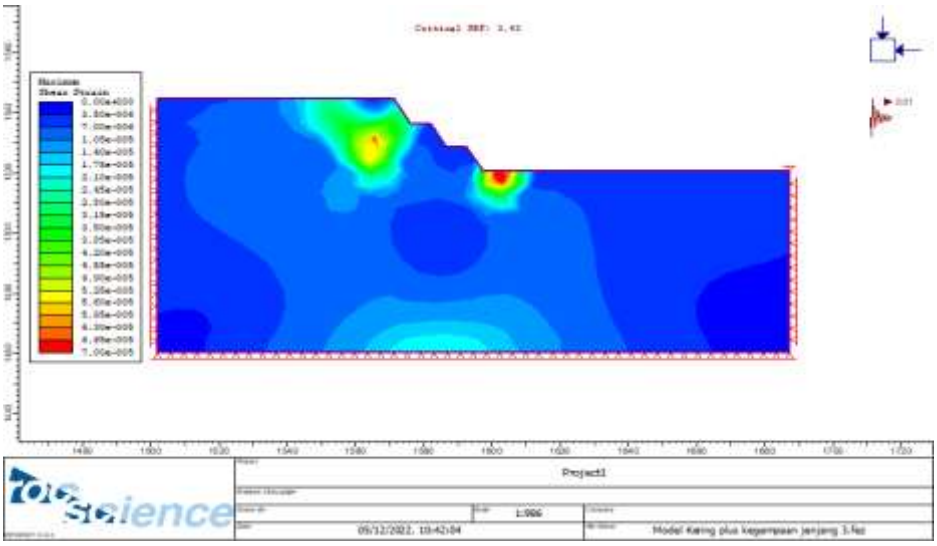
Setelah melakukan simulasi di *Software Phase 2* dengan menggunakan parameter seperti pada Tabel 4.7 diperoleh hasil analisis factor keamanan lereng dalam kondisi kering pada jenjang 4 sebesar 2,06 seperti pada Gambar 7 dan pada jenjang 3 sebesar 3,43 tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Lereng Pada Kondisi Kering

Saturated density **(MN/m^3)**	**Modulus young (Mpa)**	**Poisson Ratio (v)**	**Peak c (Kpa)**	**Residu c (Kpa)**	**Peak ϕ (Derajat)**	**Residue ϕ (Derajat)**
0,022	15000	0,09	0,5	0,15	27,66	14,7



Gambar 7. Analisis Lereng Kondisi Kering (n =4, H= 8 m, $\alpha = 60^0$)



Gambar 8. Analisis Lereng Kondisi Kering (n =3, H= 8 m, α = 60^0)

Hasil analisis stabilitas lereng diatas dapat diketahui bahwa pada kondisi kering dengan jumlah jenjang 4, tinggi 8 meter, dan sudut jenjang sebesar 60^o mempunyai faktor keamanan 2,06. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa lereng berada dalam kondisi aman. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi kering dengan jumlah jenjang 3, tinggi 8 meter, dan sudut jenjang sebesar 60^o mempunyai faktor keamanan 3,43. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa lereng berada dalam kondisi aman.

Dalam konteks perencanaan penatagunaan lahan reklamasi di daerah rawan bencana seperti Gunung Merapi, aspek analisis stabilitas lereng dan mitigasi risiko sangat penting. Artikel Pradani et al. [13] yang menganalisis kekasaran permukaan batuan erupsi Gunung Semeru dapat memberikan pemahaman tentang analisis stabilitas lereng di lingkungan gunung berapi. Selanjutnya, penelitian oleh [14], [12] yang menganalisis daerah rawan longsor di Tampahan, Toba Samosir, memberikan panduan dalam mengidentifikasi area-area yang potensial mengalami longsor dan memberi wawasan dalam merencanakan penanganan di daerah rawan bencana. Artikel [15] yang membahas analisis stabilitas geoteknik pada quay wall di pelabuhan dapat memberikan konsep yang relevan dalam memastikan stabilitas struktur di daerah rawan bencana. Di samping itu, penelitian Berhitu et al. [11] yang menggunakan teknologi pemodelan 3D dalam perencanaan penambangan bisa menjadi inspirasi dalam mengaplikasikan metode serupa dalam menganalisis geometri dan kestabilan lereng di Gunung Merapi. Dengan mengintegrasikan konsep-konsep ini, perencanaan penatagunaan lahan reklamasi di daerah rawan bencana Gunung Merapi dapat lebih kokoh dan berkelanjutan dalam menghadapi potensi risiko geologis.

Melalui hasil simulasi pada kondisi jenuh dengan parameter (n=4, H=8m, α=60°), diperoleh faktor keamanan sebesar 1,99. Dari nilai ini, dapat disimpulkan bahwa lereng berada dalam kondisi yang aman. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi jenuh dengan parameter (n=3, H=8m, α=60°) menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,52. Kedua nilai ini menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi jenuh tetap berada dalam kondisi yang aman. Parameter yang diambil dari hasil uji laboratorium, seperti nilai bobot isi, kohesi, dan sudut geser dalam, memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai faktor keamanan pada kondisi jenuh. Semakin tinggi nilai-nilai ini, maka nilai faktor keamanan akan semakin kecil. Analisis kestabilan lereng pada kondisi jenuh juga mengindikasikan bahwa faktor keamanan cenderung lebih rendah dibandingkan kondisi kering. Hal ini dapat dijelaskan oleh efek peningkatan derajat kejenuhan yang menyebabkan bertambahnya massa batuan. Kenaikan massa batuan ini pada akhirnya dapat mengurangi kuat geser batuan, mengakibatkan potensi pergerakan pada batuan, dan berdampak pada penurunan faktor keamanan lereng.

Sementara itu, hasil simulasi pada kondisi kering dengan parameter (n=4, H=8m, α=60°) menunjukkan faktor keamanan sebesar 2,06, dan hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi kering dengan parameter (n=3, H=8m, α=60°) menghasilkan faktor keamanan sebesar 3,43. Kedua nilai ini menunjukkan bahwa

lereng dalam kondisi kering juga tetap aman. Faktor-faktor seperti bobot isi, kohesi, dan sudut geser dalam juga memiliki pengaruh pada stabilitas lereng dalam kondisi kering. Semakin tinggi nilai-nilai ini, maka faktor keamanan lereng akan semakin rendah. Selain itu, sudut jenjang dan tinggi jenjang juga mempengaruhi faktor keamanan lereng. Dalam penelitian ini, hasil analisis stabilitas lereng dengan sudut jenjang 60° dan tinggi jenjang 8 meter menunjukkan kondisi yang aman. Ini menggambarkan bahwa semakin besar sudut kemiringan dan tinggi jenjang, maka nilai faktor keamanan cenderung menurun. Sebaliknya, semakin rendah sudut kemiringan dan tinggi jenjang, maka faktor keamanan lereng akan semakin tinggi.

4. Kesimpulan

Hasil simulasi pada kondisi jenuh dengan parameter (n=4, H=8m, α=60°) menunjukkan faktor keamanan sebesar 1,99. Dari nilai ini, dapat disimpulkan bahwa lereng berada dalam kondisi yang aman. Begitu pula, hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi jenuh dengan parameter (n=3, H=8m, α=60°) menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,52, yang juga menunjukkan bahwa lereng tetap dalam kondisi yang aman. Selanjutnya, hasil simulasi pada kondisi kering dengan parameter (n=4, H=8m, α=60°) menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,06. Dari nilai ini juga dapat disimpulkan bahwa lereng dalam kondisi yang aman. Selanjutnya, hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi kering dengan parameter (n=3, H=8m, α=60°) mendapatkan faktor keamanan sebesar 3,43, yang sekali lagi menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi yang aman.

Ucapan terima kasih

Terimakasih kepada PT. Hasta Mulya Energi yang telah memberikan kesempatannya kepada peneliti dalam pengambilan data dan Dayang Probo Pamungkas yang telah membantu dalam pengambilan data dan pengolahan penelitian ini.

Daftar Pustaka

[1] Syaifulloh, K. A. “Dampak Kerusakan Lingkungan Akibat Penambangan Pasir Merapi di Klaten. Jurnal Penegakan Hukum dan Keadilan. Yogyakarta: Magister Hukum”., 2021. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

[2] Husein, M. O. L. “Rencana Reklamasi Lahan Bekas Tambang Nikel Front 1 Blok Utara PT. Ifishdeco Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara”., 2022. Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

[3] Madora, Y., Asof, M., Mukiat. “Analisis Kemantapan Lereng Berdasarkan Hasil Uji Kuat Geser Dengan Metode Direct Shear Test Di Pit Muara Tiga Besar Utara Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk”., 2016. Jurnal Pertambangan. https://doi.org/10.36706/jp.v1i1.3816.

[4] Kartini. “Penentuan Sudut Geser Dalam Dasar Pada Batuan Terkekarkan”., 2017. Jurnal GEOSAPTA. http://dx.doi.org/10.20527/jg.v3i2.3908.

[5] Arsyad, S. “Konservasi Tanah dan Air. Bogor”. 1989., Institut Pertanian Bogor.

[6] Rajagukguk, P., Turangan, A., Monintja, S. “Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000 m”. 2014., Jurnal Sipil Statik. Vol.2, No.3, PP 139-147.

[7] Hardiyatmo, H. C. “Mekanika Tanah I, Edisi keempat”. 2006., Gadjah Mada University Press

[8] Pemerintah Indonesia. 2018. Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik.

[9] A. . Jalil, R. . Gunawan, E. . Wicaksono, and W. S. . Bargawa, “Identification of Safe Distance Against Disposal Slope: Identifikasi Jarak Aman Terhadap Lereng Disposal”, Jurusan Teknik Pertambangan Program Studi S1 Teknik Pertambangan Universitas Papua, vol. 6, no. 1, pp. 12–18, May 2023.

[10] R. H. K. Putri, "Coal Pillar Strength Formula in Indonesian Coal Mines," Journal of Earth and Marine Technology (JEMT), vol. 1, no. 1, pp. 20-24, 2020.

[11] T. Berhitu, F. Yazid, dan Y. D. G. Cahyono, "Mining Design and Short-Term Production Scheduling by Using 3D Modeler in Coal Mining at PT. Internasional Prima Coal, Palaran District, Samarinda City, East Kalimantan Province," Journal of Earth and Marine Technology (JEMT), vol. 2, no. 2, pp. 127-137, 2022.

[12] J. Warner, F. R. Widiatmoko, and T. P. Wang, "Cumulative Environmental Impact of Humans' (Agro-Business) Activities," Journal of Earth and Marine Technology (JEMT), vol. 2, no. 2, pp. 79-86, 2022.
[13] D. I. Pradani, H. D. Sutoyo, dan A. Suhardono, "Analyzing the Roughness of the Discontinuous Surface in Mt. Semeru Eruption Rock," Journal of Earth and Marine Technology (JEMT), vol. 3, no. 2, pp. 48-58, 2023.
[14] W. L. Turnip dan S. N. Jati, "Analysis of Landslide Prone Areas in Tampahan, Toba Samosir Regency, North Sumatra Province," Journal of Earth and Marine Technology (JEMT), vol. 1, no. 1, pp. 25-30, 2020.
[15] M. A. Boujmaa and H. Khelalfa, "Geotechnical Stability Analysis of the Quay Wall of Military Port Ksar Sghir, Morocco," Journal of Earth and Marine Technology (JEMT), vol. 2, no. 2, pp. 73-78, 2022.