

Kajian teknis kestabilan lereng batuan granit  
PT Hansindo Mineral Persada Desa Peniraman Kalimantan Barat  
*Technical study of slope stability in granite mining  
PT Hansindo Mineral Persada Peniraman Village West Kalimantan*

Bayu Dwi Kurniawan<sup>1\*</sup>, Murad<sup>2</sup>, Septami Setiawati<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

e-mail: \*[bayudwikurniawan10@student.untan.ac.id](mailto:bayudwikurniawan10@student.untan.ac.id), [murad.83ys@gmail.com](mailto:murad.83ys@gmail.com), [septami@untan.ac.id](mailto:septami@untan.ac.id)

## ABSTRAK

PT Hansindo Mineral Persada (PT HMP) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang penambangan batu granit dengan menggunakan sistem tambang terbuka yaitu metode *quarry*. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi dengan KTT PT HMP, kondisi lereng memiliki ketinggian >50 meter dikarenakan ketidaksesuaian awal perencanaan tambang yang diajukan oleh perusahaan kepada ESDM dengan hasil izin yang diberikan dan belum ada penelitian sebelumnya mengenai studi kestabilan lereng pada perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis potensi longsoran lereng, menghitung nilai faktor keamanannya, dan merekomendasikan upaya untuk meminimalisir longsor. Kajian teknis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode analisis kinematika berdasarkan orientasi dan geometri lereng, orientasi kekar, sifat fisik dan mekanik batuan. Potensi jenis longsoran diproyeksikan dengan bantuan *software Rocscience Dips 6.0* dan perhitungan faktor keamanan dilakukan berdasarkan hasil dari proyeksi stereografis longsoran. Hasil dari penelitian menunjukkan lereng berpotensi untuk terjadinya longsoran baji berdasarkan analisis kesesuaian syarat longsoran baji dengan data streoplot pada stereonet. Kestabilan lereng menunjukkan lereng berada dalam kondisi yang labil dengan hasil perhitungan faktor keamanannya adalah 0,254. Sehingga rekomendasi upaya yang dilakukan untuk meminimalisir longsor adalah dengan cara merekayasa geometri lereng menjadi lebih datar atau mengurangi sudut kemiringannya dari 65° menjadi 54° dengan hasil nilai faktor keamanannya menjadi 1,729.

**Kata-kata kunci:** analisis kinematika, faktor keamanan, kestabilan lereng, longsoran

## ABSTRACT

*PT Hansindo Mineral Persada (PT HMP) is one of the companies in granite mining using an open pit mining quarry method. Based on observations and discussions with the head of PT HMP, the existing slope has a height of > 50 meters due to the initial mismatch of the mining plan proposed by the company to ESDM, which resulted in the given permit, and there has been no previous research on slope stability at the company. This study aims to determine the potential types of failure on a slope, calculate the factor of safety value, and recommend efforts to minimize failure. Technical slope stability analysis was carried out using kinematic analysis methods based on the orientation and geometry shape of the slope, joint orientation, physical and mechanical properties of the rock. The potential of failure types was projected using Rocscience Dips 6.0 software, and the factor of safety calculation was carried out based on processing and testing as well as the results of the failure stereographic projection. The results of this study show that the slope has potential for wedge failure based on the analysis of the suitability of the wedge failure requirements with stereonet data. The slope stability indicates that the slope at the research site is in a safe or stable condition, as expressed in the calculation results factor of safety value of 0,254. So the recommendation to minimize failures is by engineering the geometry of the slope to be flatter or reducing the angle of inclination from 65° to 54° with the factor of safety value becoming 1,729.*

**Keywords:** factor of safety, failure, kinematic analysis, slope stability

## PENDAHULUAN

PT Hansindo Mineral Persada (PT HMP) adalah perusahaan perseroan terbatas yang melakukan kegiatan usaha pertambangan komoditas batuan dengan jenis bahan galian granit [1]. PT HMP terletak di Desa Peniraman, Kecamatan Sungai Pinyuh, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat.

Kestabilan lereng merupakan salah satu isu penting dalam operasi penambangan *quarry* dan perlu untuk memperhatikan aspek geoteknik [2]. Lereng yang tidak stabil akan menyebabkan kelongsoran, kelongsoran ini dapat mengakibatkan kecelakaan pada pekerja (bahkan kematian) dan alat berat serta terhambatnya produksi alat. Sehingga dapat dipahami bahwa kestabilan lereng adalah suatu bagian yang penting untuk mencegah terjadinya gangguan terhadap kelancaran produksi maupun terjadinya bencana yang fatal [3].

Beberapa peneliti sebelumnya telah meneliti isu kestabilan lereng *quarry*. Isu kestabilan lereng *quarry* ini

telah diteliti juga dalam beberapa penelitian sebelumnya seperti [4], dan [5]. Pada penelitian Murniati, dkk (2020) tersebut melakukan studi kestabilan lereng pada tambang *quarry* PT TOP Desa Peniraman, Kalimantan Barat dengan komoditas batuan granodiorit, hasil analisis nilai faktor keamanan pada lereng yaitu 1,248 dan dinyatakan nilai tersebut rendah dan perlu adanya rekomendasi sudut lereng ideal untuk menaikkan nilai faktor keamanannya [6]. Namun berbeda dengan penelitian Ikrima (2021), yang melakukan penelitian pada lokasi penambangan batuan, hasil penelitian tersebut menunjukkan longsoran baji pada lereng akan syarat kelongsoran tidak terpenuhi yang menyebabkan lereng aman dari kelongsoran dan analisis faktor keamanan tidak diperlukan [7].

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan diskusi dengan KTT PT HMP, ditemukan beberapa permasalahan, pertama kondisi lereng memiliki ketinggian >50 meter. Hal ini disebabkan adanya ketidaksesuaian awal perencanaan tambang yang diajukan oleh perusahaan kepada ESDM dengan hasil izin yang diberikan. Kedua,

belum adanya penelitian sebelumnya mengenai studi kestabilan lereng di lokasi penelitian tersebut sementara akan dilakukannya kembali kegiatan penambangan oleh perusahaan. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan dengan harapan dapat membantu perusahaan dalam menunjang tingkat keyakinan keamanan dalam kestabilan lereng untuk melindungi tenaga kerja, dan peralatan yang berada di sekitar daerah tebing lereng, baik selama operasi produksi kegiatan penambangan berlangsung maupun untuk di masa yang akan datang.

Berdasarkan latar belakang di atas, perlu dilakukannya suatu kajian teknis kestabilan lereng di PT HMP menggunakan metode analisis kinematika dengan tujuan mendapatkan jenis longsor yang berpotensi terjadi, mendapatkan nilai faktor keamanan, dan merekomendasikan upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir potensi terjadinya kelongsoran pada lereng tambang batu granit PT HMP.

**METODOLOGI**

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian akan dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah direncanakan oleh peneliti agar tercapainya hasil yang optimal. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Tabel-1.** Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat	Fungsi
1	Kompas Geologi	Untuk mengukur geometri lereng, <i>strike</i> dan <i>dip</i> bidang
2	<i>Clipboard</i>	Untuk alat bantu menentukan <i>strike</i> dan <i>dip</i>
3	Alat Tulis	Untuk mencatat hasil pengamatan/pengukuran
4	Kertas Kalkir A4	Untuk proyeksi stereonet
5	Lembar <i>Schmidt Net</i>	Untuk proyeksi stereonet
6	<i>Lembar Kalsbeek Counting Net</i>	Untuk proyeksi stereonet
7	Paku Payung	Untuk alat bantu dalam proyeksi stereonet
8	<i>Drone</i>	Untuk mengukur geometri lereng
9	Meteran 50 m	Untuk mengukur panjang bentangan <i>scanline</i>
10	<i>Global Operating System (GPS)</i>	Untuk mengetahui titik koordinat pengambilan sampel
11	Jangka Sorong	Untuk mengukur sampel
12	Kamera	Untuk dokumentasi
13	Alat Uji Kuat Tarik Batuan	Untuk mengetahui nilai kuat tarik batuan
14	Alat Uji Kuat Tekan Batuan	Untuk mengetahui nilai kuat tekan batuan
15	Alat Uji <i>Specific Gravity</i>	Untuk mengetahui nilai berat jenis batuan
16	Mesin Gerinda	Untuk preparasi sampel batuan
17	<i>Arcgis 10.8</i>	Untuk pembuatan peta
18	<i>Surfer 11</i>	Untuk pengolahan data DEM
19	<i>Rocscience Dips 6.0</i>	Untuk pengolahan data stereografis
20	<i>Google Earth Pro</i>	Untuk pengolahan data peta

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel batuan yang diambil dengan menggunakan metode

*grab sampling* di PT HMP. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 6 buah batuan dengan ukuran sampel >10 cm dan satu fragmen batuan besar dengan berat ± 5 kg. Berdasarkan SNI 2848:2008, contoh blok yang diambil di suatu tempat berbentuk kubus dengan ukuran 30 cm × 30 cm × 30 cm atau ukuran lain yang disesuaikan dengan pengujian yang dilakukan.

Sampel batuan yang telah dikumpulkan, selanjutnya digunakan sebagai bahan uji untuk pengujian sifat fisik dan mekanis batuan, yaitu pengujian sifat fisik (uji *specific gravity* batuan) dan uji kuat tekan uniaksial (UCS) dilaksanakan pada Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, serta untuk pengujian kuat tarik-uji brazilia (*Indirect Tensile Strength Test*) dilaksanakan pada Laboratorium Pengujian Bahan dan Metrologi Politeknik Negeri Pontianak.

**Tahapan Penelitian**

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti berpusat pada lereng tambang yang berpotensi mengalami kelongsoran, kemiringan lereng terklasifikasi curam dengan kemiringan 26-45 % dan tinggi lereng diperkirakan >50 meter, serta pada kegiatannya diketahui sisi lereng yang diteliti akan dilakukannya kembali kegiatan penambangan untuk di masa yang akan datang.

**Pengumpulan Data**

Data primer penelitian didapatkan melalui observasi lapangan dan percobaan laboratorium berupa data geometri lereng, orientasi kekar, DEM PT HMP, serta sifat fisik dan mekanik batuan.

Data sekunder ini didapatkan melalui observasi atau pengamatan di perusahaan seperti Peta IUP PT HMP, Peta Geologi Lembar Singkawang, DEMNAS Kalimantan Barat.

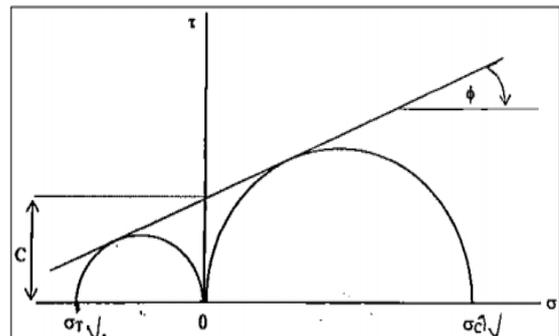
**Pengolahan Geometri Lereng**

Pada pengolahan ini didapatkan data berupa panjang kemiringan dan elevasi ketinggian lereng menggunakan aplikasi *Surfer 11*. Sehingga dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan kemiringan lereng dengan menggunakan rumus:

$$\tan \alpha = \text{Elevasi} / \text{Panjang} \tag{1}$$

**Perhitungan Sifat Mekanik Batuan**

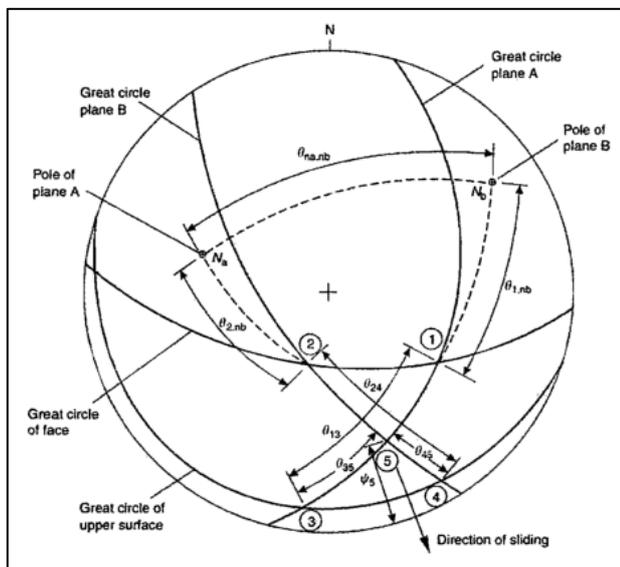
Dari kedua hasil uji laboratorium, untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dilakukan dengan cara menggabungkan hasil uji kuat tekan dan kuat tarik batuan pada suatu kurva tegangan-regangan diagram mohr [6].



**Gambar-1.** Penentuan kohesi (c) dan sudut geser dalam ( $\phi$ )

**Proyeksi Stereografis**

Hasil dari pengukuran data kekar yang telah diperoleh selanjutnya akan dilakukan proyeksi stereografis pada stereonet. Tujuan dari dilakukannya proyeksi stereografis adalah untuk dapat ditentukannya potensi jenis dan arah kelongsoran yang terdapat pada lereng lokasi penelitian. Proyeksi stereografis ini dibantu dengan menggunakan bantuan *software Rocscience Dips 6.0*.



**Gambar-2.** Stereoplot longsoran baji

**Perhitungan Faktor Keamanan**

Hasil proyeksi stereografis harus memenuhi syarat-syarat terjadinya kelongsoran. Jika telah memenuhi syarat, maka rumus faktor keamanan yang digunakan ini menyesuaikan jenis kelongsoran yang ada dari hasil proyeksi stereografis sebelumnya. Perhitungan faktor keamanan untuk longsoran baji adalah sebagai berikut:

$$FK = \frac{3}{\gamma H} (C \cdot X + C \cdot Y) + \left( A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X \right) \tan \phi + \left( B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y \right) \tan \phi \quad (2)$$

Jika suatu lereng mempunyai nilai  $FK < 1,07$ , maka dapat dinyatakan bahwa lereng tersebut berada dalam kondisi labil dan rawan terjadi longsor [8].

**Tabel-2.** Nilai Faktor Keamanan Bowles

FK	Kondisi Lereng
$FK < 1,07$	Labil (Longsor biasa terjadi)
$1,07 < FK < 1,25$	Kritis (Longsor pernah terjadi)
$FK > 1,25$	Stabil (Longsor jarang terjadi)

**HASIL DAN DISKUSI**

Penelitian yang dilakukan berpusat pada sisi lereng bagian barat daya karena memiliki ketinggian lereng yang lebih tinggi dibanding sisi lereng lainnya. Serta pada perencanaan tambang berikutnya, lereng pada lokasi pengamatan ini akan dilanjutkannya kembali kegiatan penambangan.

**Hasil Pengamatan Geometri Lereng**

Pada pengamatan di lapangan, lokasi lereng pengamatan merupakan lokasi bekas penambangan yang direncanakan untuk ditambang lagi pada perencanaan tambang berikutnya.

Kondisi batuan di lapangan tidak mengalami perubahan yang diakibatkan oleh iklim sekitar dengan kondisi batuan masif sehingga air hujan tidak dapat masuk ke dalam pori-pori batuan. Dengan kondisi lereng tambang yang curam dan terbentuk karena hasil peledakan, memungkinkan untuk terjadinya longsor yang diakibatkan oleh aktivitas sekitar maupun faktor alam sehingga dapat membahayakan alat berat dan pekerja.

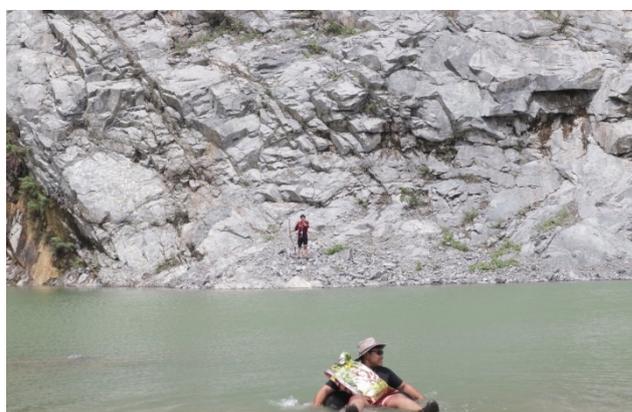


**Gambar-3.** Tampak lereng pada lokasi penelitian

Peneliti melakukan pengukuran pada lereng menggunakan bantuan alat *drone*. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui geometri dari lereng, yang selanjutnya hasil dari pengukuran/pemetaan yang dilakukan oleh *drone* ini akan diolah pada aplikasi *Arcgis* dan *Surfer* untuk mendapatkan parameter ketinggian lereng.

**Hasil Pengamatan Orientasi Kekar**

Sebelum dilakukan pengamatan orientasi kekar, peneliti menentukan bentangan dalam pengambilan data pada lereng. Bentangan disesuaikan dengan kondisi lapangan. Pada kondisi lapangan, peneliti cukup sulit untuk mengambil data kekar dikarenakan beberapa hambatan seperti akses jalan menuju tebing lereng yang tergenang oleh air limpasan hujan, keterbatasan area pijakan yang telah tergenang oleh air, dan area tebing lereng cukup curam dan berbahaya sehingga peneliti harus menentukan lokasi pengamatan yang aman untuk pengambilan data.



**Gambar-4.** Kondisi lapangan

Adapun panjang bentangan (*scanline*) untuk pengambilan data orientasi kekar adalah 14 meter dikarenakan keterbatasan yang peneliti dapatkan selama proses pengambilan data, sehingga panjang *scanline* ini menyesuaikan dengan kondisi lapangan saat dilakukan penelitian untuk pengambilan data *strike/dip* orientasi kekar.



Gambar-5. Bentangan scanline



Gambar-6. Pengambilan data orientasi kekar

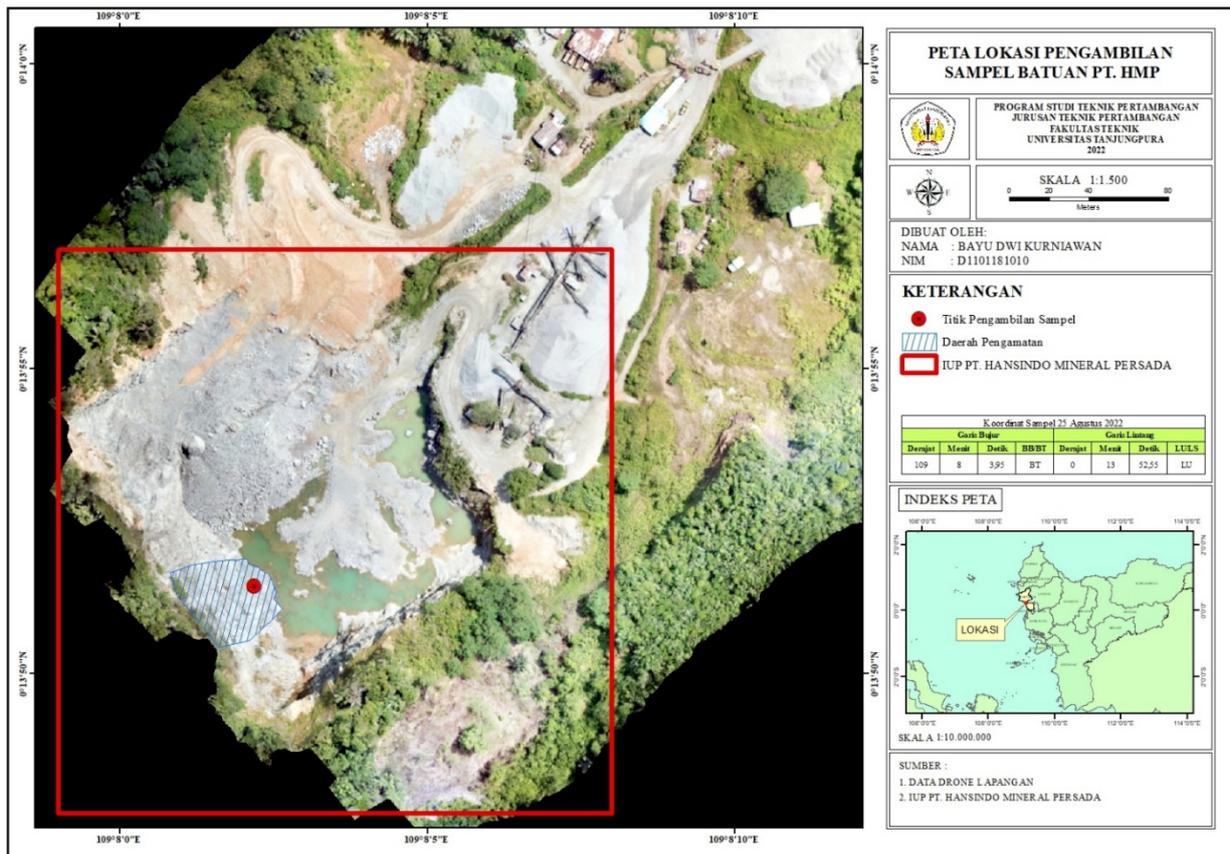
Proses pengambilan data orientasi kekar dibantu menggunakan kompas geologi, *clipboard*, dan lembar pengambilan data. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, maka didapat hasil data orientasi kekar sebagai berikut:

Tabel-3. Hasil Pengambilan Data Orientasi Kekar

No	Strike (°)	Dip (°)	No	Strike (°)	Dip (°)	No	Strike (°)	Dip (°)
1	50	54	18	285	75	35	265	80
2	280	77	19	250	75	36	15	75
3	270	77	20	295	65	37	280	90
4	270	84	21	305	55	38	280	90
5	55	79	22	320	24	39	250	51
6	5	61	23	350	39	40	175	40
7	360	64	24	30	80	41	190	44
8	232	37	25	315	46	42	195	83
9	340	48	26	315	55	43	232	82
10	270	60	27	300	49	44	192	67
11	275	60	28	314	55	45	205	69
12	280	63	29	350	70	46	192	71
13	275	60	30	280	28	47	192	71
14	265	64	31	290	90	48	60	66
15	280	30	32	355	77	49	265	56
16	285	36	33	10	84	50	265	72
17	5	90	34	220	73	51	312	50

**Pengambilan dan Preparasi Sampel Batuan**

Pengambilan sampel diperlukan untuk pengujian di laboratorium dan pengambilan sampel ini menggunakan metode *grab sampling*. Sampel batuan diambil pada area sekitar lereng/lokasi pengamatan. Berikut ini merupakan tabel koordinat pengambilan sampel batuan.



Gambar-7. Peta lokasi pengambilan sampel batuan

Tabel-4. Koordinat pengambilan sampel

Koordinat Sampel 25 Agustus 2022							
Garis Bujur				Garis Lintang			
Derajat (°)	Menit (')	Detik (")	BB/BT	Derajat (°)	Menit (')	Detik (")	LU/LS
109	8	3,95	BT	0	13	52,55	LU

Sampel batuan yang telah didapat kemudian dipreparasi menyesuaikan SNI pengujian (SNI 2848:2008), yaitu berupa bentuk kubus pada pengujian kuat tekan batuan dan berupa bentuk silinder untuk pengujian kuat tarik batuan.



Gambar-8. Sampel uji kubus



Gambar-9. Sampel uji silinder

Sampel batuan kubus memiliki ukuran  $P \times L = 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ . Sedangkan sampel batuan silinder memiliki perbandingan ukuran 1 : 2 untuk diameter dan ukuran tinggi silinder dua kali dari diameternya. Kemudian untuk pengujian *specific gravity* sampel batuan yang digunakan yaitu berupa fragmen utuh batuan dengan berat  $\pm 5 \text{ kg}$ .

**Hasil Pengujian Laboratorium**

Pengujian laboratorium yang dilakukan pertama pengujian *specific gravity* yang menggunakan satu fragmen utuh batuan, pengujian kuat tekan uniaksial yang menggunakan tiga sampel batuan berbentuk kubus, dan pengujian kuat tarik tidak langsung yang menggunakan tiga sampel batuan berbentuk silinder. Hasil pengujian laboratorium sebagai berikut:

**Hasil uji *specific gravity***

Sampel yang digunakan dalam pengujian sifat fisik batuan adalah satu fragmen utuh batuan dengan berat  $\pm 5 \text{ kg}$ . Dari pengujian yang dilakukan didapatkan berat jenis batuan di PT HMP adalah  $2,69 \text{ g/cm}^3$  atau sama dengan  $26,379 \text{ KN/m}^3$ , data tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel-5. Hasil Pengujian Sifat Fisik Batuan

No	Sifat Fisik	Hasil
1	Berat asli ( $W_n$ )	5598,7 gram
2	Berat jenuh ( $W_w$ )	5600 gram
3	Berat jenuh tergantung dalam air ( $W_s$ )	3518 gram
4	Berat kering ( $W_o$ )	5594,3 gram
5	Bobot isi asli	$2,689 \text{ g/cm}^3$
6	Berat jenis semu	$2,694 \text{ g/cm}^3$
7	Berat jenis kering	$2,687 \text{ g/cm}^3$
8	Berat jenis kering SSD	$2,69 \text{ g/cm}^3$
9	Kadar air asli (W)	0,0786 %
10	Kadar air jenuh (A)	0,1019 %
11	Derajat kejenuhan (S)	77,19 %
12	Porositas (n)	0,211 %

Contoh perhitungan hasil uji sifat fisik pada Tabel-5 yakni sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis kering SSD} = \frac{W_w}{W_w - W_s} = \frac{5600}{5600 - 3518} = 2,69 \text{ g/cm}^3$$

**Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial**

Uji kuat tekan uniaksial (UCS) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan kekerasan batuan yang terdapat di lokasi penelitian. Tabel hasil pengujian kuat tekan uniaksial dapat dilihat pada dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel-6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Kode	Berat (Kg)	Luas Penampang ( $\text{cm}^2$ )	Kuat Tekan ( $\text{Kg/cm}^2$ )	Kuat Tekan Rata-rata ( $\text{Kg/cm}^2$ )	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	A	0,35	25	672,7829	604,825	49,247
2	B	0,35	25	530,0714		
3	C	0,35	25	611,6208		
				$\Sigma = 1814,48$		

$$\begin{aligned} \sigma_{cA} &= 672,7829 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_{cB} &= 530,0714 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_{cC} &= 611,6208 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_c \text{ rata-rata} &= \frac{\sigma_{cA} + \sigma_{cB} + \sigma_{cC}}{3} \\ \sigma_c \text{ rata-rata} &= \frac{672,7829 + 530,0714 + 611,6208}{3} \\ &= 604,825 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Nilai kuat tekan yang didapat masih merupakan dalam bentuk kubus (K), untuk dijadikan kedalam MPa, maka nilai K harus dikali kembali dengan percepatan gravitasi terlebih dahulu karena nilai MPa tidak dipengaruhi oleh gravitasi, kemudian nilai K yang didapat menjadi nilai  $f^*c$  dengan faktor koreksi 0,83 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \sigma_c \text{ rata-rata} = K &= 604,825 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,0981 \text{ m/s}^2 \\ &= 59,333 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemudian dikalikan dengan nilai faktor koreksinya} \\ f^*c &= K \times 0,83 \\ &= 59,333 \text{ MPa} \times 0,83 \\ &= 49,247 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada batuan granit oleh beberapa peneliti sebelumnya, yaitu pada pengujian memiliki nilai kuat tekan sebesar  $134,52 \text{ MPa}$  [9], dan penguji selanjutnya memiliki nilai kuat tekan pada batuan granit paling rendah yaitu sebesar  $109,17 \text{ MPa}$  [10],

sedangkan nilai kuat tekan yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya pada lokasi penelitian yang sama yaitu PT HMP memiliki nilai kuat tekan rata-rata 63,3 MPa [11], dan hasil yang peneliti dapat melalui pengujian adalah 49,247 MPa.

Berdasarkan asumsi dan pengamatan yang telah dilakukan sebelumnya, faktor yang menyebabkan nilai kuat tekan tersebut tidak sama ialah karena metode pengambilan sampel dan kondisi lingkungan batuan sekitar daerah pengamatan seperti peneliti menggunakan metode *grab sampling*, yaitu mengambil langsung beberapa sampel batuan pada sekitar daerah pengamatan untuk mewakili data pada penelitian. Sehingga untuk mendapatkan faktor pengaruh penyebab nilai kuat tekan ini perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk penelitian ke depannya.

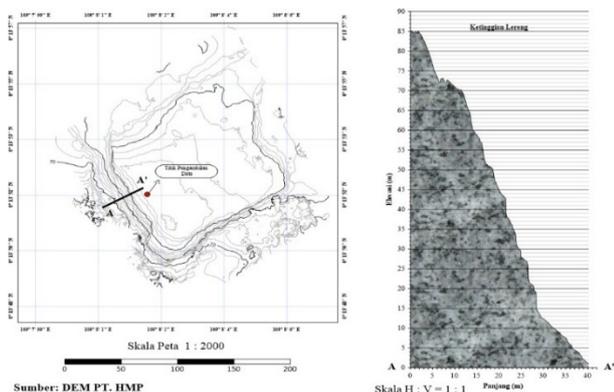
### Hasil Uji Kuat Tarik Tidak Langsung

Hasil pengujian kuat tarik tidak langsung dengan nilai rata-rata kuat tarik batuan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_{tA} &= 37,70 \text{ MPa} \\ \sigma_{tB} &= 31,33 \text{ MPa} \\ \sigma_{tC} &= 44,51 \text{ MPa} \\ \sigma_t \text{ rata-rata} &= \frac{\sigma_{tA} + \sigma_{tB} + \sigma_{tC}}{3} \\ \sigma_t \text{ rata-rata} &= \frac{37,70 + 31,33 + 44,51}{3} \\ \sigma_t \text{ rata-rata} &= 37,85 \text{ MPa} \end{aligned}$$

### Hasil Pengolahan Geometri Lereng

Pada pengamatan di lapangan, didapatkan hasil pengolahan geometri lereng yaitu ketinggian dan kemiringan lereng ini dari hasil pemetaan dengan *drone* yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar-10. Hasil pengolahan geometri lereng

Lereng yang diteliti merupakan lereng keseluruhan (*overall slope*) dengan titik koordinat daerah pengamatan berada pada sekitar 109° 8' 1,5" dan 0° 13' 52". Ketinggian *overall slope* yang didapatkan yaitu sebesar 84 meter, kemudian peneliti juga melakukan pengukuran *strike/dip* di lapangan menggunakan bantuan alat kompas geologi dengan hasil pengukuran yaitu N 315°/55° E.

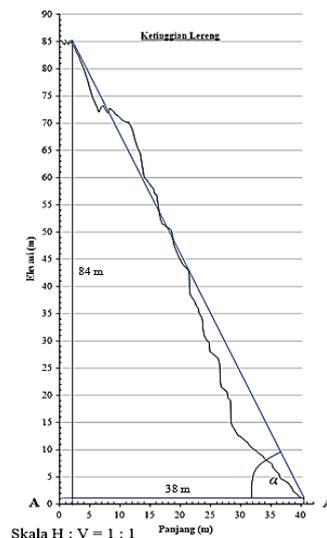
Namun, untuk pengukuran sudut kemiringan lereng di lapangan hanya peneliti ukur pada satu bagian lereng (*slope*) di sekitar area *scanline*, sedangkan pengukuran dan perhitungan penelitian ini ditujukan untuk kestabilan dari keseluruhan bagian lereng tersebut. Sehingga peneliti melakukan pengolahan sudut kemiringan untuk *overall slope* dari hasil pengolahan geometri lereng sebelumnya berdasarkan elevasi, panjang, dan kemiringannya.

Berdasarkan hasil pengolahan dan persamaan yang digunakan, maka perhitungan kemiringan lereng adalah sebagai berikut:

- Sudut kemiringan *overall slope*

$$\begin{aligned} \tan \alpha_1 &= 84 \text{ meter} / 38 \text{ meter} \\ &= 2,21 \\ \alpha &= \text{arc tan} (2,21) \\ &= 65,65^\circ \end{aligned}$$

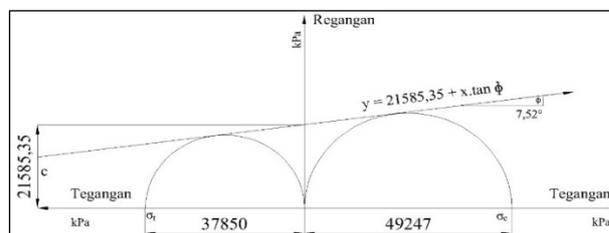
Dengan nilai kemiringan yang telah didapat, maka nilai rata-rata sudut kemiringan pada lereng adalah 65,65°. Sehingga orientasi (*strike/dip*) lereng yang digunakan yaitu N 315°/65,65° E. Sketsa pengolahan kemiringan lereng ini sebagai berikut:



Gambar-11. Sketsa geometri lereng

### Hasil Perhitungan Sifat Mekanik Batuan

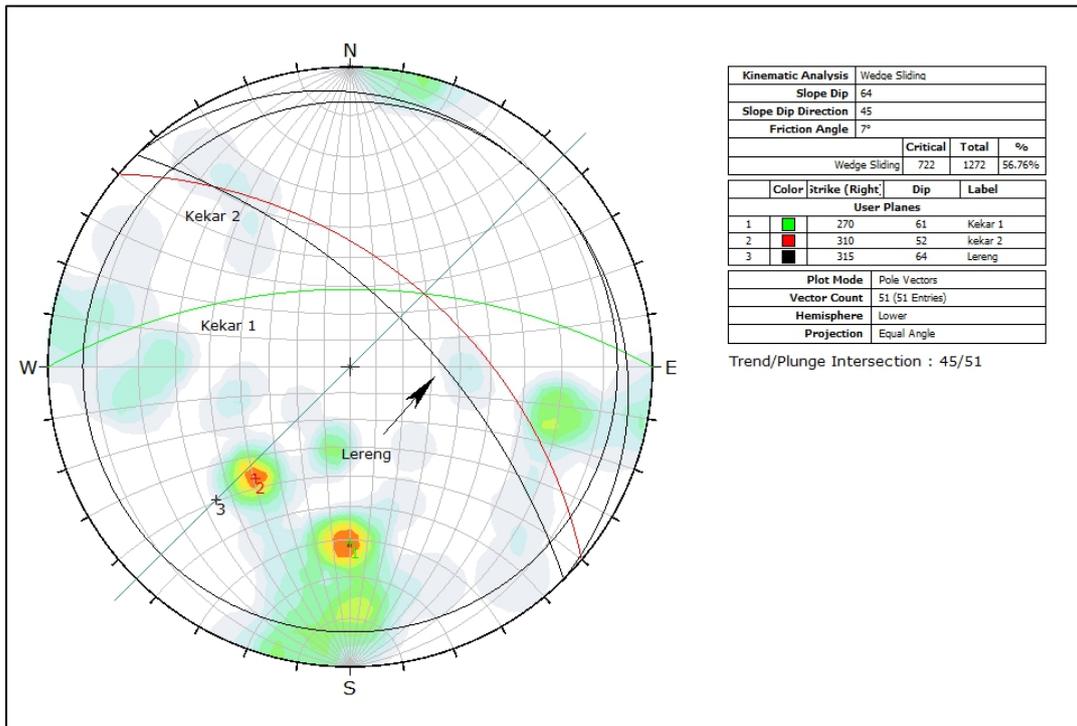
Nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik dimasukkan ke dalam diagram mohr, sehingga didapatkan nilai kohesi (c) sebesar 21585,35 KPa dan sudut geser dalam batuan ( $\phi$ ) sebesar 7,52°. Penggambaran penentuan kohesi dan sudut geser dalam batuan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar-12. Hasil kohesi dan sudut geser dalam batuan

### Hasil Proyeksi Stereografis

Berdasarkan pola-pola diskontinuitas dan kedudukan muka lereng pada proyeksi stereografis, gambar menunjukkan adanya model longsoran baji (*wedge failure*) yang dibentuk oleh dua bidang kekar dan saling berpotongan yaitu kekar 1 dan kekar 2, sehingga lereng pada lokasi pengamatan ini berpotensi terjadinya longsoran baji. Berikut adalah hasil pengolahan stereografis pada daerah penelitian dengan menggunakan bantuan *software Rocscience Dips 6.0*:



Gambar-13. Hasil proyeksi stereografis

Berdasarkan model longsor yang telah didapat yaitu longsoran baji, selanjutnya peneliti melakukan stereoplot pada stereonet untuk mendapatkan nilai sudut yang ada yaitu parameter-parameter pada tahap perhitungan faktor keamanan dari longsoran baji.

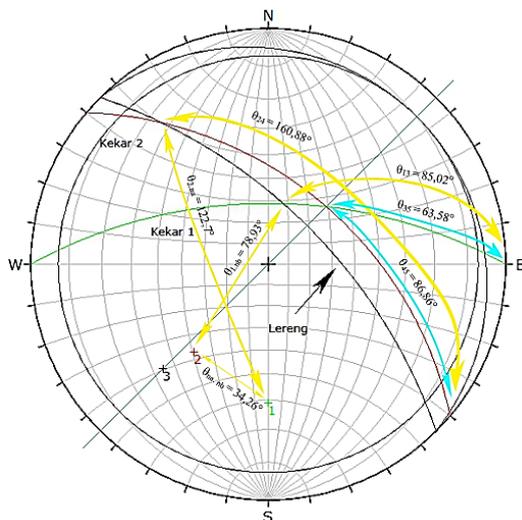
Hasil dari stereoplot ini dilakukan dengan bantuan aplikasi *software Rocscience* adalah hasil stereoplot data pada stereografis:

**Hasil Perhitungan Faktor Keamanan**

Perhitungan faktor keamanan ini diperlukan untuk mendapatkan kestabilan suatu lereng dengan tujuan mencegah bahaya longsor untuk di waktu yang akan mendatang. Bentuk longsoran berdasarkan proyeksi stereografis adalah longsoran baji (*wedge failure*), sehingga perhitungan faktor keamanan longsoran baji.

Tabel-7. Hasil Stereoplot Data

No	Parameter	Simbol	Sudut (°)
1	Dip kekar 1	$\Psi_a$	61°
2	Dip kekar 2	$\Psi_b$	52°
3	Sudut penunjaman kedua bidang lemah	$\Psi_5$	51°
4	Sudut antara <i>pole</i> bidang lemah 1 dan 2	$\theta_{na.nb}$	34,26°
5	Sudut antara <i>pole</i> bidang lemah 1 dan garis perpotongan bidang lemah 2 dengan lereng	$\theta_{2.na}$	122,7°
6	Sudut antara <i>pole</i> bidang lemah 2 dan garis perpotongan bidang lemah 1 dengan lereng	$\theta_{1.nb}$	78,93°
7	Sudut antara garis perpotongan bidang lemah 2 dan lereng dengan garis perpotongan bidang lemah 2 dan bagian atas lereng	$\theta_{24}$	160,88°
8	Sudut antara garis perpotongan bidang lemah 1 dan 2 dengan garis perpotongan bidang lemah 2 dan bagian atas lereng	$\theta_{45}$	86,86°
9	Sudut antara garis perpotongan bidang lemah 1 dan lereng dengan garis perpotongan bidang lemah 1 dan bagian atas lereng	$\theta_{13}$	85,02°
10	Sudut antara garis perpotongan bidang lemah 1 dan 2 dengan garis perpotongan bidang lemah 1 dan bagian atas lereng	$\theta_{35}$	63,58°



Gambar-14. Penentuan parameter longsoran baji

**Tabel-8.** Perhitungan Faktor Keamanan Longsoran Baji

Input Data	Fungsi Nilai	Perhitungan
$\Psi_a = 61^\circ$ $\Psi_b = 52^\circ$ $\Psi_5 = 51^\circ$ $\theta_{na.nb} = 34,26^\circ$	$\text{Cos } \Psi_a = 0,485$ $\text{Cos } \Psi_b = 0,616$ $\text{Sin } \Psi_5 = 0,777$ $\text{Cos } \theta_{na.nb} = 0,826$ $\text{Sin}^2 \theta_{na.nb} = 0,317$	$A = \frac{\cos \Psi_a - \cos \Psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \Psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0,485 - (0,616 \times 0,826)}{0,777 \times 0,317} = -0,098$ $B = \frac{\cos \Psi_b - \cos \Psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \Psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0,616 - (0,485 \times 0,826)}{0,777 \times 0,317} = 0,873$
$\theta_{24} = 160,88^\circ$ $\theta_{45} = 86,86^\circ$ $\theta_{2.na} = 122,7^\circ$	$\text{Sin } \theta_{24} = 0,328$ $\text{Sin } \theta_{45} = 0,998$ $\text{Cos } \theta_{2.na} = -0,540$	$X = \frac{\sin \theta_{24}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0,361}{0,997 \times (-0,557)} = -0,607$
$\theta_{13} = 85,02^\circ$ $\theta_{35} = 63,58^\circ$ $\theta_{1.nb} = 78,93^\circ$	$\text{Sin } \theta_{13} = 0,996$ $\text{Sin } \theta_{35} = 0,895$ $\text{Cos } \theta_{1.nb} = 0,192$	$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0,994}{0,892 \times 0,025} = 5,793$
$C = 21,58 \text{ MPa}$ $\Phi = 7,52^\circ$ $\gamma = 26,379 \text{ KN/m}^3$ $\gamma_w = 0$ $H = 84 \text{ meter}$	$\text{Tan } \phi = 0,132$ $\gamma H = 2215,836$ $2\gamma = 52,758$	$\text{FK} = \frac{3}{\gamma H} (C.X + C.Y) + \left( A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X \right) \tan \phi + \left( B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y \right) \tan \phi$ $\text{FK} = \frac{3}{2215,836} (21,58 \times (-0,607) + 21,58 \times 5,793) + \left( -0,098 - \frac{0}{52,758} (-0,607) \right) 0,132 + \left( 0,873 - \frac{0}{52,758} 5,793 \right) 0,132$ $= 0,254 \text{ (Labil)}$

Parameter  $\gamma_w$  diabaikan karena tidak adanya rekahan yang terisi oleh air di permukaan lereng maupun pada sepanjang *scanline*, ini disebabkan oleh kondisi lereng batuan yang masif.

**Pembahasan**

**Potensi Longsoran Pada Lereng**

Dengan data yang telah didapat dan persyaratan longsoran yang ada, selanjutnya adalah menganalisis kesesuaian data dengan syarat terjadinya longsoran baji:

**Tabel-9.** Kesesuaian Syarat Longsoran Baji dan Data

No	Syarat	Data	Kesimpulan
1	Adanya dua bidang lemah yang saling berpotongan	Ada, yaitu kekar 1 dan kekar 2	Terpenuhi
2	Sudut lereng lebih besar dari sudut garis potongnya	Sudut lereng: $64,5^\circ$ Sudut garis potong: $51^\circ$	Terpenuhi $\psi_f > \psi_i$
3	Sudut garis potongnya lebih besar dari sudut geser dalamnya	Sudut garis potong: $51^\circ$ Sudut geser dalam: $7,52^\circ$	Terpenuhi $\psi_i > \phi$

Dari hasil kesesuaian syarat-syarat kelongsoran baji dengan data yang ada, dapat disimpulkan bahwa lereng pada lokasi penelitian ini berpotensi mengalami kelongsoran karena memenuhi semua syarat kelongsoran yang ada.

**Analisis Faktor Keamanan**

Berdasarkan hasil dari perhitungan faktor keamanan pada Tabel-8, nilai faktor keamanan pada lereng

lokasi penelitian adalah 0,254. Hasil tersebut menunjukkan lereng pada lokasi penelitian berada dalam keadaan yang labil karena lereng pada lokasi penelitian memiliki nilai faktor keamanan kurang dari 1,07 yang pernyataan tersebut dikutip berdasarkan nilai faktor keamanan oleh Bowles (1989). Hal tersebut berarti gaya penahan lereng pada lokasi penelitian lebih kecil daripada gaya penggerak. Dengan kata lain, dapat disimpulkan bahwa lereng pada lokasi penelitian yang telah diteliti ini tergolong labil atau tidak stabil terhadap terjadinya longsoran untuk di masa yang akan datang.

**Rekomendasi Upaya Meminimalisir Longsor**

Pada prinsipnya cara yang dipakai untuk menjadikan lereng supaya stabil dapat dibagi dalam dua golongan yaitu dengan memperkecil gaya penggerak atau dengan memperbesar gaya penahannya [12]. Berdasarkan hasil nilai faktor keamanan pada lereng lokasi penelitian, upaya yang dapat dilakukan untuk memperbesar nilai faktor keamanan adalah dengan cara memperkecil gaya penggerak, yaitu dengan cara merekayasa geometri lereng menjadi lebih datar atau mengurangi sudut kemiringannya sampai pada tingkat nilai faktor keamanan menunjukkan lereng dalam keadaan yang stabil.

Peneliti merekomendasikan kepada perusahaan untuk memperkecil sudut kemiringan lereng pada lokasi pengamatan kemiringan dari  $65^\circ$  menjadi  $54^\circ$ , sehingga dengan sudut kemiringan yang direkomendasikan nilai faktor keamanannya menjadi stabil yaitu dengan nilai sebesar 1,729. Rekomendasi ini ditunjukkan pada Tabel-10.

Tabel-10. Rekomendasi Sudut Kemiringan Lereng

Nilai Sudut	Sudut Kemiringan Lereng						
	65°	64°	60°	57°	56°	55°	54°
A	-0,098	-0,098	-0,098	-0,098	-0,098	-0,098	-0,098
B	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873
X	-0,607	-0,653	0,933	-1,401	-1,788	-2,334	-3,298
Y	5,793	6,094	9,164	14,557	19,498	29,531	58,999
FK	0,254	0,261	0,343	0,487	0,619	0,897	1,729

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada lereng tambang PT HMP dapat diambil kesimpulan:

1. Dari hasil proyeksi stereografis pada stereonet, data orientasi kekar menunjukkan model longsoran baji, dan syarat untuk longsoran baji juga terpenuhi, maka lereng pada lokasi penelitian tersebut berpotensi untuk terjadinya longsoran baji.
2. Faktor keamanan pada lereng lokasi penelitian adalah 0,254 dan dinyatakan labil atau tidak stabil berdasarkan nilai faktor keamanan Bowles (1989).
3. Rekomendasi upaya yang dilakukan untuk meminimalisir longsoran adalah dengan cara merekayasa geometri lereng pada lokasi pengamatan menjadi lebih datar atau sudut kemiringannya dikurangi dari 65° menjadi 54° dengan hasil nilai faktor keamanan dari 0,254 menjadi 1,729.

Beberapa saran yang peneliti tujukan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Sebaiknya pada pengujian sifat mekanik selanjutnya, peneliti menggunakan pengujian sifat mekanik lainnya seperti uji kuat geser langsung (*direct shear test*) dan uji triaksial batuan untuk mendapatkan parameter kohesi dan sudut geser dalam yang lebih akurat lagi.
2. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya peneliti dalam pengambilan data menggunakan metode lainnya seperti pengeboran inti (*core sampling*) sehingga kondisi keadaan sampel batuan dapat tetap terjaga sampai tahap pengujian laboratorium

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada manajemen dan keluarga besar PT Hansindo Mineral Persada yang telah memberikan kesempatan kepada peneliti yang tidak hanya membantu dalam pengambilan data, namun juga ilmu yang telah diberikan selama penelitian.

Terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Murad, M.S., M.T., Ibu Septami Setiawati, S.Si., M.Sc., MCSM, Bapak Budhi Purwoko, S.T., M.T., serta Bapak M. Khalid Syafrianto, S.T., M.T., yang telah memberikan saran, arahan, bimbingan, dan nasehat kepada penulis dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Hansindo Mineral Persada, *Dokumen RKAB*. Kalimantan Barat, 2021.

- [2] B. Sirait, Z. Pulungan, and E. Pujiyanto, "Identifikasi potensi longsoran lereng pada kuari batugamping menggunakan analisis kinematika", *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 17, no. 2, hal. 61-75, 2021.
- [3] T. Ramadhi, R. A. Nata, and A. F. Pohan. (2019, September). *Kajian Teknis Kestabilan Lereng Pada Pit Centre Barat Daya Tambang Terbuka PT Alied Indo Coaljaya Sawahlunto Dengan Menggunakan Metode Hoek and Bray*. [Online]. Available: <https://ecampus.sttind.ac.id/sttind/AmbilLampiran?ref=2728&jurusan=&jenis=Item&usingId=false&download=false&clazz=ais.database.model.file.LampiranLain>
- [4] D. R. Putra, T. Trides, and S. D. Devy, "Studi Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Kinematika Pada Tambang Batu Pasir Di Kelurahan Rapak Dalam, Kecamatan Loa Janan Ilir, Kota Samarinda, Kalimantan Timur", *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [5] S. Wibowo, and M. Rinaldi, "Kajian Kestabilan Lereng Batuan Menggunakan Klasifikasi Massa Batuan, Metode Elemen Hingga, dan Analisis Batuan Jatuh", *Geoscience Journal*, vol. 2, no. 5, hal. 364-375, 2018.
- [6] R. T. Murniati, "Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Quarry Di PT Total Optimal Prakarsa (TOP), Desa Peniraman, Kalimantan Barat", *JeLAST*, vol. 7, no. 3, 2020.
- [7] U. Ikrima, *et al.*, "Analisa Kestabilan Lereng Pada Bukit Peniraman Dengan Menggunakan Metode Stereografis", *JeLAST*, vol. 8, no. 2, 2021.
- [8] J. E. Bowles, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga, 1989.
- [9] E. Wildani, *et al.*, "Slope Stability Technical Study Using Slope Mass Rating (Smr) Method at PT Karya Sumber Alam Perkasa, Sanggau Regency, Kalimantan Barat", *Jurnal TEKNIK-SIPIL*, vol. 22, no. 2, hal. 185-195, 2022.
- [10] M. Mirsandi, I. Irvani, and F. Fahraini, "Penilaian Tingkat Kestabilan Lereng Batuan Granit Menggunakan Metode Slope Mass Rating (SMR) dan Analisis Kinematika di PT Mandiri Karya Makmur", *MINERAL*, vol. 2, no. 2, hal. 90-99, 2017.

- [11] S. S. Alkadrie, *et al.*, “Kajian Distribusi Ukuran Fragmen Batuan Granodiorit di PT Hansindo Mineral Persada Desa Peniraman Kecamatan Sungai Pinyuh”, *JeLAST*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [12] G. A. Takwin, *et al.*, “Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price (Studi Kasus: Diamond Hill Citraland)”, *TEKNO*, vol. 15, no. 67, 2017.