

Analisis Kestabilan Lereng pada Tambang Andesit di PT Gunung Kulalet Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Robiansah, Yuliadi *, Zaenal

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

robiansah301@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, zaenal.m66@unisba.ac.id

Abstract. PT Gunung Kulalet is a company engaged in rock mining, specializing in andesite. Mining operations are carried out using the Open Pit method, specifically a Side Hill Quarry. Slope stability is a critical factor to consider in open-pit mining. The slopes at the research site have steep heights and angles. Therefore, an evaluation of the actual slope conditions is needed to determine the optimal slope recommendations. The analysis was conducted using stereographic projection, limit equilibrium methods, and tests of the physical and mechanical properties of the rock. The results were evaluated using ISRM parameters with a slope safety factor of greater than 1.3, in accordance with the standards of the Minister of Energy and Mineral Resources Regulation No. 1827/K/30/MEM/2018. Potential landslides at scanlines 1 and 2 of the study site were identified as wedge failures. The safety factor values under dynamic conditions for the actual slopes at SC1 were 1.89 and SC2 were 2.05. The slopes at the research site were classified as safe and stable. The recommended optimal slope geometry uses only one bench, with a height at SC1 and SC2 of 14 m. The slopes have different angles: SC1 has an angle of 85° and SC2 has an angle of 80°. The safety factor values are 1.3 for SC1 and 1.33 for SC2.

Keywords: *Slope Geometry, Scanline, Safety Factor, Slope, Sliding.*

Abstrak. PT Gunung Kulalet merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batuan dengan komoditas andesit. Kegiatan penambangan dilakukan dengan menggunakan Metode Tambang Terbuka (*Surface Mining*) dengan tipe *Side Hill Quarry*. Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam kegiatan penambangan dengan Metode Tambang Terbuka, yaitu tingkat kestabilan lereng. Kondisi lereng pada lokasi penelitian memiliki ketinggian dan kemiringan yang curam. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kondisi lereng aktual untuk mendapatkan rekomendasi lereng yang optimal. Analisis dilakukan menggunakan metode proyeksi stereografi, kesetimbangan batas, pengujian sifat fisik dan sifat mekanik batuan. Hasil kajian di evaluasi menggunakan parameter ISRM dengan ketentuan faktor keamanan lereng sebesar lebih dari 1,3 sesuai dengan standar Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018. potensi longsor pada lokasi penelitian Scanline 1 dan 2 yaitu longsoran baji. Nilai faktor keamanan pada keadaan dinamis untuk lereng aktual pada SC1 sebesar 1,89 dan SC2 sebesar 2,05. Lereng di lokasi penelitian termasuk ke dalam lereng yang aman dan stabil. Geometri lereng optimal yang direkomendasikan hanya menggunakan satu jenjang dengan ketinggian pada SC1 dan SC2 memiliki ketinggian 14 m dengan kemiringan yang berbeda pada SC1 memiliki kemiringan sebesar 85° pada SC2 memiliki kemiringan sebesar 80° dengan nilai faktor keamanan pada SC1 1,3 dan SC2 1,33.

Kata Kunci: *Geometri Lereng, Scanline, Faktor Keamanan, Lereng, Longsoran.*

A. Pendahuluan

PT Gunung Kulalet merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan batuan dengan komoditas andesit. Dalam melaksanakan kegiatan penambangan dilakukan dengan menggunakan Metode Tambang Terbuka (Surface Mining). Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam kegiatan penambangan dengan Metode Tambang Terbuka, yaitu tingkat kestabilan lereng.

Tingkat kestabilan lereng khususnya dalam bidang pertambangan merupakan suatu parameter dari analisis kestabilan lereng. Kurangnya perhatian terhadap kestabilan lereng akan menjadi penyebab dari kurangnya analisis geoteknik lebih lanjut. Analisis geoteknik diperlukan untuk menentukan bagaimana tingkat kestabilan suatu lereng. Lereng dengan kondisi yang stabil dan aman dapat diindikasikan melalui peluang gerakan tanah yang dapat terjadi di suatu daerah baik yang disebabkan oleh aktivitas manusia maupun alam.

Berangkat dari latar belakang di atas dan setelah dilakukanya pengamatan di lapangan secara langsung, didapati kondisi lereng di lokasi penelitian memiliki ketinggian yang cukup tinggi dengan kemiringan yang curam, maka perlu dilakukanya penelitian terkait kestabilan lereng untuk mendapatkan faktor keamanan yang sesuai dengan standar Kepmen ESDM No 1827 K/20/MEM/2018 untuk menunjang kegiatan penambangan yang aman dan tidak menimbulkan kerugian ke depannya.

Sesuai dengan latar belakang yang telah disampaikan diatas, maka untuk tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi geometri lereng pada lokasi penelitian.
2. Mengetahui kondisi massa batuan dan karakteristik massa batuan pada lokasi penelitian.
3. Mengetahui tingkat kestabilan lereng berdasarkan analisis kesetimbangan batas dengan memperhatikan faktor kegempaan atau getaran peledakan.

B. Metode

1. Teknik pengambilan data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh melalui hasil pengamatan yang dilakukan secara langsung dan menggunakan data sekunder dari beberapa literatur serta penelitian terdahulu. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder, sebagai berikut:

- a. Data primer yang diambil, yaitu Struktur Batuan, Geometri Lereng, Sampel Batuan dan Pemetaan Drone,
- b. Data sekunder yang diambil, yaitu IUP lokasi penelitian, data curah hujan, data faktor kegempaan dan peta geologi regional.

2. Teknik pengolahan data

Teknik pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini dengan perhitungan dari data primer dan data sekunder yang sudah didapatkan. Data tersebut akan di korelasikan dengan geometri lereng aktual dengan mengacu kepada standar aturan tentang batas aman kestabilan lereng yang tertuang pada Kepmen ESDM Nomor 1827 K/20/MEM/2018.

3. Teknik analisis data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini dengan cara komparatif yaitu dengan cara membandingkan antara data geometri lereng aktual dan rekomendasi, pola struktur geologi (kekar), Faktor Keamanan yang dihasilkan dari geometri lereng aktual dan geometri rekomendasi.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Geometri Jalan Angkut

Lereng pada lokasi penelitian disusun oleh tanah dan batuan. Hal ini berkontribusi pada perubahan bentuk geometri lereng dari yang semula stabil menjadi tidak stabil, terutama pada lereng yang lebih curam. Pengukuran geometri lereng dilakukan dengan metode Scanline

1. Geometri Lereng

Hasil pengukuran geometri lereng menunjukkan pada SC1 memiliki arah kemiringan lereng 131 N⁰E dan SC2 memiliki arah kemiringan lereng 91 N⁰ yang akan di jadikan sebagai acuan dalam membuat penampang untuk mendapatkan model lereng aktual secara 2D. Selain itu, data geometri lereng aktual dapat digunakan untuk mengidentifikasi zona-zona kritis yang berpotensi mengalami longsoran dan merancang tindakan mitigasi yang tepat.

Tabel 1. Geometri Lereng Aktual

Pengukuran Geometri Lereng Aktual						
Scanline (SC)	Arah (N ⁰ E)	Kemiringan Lereng	Kemiringan Lereng (°)	Ketinggian (m)	Lereng	
SC1		131	74	9,57		
SC2		91	82	14,6		

Sumber: Data Pengolahan Penelitian, 2024

2. Pemetaan Bidang Diskontinu

pemetaan bidang diskontinu dilakukan melalui pengukuran kekar dengan menggunakan Metode Scanline. pengukuran juga dilakukan dengan mengamati kondisi kekar sehingga data yang dapat dihasilkan dari pemetaan ini meliputi *strength index*, *RQD*, *joint spacing*, *joint conditions*, dan juga orientasi bidang diskontinuitasnya. Pemetaan bidang diskontinu dengan metode ini dilakukan dengan membentangkan scanline sepanjang lereng pengamatan. Pengamatan bidang diskontinu atau pemetaan geoteknik dilakukan pada 2 (dua) lereng penelitian dengan panjang Scanline (SC) 1 dan 2 secara berturut-turut 52 meter dan 47 meter. Pemetaan geoteknik dilakukan dengan menggunakan kompas geologi dan meteran.

Setelah melakukan pemetaan bidang diskontinu didapatkan nilai Rock Mass Rating (RMR) pada SC1 sebesar 76 dan SC2 sebesar 82 dimana nilai ini mengindikasikan kualitas massa batuan pada titik pengukuran tergolong baik (Class Number = II). Artinya, batuan di lokasi SC1 dan SC2 cukup kuat dan stabil, namun tetap perlu diperhatikan keberadaan kekar yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng. Walaupun nilai RMR menunjukkan bahwa batuan di lokasi tersebut memiliki potensi untuk menahan beban dan gaya yang bekerja padanya. Namun, masih perlu dipertimbangkan faktor-faktor lain seperti geometri lereng, kondisi air tanah, dan beban eksternal juga perlu dipertimbangkan.

3. Proyeksi Stereografis

Arah tegasan gaya pada diagram ini berguna untuk menentukan aman tidaknya suatu daerah dengan struktur geologi kekar itu berada. hasil pada SC1 dan SC2 berturut-turut terdapat joint set 1 pada arah 34⁰ dan 325⁰ serta joint set 2 318⁰ dan 55⁰ dari kedua data tersebut baik SC1 dan SC2 memiliki joint set yang saling berlawanan yang membentuk arah tegasan sesuai dengan kriteria terjadinya longsoran Baji.

Tabel 4. Arah Tegasan Diagram *Rosette*

Scanline (SC)	Strike	Dip	Label
SC1	34 ⁰	59 ⁰	Joint Set 1
	318 ⁰	60 ⁰	Joint Set 2
	131 ⁰	74 ⁰	Lereng
	325 ⁰	64 ⁰	Joint Set 1
SC2	55 ⁰	64 ⁰	Joint Set 2
	91 ⁰	82 ⁰	Lereng

4. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Nilai hasil sampel yang telah ditimbang dari berbagai kondisi ini akan diolah untuk mendapatkan data sifat fisik lainnya, seperti *natural density*, *saturated density*, *void ratio*, atau *porosity*.

Tabel 5. Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

No	Parameter	Sampel A	Sampel B	Sampel C
1	<i>Natural Density</i> (gr/cm ³), $\rho_n = W_n / (W_w - W_s)$	2,71	2,63	2,57
2	<i>Saturated Density</i> (gr/cm ³), $\rho_s = W_w / (W_w - W_s)$	2,72	2,63	2,59
3	<i>Dry Density</i> (gr/cm ³), $\rho_d = W_o / (W_w - W_s)$	2,70	2,56	2,51
4	<i>Porosity (%)</i> , $n = ((W_w - W_o) / (W_w - W_s)) \times 100 \%$	1,88	6,97	5,70
5	<i>Void Ratio</i> , $e = n / (1 - n)$	0,02	0,07	0,06

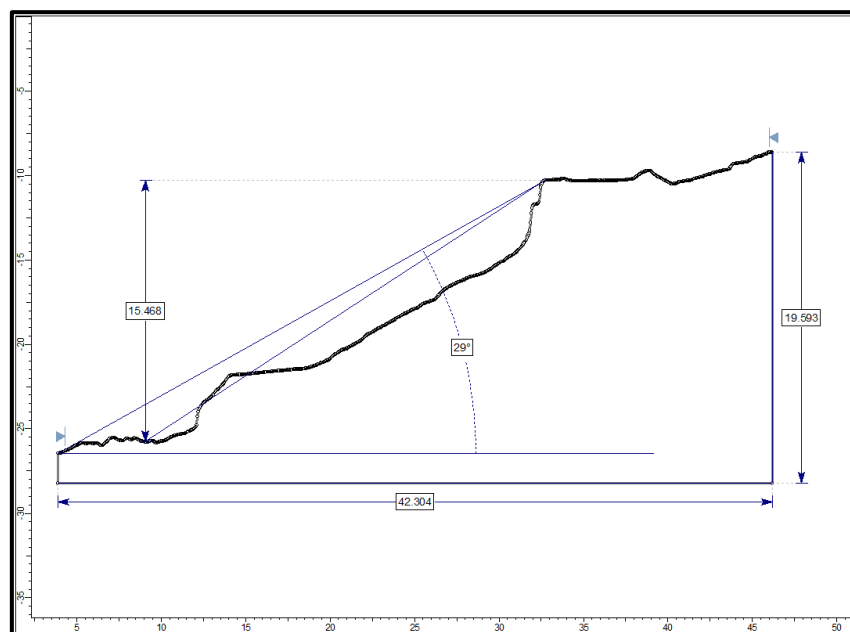
Pengujian sifat mekanik yang dilakukan terbagi menjadi dua yakni uji kuat tekan uniaksial dan uji kuat geser. Nilai kohesi didapatkan dari hasil pengukuran pada grafik *shear strength* dimana nilai kohesi pada sampel lereng SC1 dan SC2 secara berturut – turut yakni 0,28 MPa dan 0,27 MPa. Nilai sudut gesek dalam yang diperoleh dari sampel pada lereng SC1 dan SC2 yakni sebesar 35,01⁰ dan 37,97⁰.

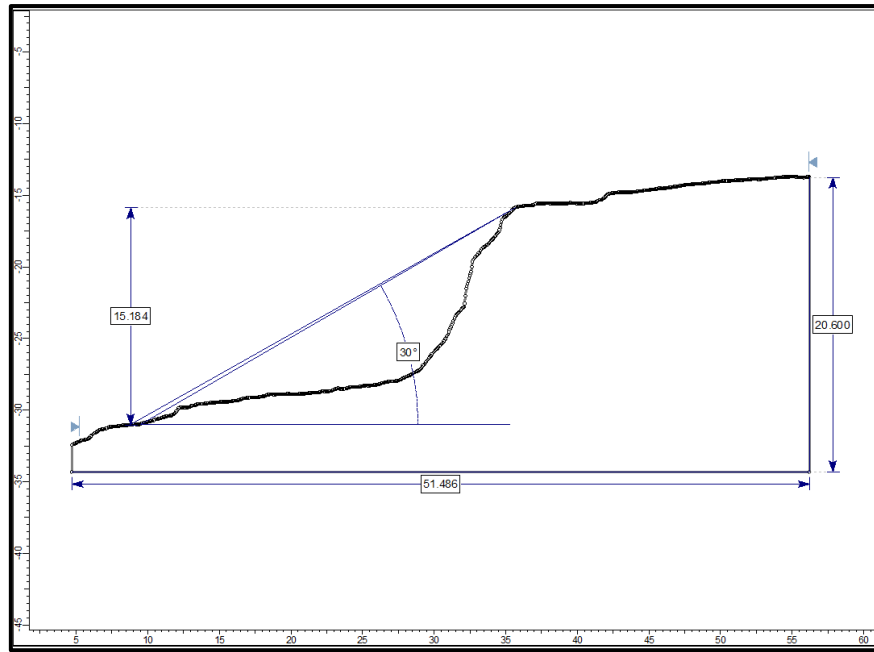
Tabel 6. Hasil Uji Sifat Mekanik Batuan

Sampel A	Kohesi	0,28 MPa
	Sudut Gesek Dalam	35,01 ⁰
Sampel B	Kohesi	0,27 MPa
	Sudut Gesek Dalam	37,97 ⁰
Sampel C	Kohesi	0,30 MPa
	Sudut Gesek Dalam	36,89 ⁰

5. Analisis Kestabilan Lereng Aktual

Ketinggian lereng masing-masing didapatkan sebesar 15,46 pada SC1 dan 15,18 pada SC2 dengan kemiringan masing-masing sebesar 29⁰ dan 30⁰. Panjang lereng secara horizontal memiliki panjang 42-meter untuk SC1 dan 51 meter untuk SC2.

**Gambar 1.** Model Lereng Aktual SC1



Gambar 2. Model Lereng Aktual SC2

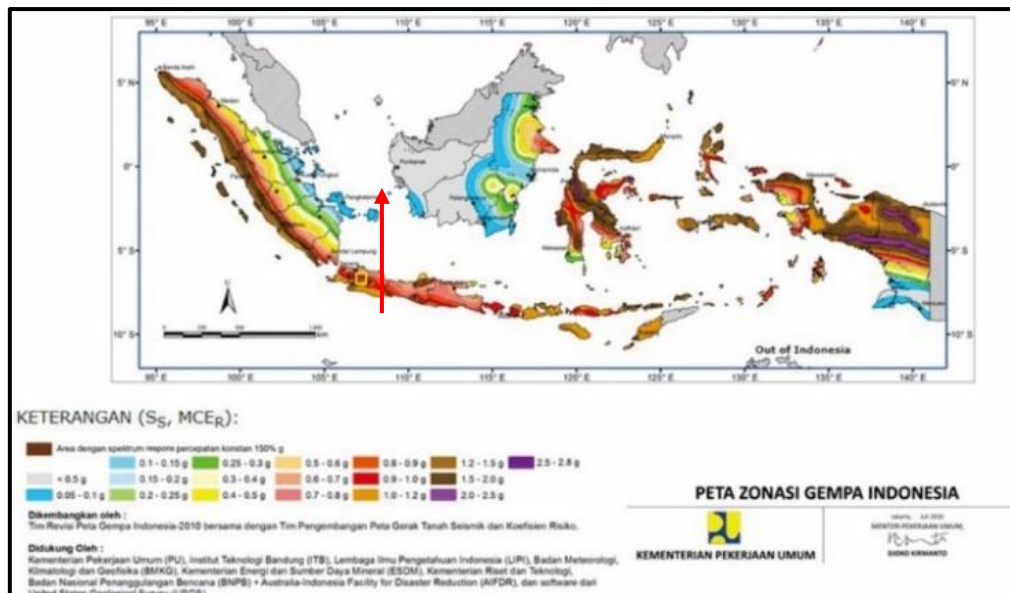
Hasil Analisis kestabilan lereng aktual menunjukkan kondisi lereng dalam kondisi statis memiliki Faktor Keamanan pada SC1 dan SC2 masing masing sebesar 5,96 dan 5,06 sedangkan dalam keadaan dinamis memiliki nilai FK sebesar 1,89 dan 2,05 sehingga hasil analisis lereng aktual menunjukkan bahwa dalam keadaan statis dan dinamis, faktor keamanan yang dihasilkan ini termasuk ke dalam kategori aman.

Tabel 7. Rekapitulasi Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Aktual

Lereng	Kondisi Statis		
	Tinggi	Kemiringan	Faktor Keamanan (FK)
SC1	15,41	29°	5,96
SC2	15,1	30°	5,06
Lereng	Kondisi Dinamis		
	Tinggi	Kemiringan	Faktor Keamanan (FK)
SC1	15,41	S29	1,89
SC2	15,1	S30	2,05

6. Beban Dinamik

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu daerah dengan potensi getaran dinamik yang besar yang disebabkan oleh gempa. Berdasarkan peta zonasi kegempaan Indonesia pada SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, lokasi penelitian berada pada wilayah yang memiliki percepatan puncak di batuan dasar (PGA) sebesar 0,9 – 1,0 g.



Gambar 3. Faktor Kegempaan Daerah Penelitian

7. Rekomendasi Geometri Lereng

Hasil analisis menggunakan metode kesetimbangan batas menunjukkan bahwa lereng keseluruhan di lokasi penelitian tergolong ke dalam lereng yang aman dan stabil. Oleh karena itu, geometri lereng akan direkomendasikan dengan membuat beberapa geometri lereng yang memiliki ketinggian yang sama dengan kemiringan berbeda. Setelah dilakukan beberapa percobaan dengan merubah kemiringan pada geometri lereng didapatkan lereng paling optimal.

Tabel 8. Rekomendasi Geometri Lereng

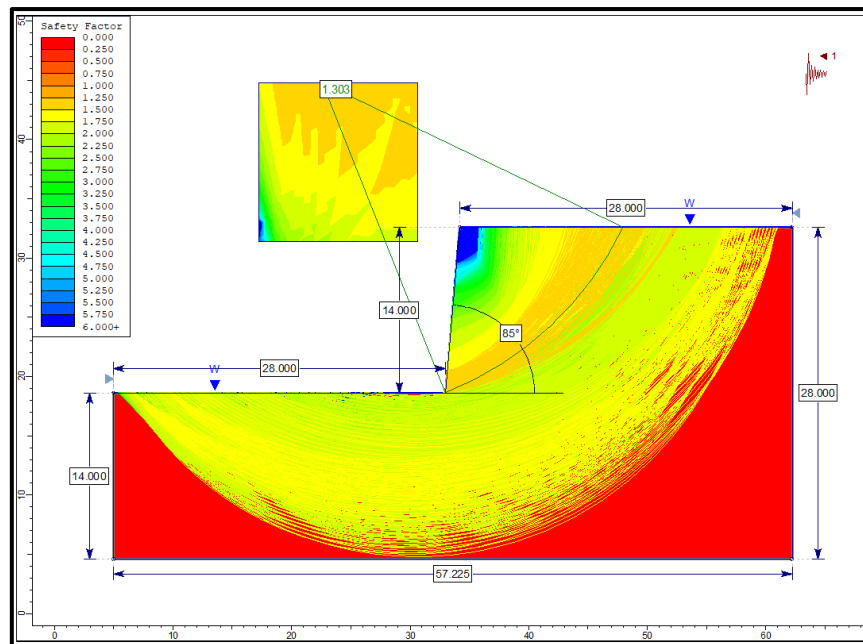
Scanline	Tinggi (m)	Geometri	Faktor Keamanan (FK)	
		Kemiringan ($^{\circ}$)	Kondisi Dinamis	Kondisi Statis
SC1	14	70	1,42	3,79
		75	1,39	3,41
		80	1,35	3,25
		85	1,3	2,86
		70	1,41	3,78
SC2	14	75	1,38	3,39
		80	1,33	3,22
		85	1,27	2,81

Pada SC1 dianalisis dalam keadaan statis didapatkan nilai FK sebesar 2,86.



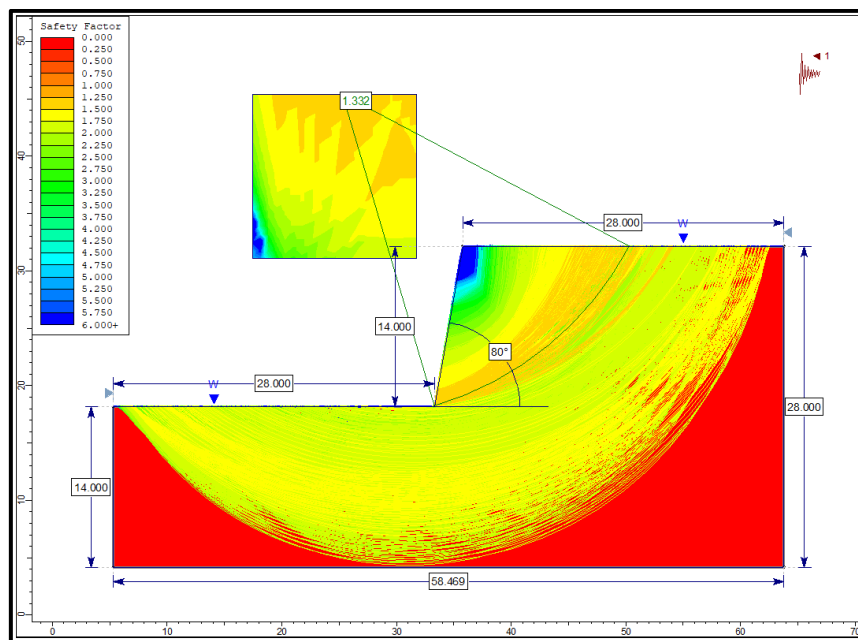
Gambar 5. Rekomendasi Geometri Lereng Tunggal SC2 (Statis)

ISSN: 2828-2140



Gambar 6. Rekomendasi Geometri Lereng Tunggal SC1 (Dinamis)

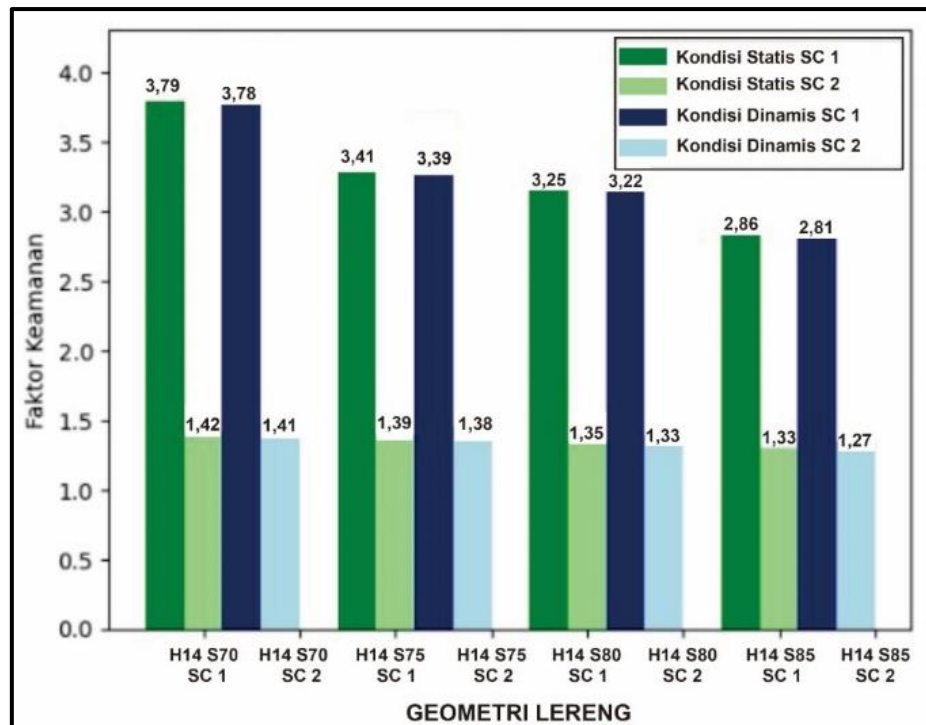
Pada SC2 dianalisis dalam keadaan dinamis didapatkan nilai FK sebesar 1,33.



Gambar 7. Rekomendasi Geometri Lereng Tunggal SC2 (Dinamis)

Analisis Kestabilan Lereng Rekomendasi

Pada masing masing lereng SC1 dan SC2 didapatkan ketinggian paling optimal pada 14 m dengan kemiringan berbeda beda yang mana pada SC1 kondisi optimal terdapat pada kemiringan 85° dan pada SC2 pada kemiringan 80° . Faktor keamanan optimal dalam kondisi statis yang didapatkan pada SC1 sebesar 2,86 dan SC2 sebesar 3,22 sedangkan dalam keadaan dinamis dengan memperhatikan nilai faktor kegempaan sesuai standar kementrian PUPR 0,9-1,0 Peak Ground Acceleration (PGA) didapatkan nilai FK pada SC1 sebesar 1,3 dan pada SC2 sebesar 1,33.



Gambar 8. Rekomendasi Geometri Lereng

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang telah diuraikan, maka peneliti dapat menyimpulkan beberapa hasil dari penelitian, sebagai berikut:

1. Rekomendasi lereng tunggal SC1 dan SC2 dibuat satu bench saja mengikuti lereng aktual. Ketinggian optimal yang dapat di rekomendasikan pada SC1 sebesar 14 meter dengan kemiringan 85° sedangkan untuk SC2 memiliki ketinggian yang sama sebesar 14 meter dengan kemiringan yang berbeda sebesar 80°
2. Nilai sifat fisik dan mekanik dari setiap batuan pembentuk lereng tambang Hanya terdapat satu litologi, untuk scanline 1 dan scanline 2 memiliki litologi andesit dengan *natural density* yaitu 2,71 gr/cm³, dan 2,63 gr/cm³, kuat tekan senilai 62,73 MPa dan 58,59 MPa, kohesi senilai 0,28 MPa dan 0,27 MPa, serta sudut gesek dalam senilai 35,01° dan 37,97° dan satu data tambahan yang memiliki nilai *natural density* sebesar 2,57 gr/cm³, nilai kuat tekan sebesar 64,46 MPa, nilai kohesi sebesar 0,30 MPa serta nilai sudut gesek dalam sebesar 36,89°
3. Nilai faktor keamanan pada keadaan statis lereng kondisi aktual SC1 sebesar 5,96 dan SC2 sebesar 5,06. Pada keadaan dinamis didapatkan nilai faktor keamanan pada SC sebesar 1,89 dan pada SC2 sebesar 2,05. Sedangkan hasil rekomendasi geometri lereng didapatkan nilai FK dalam keadaan statis pada SC1 sebesar 2,86 dan SC2 sebesar 3,22. Pada keadaan dinamis didapatkan nilai FK pada SC1 sebesar 1,3 dan pada SC2 sebesar 1,33. Rekomendasi lereng yang dibuat masuk dalam kategori aman sesuai dengan standar Kepmen No. 1827 K/30 MEM/2018.

Ucapan Terimakasih

1. Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
2. Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Pd., S.Si., M.T. sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung;
3. Bapak Iswandaru, S.T., M.T. sebagai Dosen Wali atas arahan dan perhatiannya;
4. Bapak Ir. Zaenal, M.T. selaku Koordinator Skripsi dan Dosen Pembimbing dua atas arahan dan perhatiannya;

5. Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T., IPM. selaku dosen Pembimbing satu atas arahan dan perhatiannya;
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan yang telah memberikan arahan selama kegiatan perkuliahan berlangsung;
7. Seluruh staf tenaga kependidikan Program Studi Teknik Pertambangan atas bantuannya dalam kelancaran penyusunan artikel ini.
8. Seluruh pihak PT Gunung Kulalet yang telah memberikan tempat dan bimbingan selama melakukan pengambilan data.

Daftar Pustaka

- Muhammad Dhafin Razaqa, Iswandaru, & Zaenal. (2024). Analisis Kestabilan Lereng untuk Rencana Pit Tambang Batubara PT. XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 151–162. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i2.5217>
- Muhammad Ikram, & Yuliadi. (2022). Kajian Geoteknik untuk Penentuan Geometri Lereng Front Penambangan di PT. XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 107–116. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1246>
- Ruslan Loilatu, & Iswandaru. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Andesit Menggunakan Metode FEM pada PT. X. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 15–23. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i1.782>
- Anonim, 2018, Keputusan Menteri ESDM, Nomor 1827K/230/MEM/204185, tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Arif, I., 2016, “Geoteknik Tambang Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng”. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Bieniawski, 1989, “Rock Mass Classifications”.
- Holtz and Kovacs., 1981, “Geotechnical Engineering”.
- Manullang, P. 2020, “Analisis Probabilitas Kelongsoran Lereng Pada Desain Lereng Tambang Batubara Dengan Menggunakan Metode Kestimbangan Batas”, Prosiding TPT XXIX Perhapi.
- Mechanics, I., S., 1981, “ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring”. Oxford: Pergamon Press.
- Priest, S., D., & Hudson, J., A., 1976, “Discontinuity Spacings in Rock”, 13(1), 135–148.
- Sari, C., F., K., 2020, “Analisis Geoteknik Dalam Perencanaan Kestabilan Lereng Pada Operasi Penambangan Batu Kapur Di Pt SBV - Sumatra Selatan”. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, Vol.VI (1)
- Sukandarrumidi, 2009, “Bahan Galian Industri”, Gadjah Mada University Press
- Wesley, L., D., 2010, “Mekanika Tanah”. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Yuliadi, 2021, “Geoteknik Tambang”, ISBN:978-605-5917-59-2, UPT Publikasi Ilmiah Unisba: Bandung.