

# Kajian Geoteknik Menggunakan Metode Kinematik dan Metode Q-Slope pada Front Penambangan Tambang Terbuka PT Trimahesa Cakrawala Desa Liunggunung, Kecamatan Plered, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat

Muhammad Bagas Ismail\*, Yuliadi, Dono Guntoro

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

\*izzatibrahim41@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, donoguntoro@unisba.ac.id

**Abstract.** Mining activities associated with a quarry, is susceptible to slope failure. When it comes to an open-pit mine design, the stability of slopes is paramount. Geotechnical studies is an important function in solving problems related to slopes stability susceptible to failure. The analysis is conducted in a way that optimizes the geometrical features of a mine slope by determining slopes-forming parameters which includes slopes' angles and height to find the criteria of safe slopes. In the study of geotechnical analysis in this study using Kinematic and Q-Slope methods, which analyze single slopes and overall slopes, by projecting a discontinuous plane orientation data in stereographic form. The purpose of this projection is to describe the potential for landslides that occur on each slope analyzed. The Q-slope method can determine the condition of slope stability and the steepest slope based on observations and characteristic conditions in the field, especially factors from the field of geotechnical mapping results.

**Keywords:** Geotechnical Studies, Slope Stability Analysis, Q-Slope and Safety Of Factor.

**Abstrak.** Pada kegiatan penambangan yang berhubungan dengan bukaan lereng, penggalian dapat menimbulkan terjadinya ketidakstabilan lereng yaitu longsoran. Masalah kestabilan lereng ini sangat penting dalam kegiatan rancangan tambang terbuka. kajian geoteknik merupakan fungsi penting dalam mengatasi masalah stabilitas lereng yang rentan terjadinya kelongsoran. Dalam analisis geoteknik salah satunya dengan cara mengoptimalkan geometri lereng tambang dengan menentukan parameter pembentuk lereng yang meliputi sudut serta ketinggian lereng untuk mendapatkan nilai kriteria keamanan lereng. Dalam kajian analisis geoteknik pada penelitian ini menggunakan metode Kinematik dan Q-Slope, yang mana dalam yang menganalisis lereng tunggal dan lereng keseluruhan, dengan memproyeksikan suatu data-data orientasi bidang diskontinu dalam bentuk stereografis. Tujuan dari proyeksi ini untuk menggambarkan potensi longsoran yang terjadi pada setiap lereng yg dianalisis. Metode Q-slope dapat mengetahui kondisi kestabilan lereng dan kemiringan lereng paling curam didasarkan pengamatan dan kondisi karakteristik dilapangan, khususnya faktor dari bidang adanya hasil pemetaan geoteknik (geotechnical mapping).

**Kata Kunci:** Kajian Geoteknik, Analisis Kestabilan Lereng, Q-Slope, dan Faktor Keamanan.

## 1. Pendahuluan

Optimasi lereng tambang sangat penting dilakukan, karena adanya kegiatan penggalian pada suatu tambang terbuka untuk pembangunan lereng akan menyebabkan terjadinya

perubahan besar nilai gaya-gaya pada batuan tersebut yang mengakibatkan terganggunya kestabilan lereng dan pada akhirnya dapat menyebabkan lereng tersebut longsor (Arif, 2016). Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kelongsoran lereng ini mencakup sifat fisik dan mekanik batuan, kondisi air tanah, karakterisasi massa batuan, kondisi struktur yang ada pada batuan serta gaya luar yang diterima batuan. (Hoek dalam Shinta, 2016)

Oleh karena itu dalam merancang suatu tambang terbuka sangat perlu dilakukan suatu analisis terhadap kestabilan lereng yang terjadi karena proses penimbunan maupun penggalian. PT Trimahesa sangat perlu melakukan kajian geoteknik, dimana kegiatan penambangannya sangat berhubungan dengan lereng bukaan tambang. Untuk perencanaan serta pengembangannya kajian geoteknik salah satu hal yang penting untuk menganalisis dan merancang suatu lereng tambang guna mendapatkan lereng yang aman dan optimal.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, berikut merupakan tujuan dari penelitian ini;

1. Mengetahui potensi longsor yang terjadi pada lereng;
2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tambang;
3. Dapat mengetahui sudut kemiringan paling curam pada lereng eksisting.

## 2. Metodologi

Pengambilan Data Primer, Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data pemetaan geoteknik, serta pengambilan sampel pada batuan yang utuh, untuk diuji di laboratorium dan mendapatkan sebagai input parameter pada model geoteknik. Pengambilan Dan Pengkajian Data Sekunder Mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian yang berasal dari perusahaan ataupun referensi lain yang meliputi data umum tentang lokasi penelitian, serta peta-peta yang berhubungan dengan penelitian. Pengajuan data curah hujan 10 tahun terakhir melalui Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Bandung, serta identifikasi kondisi muka air tanah berdasarkan Hoek and Bray. Pengolahan Data Dalam menentukan kemiringan lereng yang paling curam pada aktual, digunakannya metode Q-Slope.

## Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng pada tambang terbuka merupakan faktor yang paling penting dalam perencanaan serta kegiatan pada tambang terbuka. Dimana dapat mempengaruhi dalam kegiatan produksi dan keselamatan pekerja pada tambang (Heryadi,2018). Semakin kegiatan tambang berlangsung dengan melakukan penggalian maka semakin tinggi resiko yang akan muncul. Faktor yang mempengaruhi dari stabilitas lereng kondisi geologi daerah, geometri dari lereng serta faktor-faktor dari luar lereng (Shinta, 2016). Lereng yang alami ataupun lereng buatan memiliki nilai kestabilan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gaya penahan dan gaya penggerak yang bekerja dalam kestabilan lereng tersebut (Zakaria, 2009).

Dalam analisis stabilitas lereng sangat penting dilakukan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng pada tambang terbuka baik pada kondisi alami ataupun pada kondisi terpengaruhi oleh faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Faktor yang paling penting dalam mempengaruhi kestabilan lereng sendiri merupakan sudut kemiringan, dimana dibutuhkannya optimasi dalam geometri lereng yang pada intinya mendapatkan sudut kemiringan yang paling optimal (Nuryanto,2020). Menurut Hoek dalam (Shinta, 2016) ada beberapa faktor yang sangat mempengaruhi dalam analisis kestabilan lereng pada lereng tambang terbuka, diantaranya adalah:

1. Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan

Karakteristik batuan dalam analisis kestabilan lereng tambang sendiri digunakan untuk input analisis meliputi bobot isi batuan, sedangkan parameter karakteristik dari sifat mekanik batuan yang digunakan meliputi kohesi (c), sudut geser dalam serta modulus elastisitas. Dinyatakan dalam kekuatan geser batuan dimana gaya yang berfungsi untuk menahan suatu gaya penekan atau pendorong yang dapat menyebabkan suatu longsor.

## 2. Kondisi Struktur Geologi

Struktur geologi sendiri merupakan suatu bidang lemah material yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Umumnya terbentuk dari proses geologi alami maupun hasil dari proses kegiatan penambangan seperti peledakan. Dalam analisis kestabilan lereng, struktur geologi sangat berperan dalam memperkecil nilai faktor keamanan suatu lereng (Terzaghi, 1950).

## 3. Geometri Lereng

Geometri lereng terdiri dari tinggi lereng (H), kemiringan lereng serta lebar berm (b). Lereng sendiri memiliki 2 macam yakni lereng tunggal (single slope) dan lereng keseluruhan (overall slope). Terjadinya longsor sendiri dipengaruhi dari ketiga geometri ini, pada lereng yang tinggi lebih rentan terjadinya longsor dibandingkan dengan lereng yang cenderung rendah.

## 4. Hidrologi dan Hidrogeologi

Hidrologi sangat berhubungan dengan air permukaan, yang mana berkaitan dengan iklim dan curah hujan. Mempengaruhi terjadinya proses pelapukan pada suatu material. Hidrogeologi berhubungan dengan muka air tanah, kondisi muka air tanah ini dapat menambah besarnya beban pada material penyusun lereng (bobot air material). Material yang relatif jenuh air lebih berpotensi terjadinya kelongsoran dibandingkan dengan material yang relatif kering atau tidak dipengaruhi oleh air.

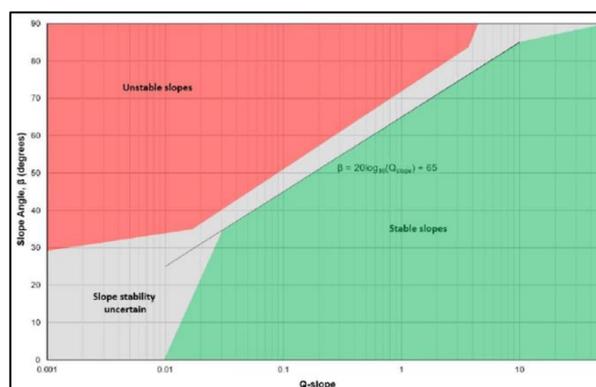
## 5. Faktor Gaya dari Luar

Faktor pengaruh gaya dari luar meliputi pengaruh kegiatan penambangan yang menggunakan alat mekanis dan memiliki beban, serta adanya getaran.

Dalam menilai kestabilan lereng, digunakannya beberapa metode yang menunjang dengan menyesuaikan karakteristik serta kondisi material didaerah penelitian. Metode elemen hingga merupakan pemodelan suatu analisis lereng dengan cara membagi blok-blok lereng ke dalam suatu grid atau mesh pada penerapannya. Didasarkan dengan konsep sistem yang dipengaruhi oleh faktor gaya dari luar, dengan komputing dari sistem tersebut yang dikonversikan menjadi gaya dalam serta perpindahan (Suryanto, 2001).

## Metode Q-Slope

Q-slope merupakan klasifikasi metode empiris dalam membantu ahli geoteknik dan geologi untuk melakukan penilaian secara kualitatif terhadap stabilitas lereng batuan di lapangan dan membuat penyesuaian untuk sudut kemiringan lereng sesuai dengan kondisi massa batuan dan potensi longsor selama kegiatan konstruksi sipil dan proses penambangan berlangsung (Barton dan Bar, 2015). Dimana data-data yang diperlukan sebagai input komputing metode elemen hingga dan Q-slope adalah hasil uji sampel batuan meliputi sifat fisik dan sifat mekanik batuan, data hasil pemetaan geoteknik meliputi kondisi bidang diskontinu didaerah penelitian, hingga faktor-faktor internal dan eksternal mulai dari hidrologi dan hidrogeologi sampai getaran peledakan dan kegempaan.

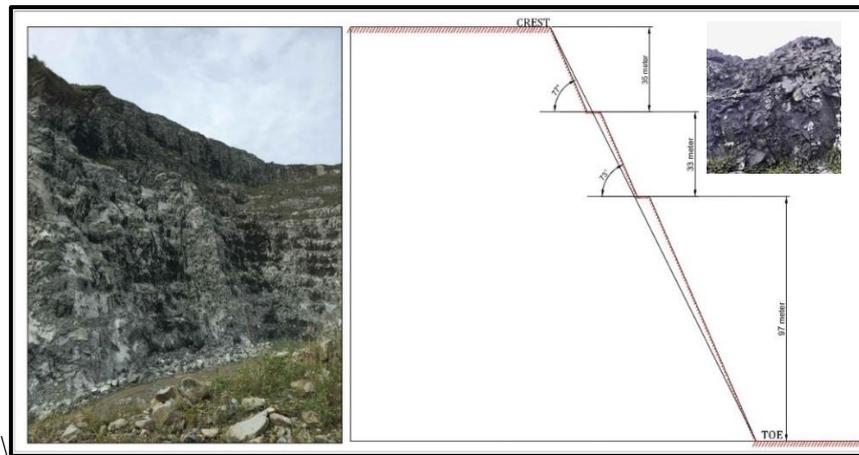


**Gambar 1.** Grafik Kestabilan Q – Slope Tingkat Probabilitas Longsor 1%

### 3. Pembahasan dan Diskusi

#### Kondisi Lereng Daerah Penelitian

Kondisi bidang diskontinu penyusun lereng daerah penelitian cenderung sejajar atau searah dengan lereng yang mana berpotensi dapat menurunkan nilai kestabilan dari lereng. Disamping itu kondisi struktur kekar ini relatif mempengaruhi properties material lereng tambang, masa batuan yang dipengaruhi oleh adanya bidang diskontinu cenderung mengalami pelapukan, berbeda dengan batuan yang tidak terpengaruh oleh bidang diskontinu kondisi bidang batuan lebih fresh atau tidak mengalami pelapukan. Kondisi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Sketsa Kondisi Lereng Daerah Penelitian

#### Pemetaan Geoteknik

Berdasarkan hasil pengamatan geoteknik dengan menggunakan garis bentangan *mapping*, dengan beberapa parameter yang diukur dari bidang diskontinu dengan tujuan untuk mendeskripsikan karakteristik bidang diskontinu penyusun lereng. Panjang bentangan *line mapping* pengukuran yaitu 50 meter pada dinding lereng tunggal. Hasil dari pengamatan *line mapping* bisa dilihat pada Tabel 1. Karakteristik dari bidang diskontinu meliputi *strike* dan *dip* penyusun lereng memiliki orientasi yang relatif sama, dengan hasil parameter disusun oleh karakteristik yang sama.

**Tabel 1.** Hasil *Line Mapping Geotech*

No.	Lokasi	Joint Spacing (m)	RQD (%)	Joint Persistence	Joint Roughness	Joint Alteration
1	Dinding Lereng I	0,984	97,59	>1 m	2-4 (Undulating Rough)	Moderately Weathered
2	Dinding Lereng II	1,084	99,05	>1 m	2-4 (Undulating Rough)	Moderately Weathered
3	Dinding Lereng III	0,916	98,88	>1 m	2-4 (Undulating Rough)	Unweathered

### Potensi Longsoran Berdasarkan Analisis Kinematik

Berdasarkan analisis kinematik guna mengetahui potensi longsoran pada lereng dengan menggunakan data hasil pengukuran bidang diskontinu, serta orientasi kedudukan lereng dan sudut gesek dalam. Beberapa syarat analisis untuk memenuhi terjadinya tipe longsoran, untuk longsoran bidang syarat terjadinya longsoran adalah arah dari bidang gelincir dengan lereng hampir paralel dengan tidak melebihi  $\pm 20^\circ$ , serta dicirikan kemiringan bidang gelincir lebih kecil terhadap kemiringan lereng, dan lebih besar terhadap sudut gesek dalam ( $\Psi_i > \phi$ ). Sedangkan longsoran baji memiliki ciri adanya 2 perpotongan bidang diskontinu kearah kedudukan lereng serta kemiringan lereng searah dengan perpotongan dari bidang diskontinu. Hasil analisis kinematik lereng aktual dapat dilihat pada Tabel 3

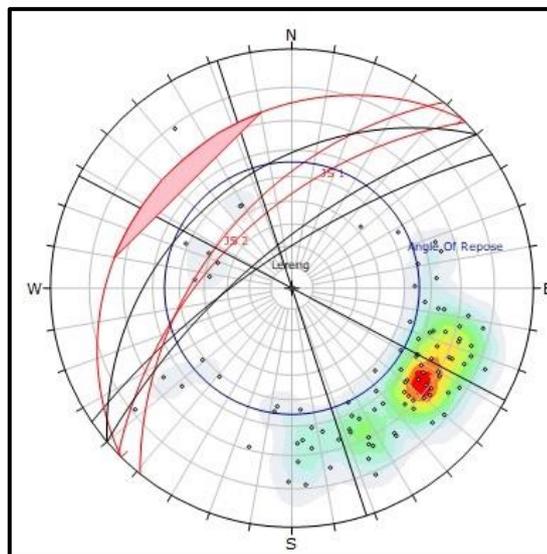
**Tabel 3.** Hasil Analisis Kinematik

No.	Lokasi	$\phi$ (°)	$\alpha_f$	$\alpha_i$	$\Psi_f$ (°)	$\Psi_i$ (°)	Syarat Analisis Kinematik		Hasil
			(N..°E)	(N..°E)			$\alpha_f \approx \alpha_i$ ( $\pm 20^\circ$ )	$\Psi_f > \Psi_i > \phi$	
1	Lereng I	30,54	236	219	73	51	Memenuhi		Longsoran Bidang
2	Lereng II		241	222	71	44	Memenuhi		Longsoran Bidang

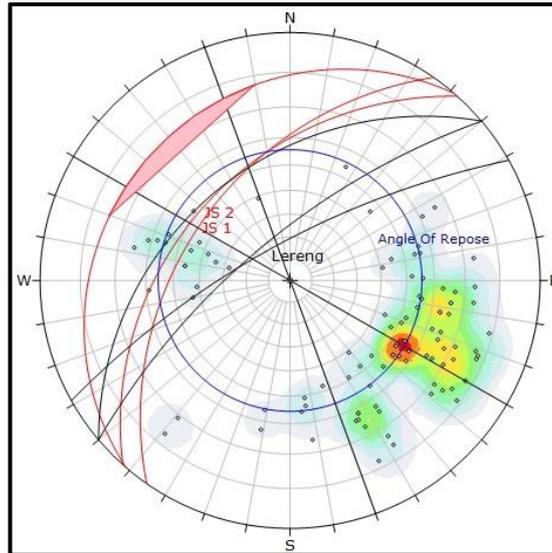
  

No.	Lokasi	$\phi$ (°)	$\alpha_f$	$\alpha_i$	$\Psi_f$ (°)	$\Psi_i$ (°)	Syarat Analisis Kinematik		Hasil
			(N..°E)	(N..°E)			$\Psi_f > \Psi_i$	$\Psi_i > \phi$	
3	Lereng III	20,43	288	228	66	49	Terpenuhi		Longsoran Baji

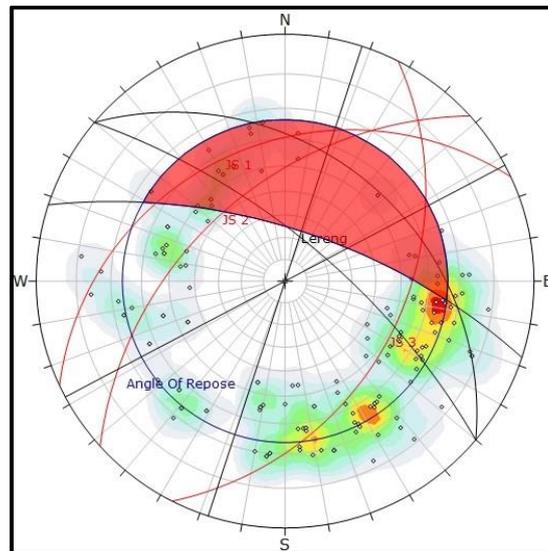
Dari interpretasi orientasi bidang diskontinu, kedudukan lereng dan sudut gesek dalam pada stereografis didapatkan potensi jenis longsoran pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



**Gambar 3.** Analisis Kinematik Lereng I



**Gambar 4.** Analisis Kinematik Lereng II



**Gambar 5.** Analisis Kinematik Lereng III

### **Input Probabilitas Kelongsoran Dan Q-Slope**

Probabilitas longsor merupakan metode probabilistik dengan menggunakan variabel acak yang mempunyai nilai parameter berdistribusi normal. Dengan menginput faktor yang dapat mempengaruhi lereng sehingga didapatkan presentasi lereng berdasarkan variabel acak tersebut. Analisis probabilitas longsor diperlukan analisis statistik terlebih dahulu, guna mendapatkan input variasi nilai masukan perhitungan probabilitas longsor. Parameter analisis statistik yang digunakan adalah K-S Kolmogorov, koefisien Z-Skewness dan koefisien Z-Kurtosis dengan syarat nilai dari Z-Skewness dan Z-Kurtosis tidak lebih dari +1,96 dan tidak kurang dari -1,96 untuk menyatakan data berdistribusi normal, berikut hasil dari uji normalitas pada Tabel 4.

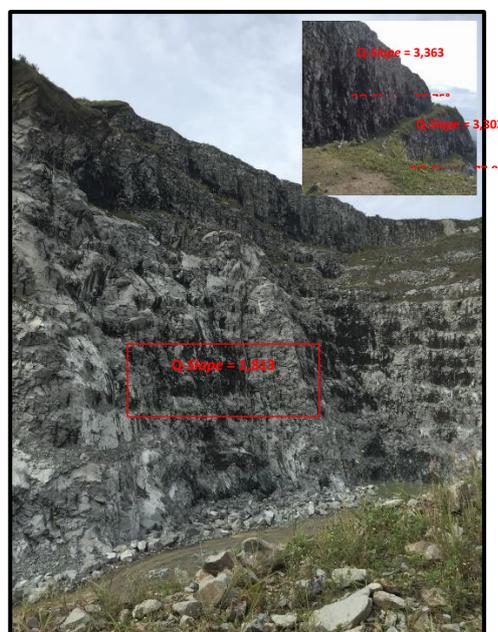
**Tabel 4.** Nilai Hasil Uji Normalitas Analisis Statistik Deskriptif

No	Litologi	Parameter Analisis Statistik	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Natural Density (gr/cc)
1		Min	20,19	116,35	2,608
2		Max	30,54	142,99	2,792
3		STD.DEV	5,06	12,57	0,77
4		KV	20,08%	9,81%	2,82%
5		Mean	25,20	128,14	2,71
6	ANDESIT	K-S Statistic	0,242	0,314	0,23
7		Dcrit K-S>0.05		0,61	
8		Z-Skewness	0,17	0,60	0,05
9		Z-Kurtosis	-1,50	-1,53	-1,03
10		Batas Atas	23,37	125,90	
11		Batas Bawah	25,56	128,08	

Distribusi Normal

Nilai *Q-Slope* didapatkan berdasarkan rumus perhitungan *Q-Slope* dan sudut kemiringan lereng paling curam *Q-Slope* dengan masukan parameter RQD kondisi sangat baik (*excellent*) rerantang nilai 90-100%, serta parameter *Jn* adanya 2 *joint* set ditambah satu set random *joint*, serta karakteristik bidang kekar relatif kasar (*Jr*) dengan tingkat pelapukan adanya sedikit material lempung dan fragmen pasir halus (*Ja*). Berdasarkan dari kondisi didapatkan nilai faktor keamanan/*srf*  $\geq 1.25$  dengan probabilitas longsor  $\leq 37,5\%$ .

Pada dinding lereng I didapatkan nilai *Q-Slope* 3,25 dan kemiringan lereng paling curam aktual  $\beta$ *Q-Slope* 77,75°, sedangkan pada lereng II didapatkan nilai *Q-Slope* 3,302 dan kemiringan lereng paling curam aktual  $\beta$ *Q-Slope* 77,87°. Berdasarkan dari hasil analisis tingkat penerimaan dari permodelan desain lereng tunggal ataupun lereng keseluruhan menghasilkan nilai *SRF*  $\geq 1.25$  dan probabilitas maksimal  $\leq 25-50\%$  (SRK,2010) yang menyatakan lereng keadaan stabil, hasil analisis *Q-Slope* pada Gambar 8.

**Gambar 6.** Nilai *Q-Slope* Pada Lereng

#### 4. Kesimpulan

Untuk hasil analisis kinematik, lereng I dan lereng II menunjukkan adanya potensi terjadinya longsor bidang, sedangkan pada lereng III menunjukkan adanya potensi terjadinya longsor baji. Pada lereng bukaan tambang dinding I hingga III, banyaknya ditemukan bidang

diskontinu, adanya zona kekar gerus dicirikan karakteristik bidang lemah yang relatif halus. Serta pada dinding III adanya kekar yang saling berpotongan potensi terjadinya longsoran baji. Untuk hasil analisis metode Q-Slope dinding lereng I didapatkan nilai 3,252 dengan kemiringan paling curam  $\beta$  Q-Slope sebesar  $77,75^\circ$ , sedangkan pada lereng II didapatkan nilai 3,302 dengan  $\beta$  Q-Slope sebesar  $77,87^\circ$  dan lereng III didapatkan nilai 1,813 dengan  $\beta$  Q-Slope sebesar  $77,16^\circ$ .

### Acknowledge

1. Terimakasih kepada Allah SWT dengan rahmat dan karunianya memberikan kepada penulis kemudahan dan kelancaran dalam menempuh pendidikan hingga saat ini.
2. Terima kasih kepada Dosen serta Staf Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung, terkhusus Bapak Yunus, Bapak Yuliadi selaku pembimbing, Bapak Dono Guntoro Sebagai co pembimbing, Ibu Elfida sebagai dosew wali selama perkuliahan dan Bapak Zaenal selaku coordinator skripsi.
3. Kedua orang tua yang selalu mendukung selama Pendidikan yang ditempuh, serta saudara perempuan selaku kaka yang selalu membantu dalam kesulitan dalam Pendidikan.

### Daftar Pustaka

- [1] Arif Irwandy, 2016. "Geoteknik Tambang, Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng". Jakarta.
- [2] Arrina Khanifa, 2019. "Pengaruh Struktur Kekar Terhadap Kestabilan Lereng Di PT. Energi Batubara Lestari, Kalimantan Selatan". Promine Journal, vol.7 (1). Diakses pada tanggal 17 Juni 2021.
- [3] Aryodi Widiawara dan Lusmeilia Afriani, 2018. "Pengaruh Stabilitas Lereng Terhadap Nilai Kohesi, Sudut Geser Dalam dan Perubahan Tingkat Ketinggian Muka Air Tanah". Prosiding Semnas FT Unila Vol 1. Diakses pada tanggal 3 Mei 2021.
- [4] Devina Trisnawati, 2019. "Kajian Kekuatan Tanah dan Kestabilan Tubuh Tanggul Pada Rencana Tanggul Wedok Lumpur Sidoarjo". Repository Teknik Geologi Undip. Diakses pada tanggal 9 Mei 2021 (Doc. Online).
- [6] I Gede Iindrawan, dan Yan andriansyah, 2014. "Analisis Tipe Longsoran Dan Kestabilan Lereng Berdasarkan Orientasi Struktur Geologi". Sumbawa Barat.
- [7] Jisen Shu, 2011. "Study on Stability of Surface Mine Slope Influenced by Underground Mining Below The Endwall Slope". China.
- [8] Joseph E. Bowless, 1986. "Foundation Analysis and Design". USA.
- [9] Neil Bar and Nick Barton, 2015. "The Q-Slope Method for Rock Slope Engineering". Austria.
- [10] Nuryanto, 2020. "Analisis Stabilitas Dan Desain Perkuatan Lereng Kawasan Sentul". Jurnal Teknik Gunadarma. Diakses pada tanggal 8 Mei 2021.
- [11] Wahyu Nusantara Akbar, 2020. "Analisis Kestabilan Lereng Metode Q-Slope, Kesetimbangan Batas Dan Probabilitas Kelongsoran". Tambang UPN.co.id. Diakses pada tanggal 14 Maret 2021 (Doc. Online).
- [12] Prahasta Guntur Indra, Yuliadi, Moralista Elfida. (2021). *Redesign Geometri Lereng Penambangan Batugamping Kuari C di PT X Kecamatan Palimanan Kabupaten Cirebon Provinsi Jawa Barat*. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, 1(1), 30-38.