

## Identifikasi Zona Rawan Longsor Menggunakan Analisis Probabilitas Kelongsoran pada Lereng Alami dengan Metode Kesetimbangan Batas (Limit Equilibrium Method)

Moch Syahril Gunawan<sup>\*</sup>, Yuliadi, Dono Guntoro

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

<sup>\*</sup> syahril085@gmail.com, yuliadibejo@gmail.com, guntoro\_mining@yahoo.com

**Abstract.** The probability of failure is the level of possibility of the slopes of the potential landslides as a result of the value of the geotechnical parameters that deviate from the calculation of the safety Factor of the slope ( $FK \leq 1,2$ ). The value of the Safety Factor of the slope can be optimized with the value of Probability of Failure, so that it can provide a level of confidence to the design of the slope. The value of PK is optimized by using a probabilistic method which gives the representation of explicit uncertainty in the study of slope stability. Ciburial village is classified as a plateau situated at elevation 750-1200 meters with rainfall per year reached the 1,500 – 4,000 mm/year, with the state of the state of the topography allows Ciburial Village, this became an area prone to landslides. The purpose of this study is to determine the cause of the occurrence of landslides with a small scale what often happens. To determine the value of the probability of landslide on a natural slope, and determine the value of the safety Factor and the probability of landslide slopes in static conditions and dynamic. Slope stability analysis is performed by using the method of limit equilibrium Bishop accompanied by a probabilistic analysis using Monte Carlo methods using the Software Slide 6.0. Based on the results of the research of the natural slope in the study area have the value of the Safety Factor  $\leq 1.2$  and Probability of Failure of 100%. Which means that the slopes in the study area in a critical state, so we need some workarounds that should be done to prevent landslides-landslides with a small scale in the area of research.

**Keywords:** *Landslide, Safety Factor, Probability Of Failure.*

**Abstrak.** Probabilitas Longsor adalah tingkat kemungkinan lereng berpotensi longsor akibat nilai parameter geoteknik yang menyimpang dari perhitungan Faktor keamanan lereng ( $FK \leq 1,2$ ). Nilai Faktor Keamanan lereng dapat dioptimasi dengan nilai PK, sehingga dapat memberikan tingkat keyakinan terhadap desain lereng tersebut. Nilai Probabilitas Kelongsoran dioptimasi dengan menggunakan metode probabilistik yang memberikan representasi eksplisit dari ketidakpastian dalam kajian stabilitas lereng Desa Ciburial ini tergolong kedalam dataran tinggi terletak pada elevasi 750-1200 mdpl dengan curah hujan pertahun mencapai 1.500 – 4.000 mm/tahun, dengan keadaan keadaan topografinya ini memungkinkan Desa Ciburial ini menjadi daerah yang rawan akan bencana longsor. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui penyebab terjadinya longsor dengan skala kecil yang seringkali terjadi. Hingga mengetahui nilai probabilitas kelongsoran pada lereng alami, dan mengetahui nilai Faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran lereng pada kondisi statis dan dinamis. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode kesetimbangan batas Bishop disertai analisis probabilistik dengan menggunakan metode Monte Carlo menggunakan Software Slide 6.0. Berdasarkan hasil penelitian lereng alami pada daerah penelitian memiliki nilai Faktor Keamanan  $\leq 1,2$  dan Probabilitas Kelongsoran 100%. Yang artinya lereng dalam daerah penelitian dalam keadaan kritis, sehingga perlu beberapa penanganannya yang harus dilakukan agar tidak terjadi longsor-longsor dengan skala kecil pada daerah penelitian.

**Kata Kunci:** *Longsor, Faktor keamanan, Probabilitas Kelongsoran*

## A. Pendahuluan

Longsor adalah pergerakan massa batuan, bahan rombakan dan tanah pada suatu lereng yang berpindah tempat karena gravitasi dan terganggunya keseimbangan gaya yang bekerja antara beban berat sendiri tanah/batuan dan kemampuannya dalam menahan beban (Cruden, 1991). Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan yaitu air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Probabilitas Longsor (Probability of Failure) adalah tingkat kemungkinan suatu lereng berpotensi longsor akibat nilai dari satu atau lebih parameter geoteknik yang menyimpang dari perhitungan Faktor keamanan lereng (Faktor Keamanan  $\leq 1,2$ ) (Kepmen 1827, 2018). Oleh karena itu, nilai Faktor lereng dapat dioptimasi dengan nilai PK, sehingga dapat memberikan tingkat keyakinan terhadap desain lereng tersebut (Masagus, dkk, 2011). Nilai Probabilitas Kelongsoran di optimasi dengan menggunakan metode probabilistik yang memberikan representasi eksplisit dari ketidakpastian dalam kajian stabilitas lereng (Masagus, dkk, 2011).

Desa Ciburial merupakan salah satu wilayah yang terletak di Kabupaten Bandung, topografi Desa ciburial ini tergolong kedalam dataran tinggi terletak pada elevasi 750-1200 mdpl dengan curah hujan pertahun mencapai 1.500 – 4.000 mm/tahun, dengan keadaan keadaan topografinya ini memungkinkan Desa Ciburial ini menjadi daerah yang rawan akan bencana longsor, sehingga guna meminimalisir kecelakaan besar terjadi akibat bencana longsor Desa Ciburial ini perlu pemantauan probabilitas kelongsoran hingga perhitungan Faktor Keamanan agar dapat memonitoring pergerakan tanah secara real time.

## B. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara pengambilan data di lapangan serta pengolahan data sehingga dapat dihasilkan suatu analisis dari kegiatan pengukuran, dan pengolahan. Data yang didapatkan dari metode yang dilakukan antara lain :

### 1. Pengambilan Data

Adapun pengambilan data antara lain :

#### a. Metode Primer

Metode primer merupakan metode yang dilakukan dengan tahapan persiapan dan juga tahapan pengamatan, dimana tahap persiapan dilakukan dengan persiapan alat, review teori dasar dan memahami secara prosedur percobaan yang akan dilakukan. Kemudian tahap pengamatan, pada tahapan ini dilakukan proses pengamatan dan pengambilan data hasil pengamatan, seperti pengambilan sampel batuan dan sampel tanah, koordinat lokasi longsor longsor kecil, uji laboratorium untuk pengujian sampel batuan dan tanah yang meliputi sifat fisik dan mekanik, data kohesi, sudut geser dalam, bobot isi material. Kemudian tahap akhir, pada tahapan ini dilakukan pengolahan data dengan beberapa pengujian secara keseluruhan dan selanjutnya diolah kemudian dapat menghasilkan suatu analisis.

#### b. Metode Sekunder

Metodologi penelitian sekunder dilakukan melalui studi literatur berupa jurnal dan laporan terdahulu, studi peta dasar yaitu peta topografi, peta geologi dan peta morfologi, serta klasifikasi intensitas kelongsoran menurut menurut Bowles 1989, hingga memodelkan lereng untuk Faktor Keamanan lereng dengan simulasi monte carlo melalui perangkat lunak slide 6.0 (data properties pengujian).

## 2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan informasi lebih dari data yang sudah didapatkan sebelumnya melalui pengambilan data di lapangan atau studi literatur, adapun pengolahan data dilakukan untuk mendapat nilai Faktor Keamanan (FK), Probabilitas Kelongsoran (PK) hingga dapat memonitor longsor secara real time.

## 3. Teknik Analisis Data

Adapun kegiatan teknik analisis data yang dapat dilakukan dari hasil pengolahan data penelitian kali ini antara lain :

- a. Menganalisis Faktor Keamanan lereng alami pada daerah penelitian;
- b. Menganalisis parameter yang mempengaruhi probabilitas longsor pada daerah penelitian;
- c. Menganalisis pemodelan lereng dengan variasi kemiringan dan ketinggian dan sudut lereng yang telah ditentukan.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Data Hasil Penelitian

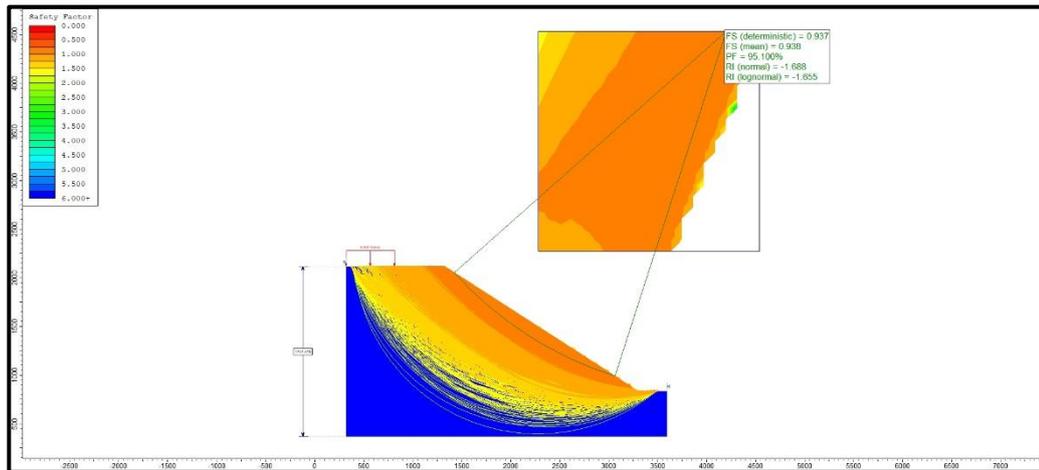
Dari hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah daerah penelitian didapatkan beberapa input parameter geoteknik seperti kohesi, sudut gesek dalam. Adapun hasil pengujian sifat fisik ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

No	Sample Code	Cohesion (C) (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesion ( C ) (kN/m <sup>2</sup> )	Internal Friction Angle ( <sup>o</sup> )
	Cbr 1	0,25	24,51	29,30
	Cbr 2	0,25	24,51	30,50
1	Cbr 3	0,24	23,53	31,20
	Cbr 4	0,20	19,61	28,80
	Cbr 5	0,26	25,49	29,50

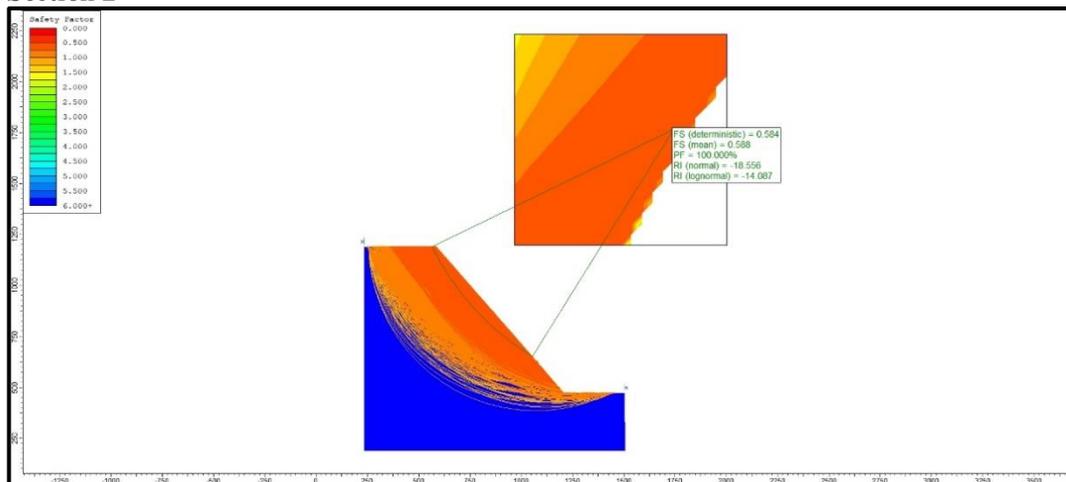
Dari hasil input parameter geoteknik dari hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah pada daerah penelitian ini dapat dijadikan sebagai parameter input geoteknik atau analisis kestabilan lereng alami pada daerah penelitian, Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng yang dilakukan dalam pemodelan dengan menggunakan software slide 6.0 dengan beberapa input parameter mengenai sifat mekanik batuan dan probabilitas serta dalam input parameter kestabilan lereng dilengkapi dengan beban statis dan dinamis yaitu dari beban bangunan dan beban kegempaan. Adapun hasil analisis didapatkan hasil kestabilan lereng sebagai berikut :

1. Section 1



Section 1 ini dengan pemodelan slide menunjukkan nilai Faktor Keamanan 0,932 dengan nilai PF (Probability Failure) 95%, dengan beban yang ditambah dari nilai beban beton dan kegempaan pada section 1 ini menunjukkan lereng yang memiliki nilai Faktor Keamanan  $\leq 1,2$ .

2. Section 2



Section 2 ini dengan pemodelan slide menunjukkan nilai Faktor Keamanan 0,584 dengan nilai PF (Probability Failure) 100%, dengan beban yang ditambah dari nilai beban beton pada section 2 ini menunjukkan lereng yang memiliki nilai Faktor Keamanan  $\leq 1,2$ .

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua lereng alami tersebut dalam kritis sehingga diperlukan optimasi geometri lereng agar diketahui kondisi geometri lereng yang aman. Kestabilan lereng merupakan aspek yang perlu diperhatikan dalam tambang terbuka untuk mencegah terjadinya kelongsoran. Kestabilan lereng dapat dipelajari menggunakan analisis kesetimbangan batas yang didasarkan dari teori Mohr–Coulomb Failure Criterion untuk mengetahui respons dari material batuan terhadap suatu gaya yang diberikan.

**Optimasi Kestabilan Lereng**

Penelitian ini dilakukan untuk mendapat desain lereng yang aman dan optimal dengan pendekatan probabilistik dengan simulasi Monte Carlo, sehingga mendapatkan nilai probabilitas kelongsoran dalam rangka mengurangi ketidakpastian dalam kajian

stabilitas lereng Perhitungan kestabilan lereng menggunakan metode Limit equilibrium. Adapun ketinggian dan sudut geometri yang digunakan dalam optimasi kestabilan lereng section 1 ini dapat ditinjau pada tabel 2.

**Tabel 2.** Variasi Ketinggian dan Sudut Section 1

Ketinggian (m)	Sudut (°)
10, 15, 20, 25, 30	15, 15.5, 16, 16.5, 17

Ditinjau dari optimasi pemodelan lereng dengan beberapa variasi ketinggian dan sudut didapatkan nilai dengan Faktor Keamanan terbesar pada 1,35 yaitu pada sudut 10° dengan tinggi 16 m dengan nilai Probabilitas kelongsoran atau PK 0. Adapun nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran dari optimasi lereng pada section 1 ini dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Faktor Keamaan dari Optimasi Lereng Section 1

Lereng	Sudut	Tinggi Lereng	FK	PK
Alami	33	17,5	0,635	100%
Variasi 1		17	0,911	100%
Variasi 2		16,5	0,71	100%
Variasi 3	30	16	0,719	100%
Variasi 4		15	0,703	100%
Variasi 5		15,5	0,726	100%
Variasi 6		17	0,84	100%
Variasi 7		16,5	0,859	100%
Variasi 8	25	16	0,834	100%
Variasi 9		15	0,838	100%
Variasi 10		15,5	0,859	100%
Variasi 11		17	1,012	100%
Variasi 12		16,5	1,006	100%
Variasi 13	20	16	1,024	100%
Variasi 14		15	1,02	100%
Variasi 15		15,5	1,016	100%
Variasi 16		17	1,196	0%
Variasi 17	15	16,5	1,169	35%
Variasi 18		16	1,181	40%

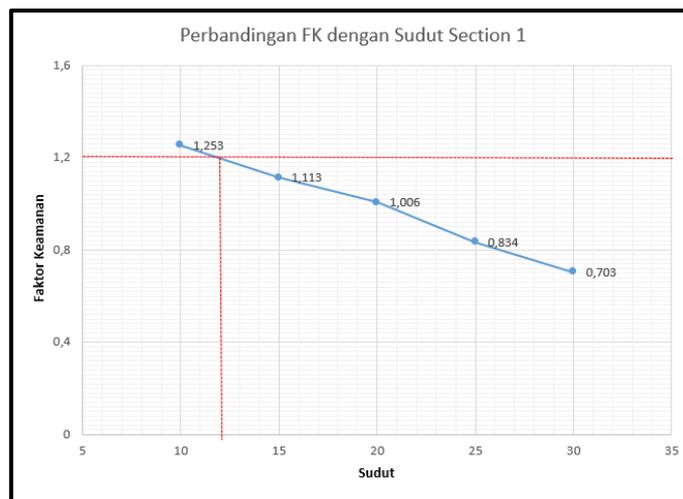
Variasi 19		15	1,113	40%
Variasi 20		15,5	1,153	40%
Variasi 21		17	1,321	0%
Variasi 22		16,5	1,266	0%
Variasi 23	10	16	1,35	0%
Variasi 24		15	1,269	0%
Variasi 25		15,5	1,253	0%

Sehingga untuk didapatkan rekomendasi Faktor Keamanan dengan sudut dan ketinggian tertentu perlu dilakukan analisis perbandingan antara Faktor Keamanan dengan sudut agar didapatkan rekomendasi geometri lereng yang aman. Rekomendasi Faktor Keamanan ini dihitung dari nilai Faktor Keamanan minimal dari setiap variasi sudut sehingga akan didapatkan nilai Faktor Keamanan yang direkomendasikan. Adapun nilai Faktor Keamanan yang direkomendasikan pada section 1 ini didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Tinggi Lereng} = \frac{(Fk1 \times Fk2) + (T1 \times T2)}{(Fk1 + T1)}$$

$$\text{Tinggi Lereng} = \frac{(1,253 \times 1,113) + (15,5 \times 15)}{(1,253 + 15,5)} = 13,96\text{m}$$

Sehingga pada section 1 ini geometri lereng yang direkomendasikan yaitu sudut 12° dengan tinggi lereng 13,96 meter. Adapun rekomendasi lereng pada section 1 ini ditinjau dari grafik perbandingan Faktor Keamanan dengan sudut dapat ditinjau pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Rekomendasi Sudut Lereng Alami Dengan Sudut Section 1

Sedangkan kondisi untuk section 2 geometri lereng yang digunakan untuk Optimasi kestabilan lereng ini dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Variasi Ketinggian dan Sudut Section 2

Ketinggian (m)	Sudut (°)
12, 15, 20,30	15, 15.5, 16, 16.5, 17

Ditinjau dari optimasi permodelan lereng dengan beberapa variasi ketinggian dan sudut didapatkan nilai dengan Faktor Keamanan terbesar 1,31 dan nilai Probabilitas kelongsoran atau PK 0% yaitu pada sudut 10° dan tinggi lereng 16 m dan nilai Faktor Keamanan terkecil 0,717 yaitu pada sudut 30° dan tinggi lereng 16m. Adapun nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran dari optimasi lereng pada section 2 ini dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Faktor Keamaan dari Optimasi Lereng Section 2

Lereng	Sudut	Tinggi Lereng	FK	PK
Alami	49	10	0,411	100%
Variasi 1		10	0,739	100%
Variasi 2		12	0,728	100%
Variasi 3	30	14	0,731	100%
Variasi 4		16	0,717	100%
Variasi 5		8	0,735	100%
Variasi 6		10	0,973	100%
Variasi 7		12	0,951	100%
Variasi 8	20	14	1,026	100%
Variasi 9		16	1,035	100%
Variasi 10		8	1,021	100%
Variasi 11		10	1,085	100%
Variasi 12		12	1,097	100%
Variasi 13	15	14	1,169	45%
Variasi 14		16	1,165	45%
Variasi 15		8	1,11	45%
Variasi 16		10	1,173	45%
Variasi 17		12	1,189	35%
Variasi 18	10	14	1,252	0%
Variasi 19		16	1,31	0%
Variasi 20		8	1,28	0%

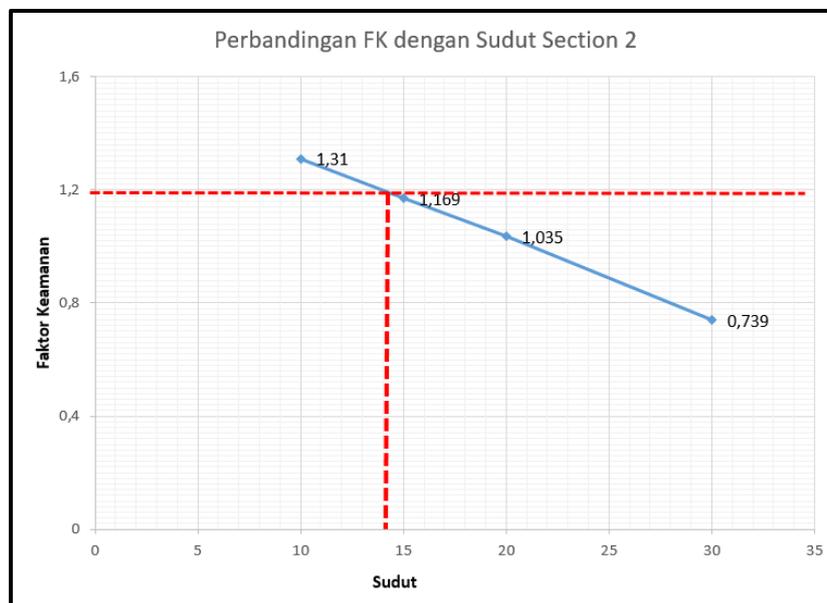
Sehingga untuk didapatkan rekomendasi Faktor Keamanan dengan sudut dan

ketinggian tertentu perlu dilakukan analisis perbandingan antara Faktor Keamanan dengan sudut agar didapatkan rekomendasi geometri lereng yang aman. Rekomendasi Faktor Keamanan ini dihitung dari nilai Faktor Keamanan minimal dari setiap variasi sudut sehingga akan didapatkan nilai Faktor Keamanan yang direkomendasikan. Adapun nilai Faktor Keamanan yang direkomendasikan pada section 2 ini didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Tinggi Lereng} = \frac{(Fk1 \times Fk2) + (T1 \times T2)}{(Fk1 + T1)}$$

$$\text{Tinggi Lereng} = \frac{(1,31 \times 1,169) + (8 \times 14)}{(1,31 + 8)} = 12,19\text{m}$$

Sehingga pada section 1 ini geometri lereng yang direkomendasikan yaitu sudut  $14^\circ$  dengan tinggi lereng 12,19 meter. Adapun rekomendasi lereng pada section 2 ini ditinjau dari grafik perbandingan Faktor keamanan dengan sudut dapat ditinjau pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Rekomendasi Sudut Lereng Alami Dengan Sudut Section 2

#### D. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilakukan antara lain :

1. Susunan stratigrafi bawah permukaan daerah penelitian dari hasil analisis interpretasi bawah permukaan dengan metode geolistrik didapatkan analisis bahwa susunan bawah permukaan terdiri dari soil dan juga breksi dan dari ciri-ciri dilapangan longsoran yang telah terjadi sebelumnya diakibatkan oleh jenis longsoran bidang, bukan dari gelinciran material tanah yang jenuh sebab lapisan batuan bawahnya termasuk batuan yang memiliki porositas yang tinggi (breksi)
2. Faktor Keamanan daerah penelitian ini dibagi menjadi 2 section, dimana pada section 1 lereng setelah dilakukan permodelan dengan slide 6.0 nilai Faktor Keamanan sebesar 0,653 yaitu yang berarti lereng kritis dan section 2 memiliki nilai Faktor Keamanan 0,411 yang berarti lereng dalam keadaan kritis, sehingga ketika dilakukan beberapa permodelan dengan pembebanan dan kegempaan didapatkan nilai yang bervariasi sehingga didapatkan rekomendasi lereng yang aman apabila dilakukan pembangunan kembali pada daerah penelitian.

3. Lereng alami pada daerah penelitian ini berpotensi terjadinya longsor apabila dilakukan atau ditambah pembebanan bangunan sehingga dalam keadaan geometri lereng dalam keadaan alami tidak direkomendasikan untuk penambahan beban bangunan karena keadaan lereng dan material lereng tidak memungkinkan untuk ditambah beban bangunan dalam keadaan jenuh atau curah hujan yang tinggi
4. Rekomendasi lereng dilakukan dari optimasi lereng dan perbandingan antara Faktor Keamanan dan Sudut dari hasil beberapa optimasi dengan beberapa variasi sehingga pada penelitian ini didapatkan rekomendasi lereng. Dari grafik perbandingan Faktor Keamanan Alami dengan Sudut pada section 1 ini geometri lereng yang direkomendasikan adalah geometri lereng dengan sudut  $12^\circ$  dan tinggi 13,96m. Dari grafik perbandingan Faktor Keamanan dengan Sudut pada section 2 ini geometri lereng yang direkomendasikan adalah geometri lereng dengan sudut  $14^\circ$  dan tinggi 12,19m. Rekomendasi geometri lereng ini didapatkan dari optimasi lereng dengan berbagai variasi penurunan sudut dan juga ketinggian geometri lereng, sehingga didapatkan nilai rekomendasi lereng yang aman.

### Acknowledge

1. Dosen dan Staff Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung. kepada Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Prodi, Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si.,S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Prodi, Bapak Ir. Yuliadi, S.T, M.T. selaku Pembimbing , Bapak Ir. Dono Guntoro S.T, M.T selaku Co-Pembimbing serta semua Dosen dan Staf yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, motivasi kepada penyusun
2. Orang Tua dan Keluarga Penulis, Kedua Orangtua, Agus Gunawan dan Ai Haryati, terimakasih selalu memberikan dukungan terbaik.
3. Staff Asisten Laboratorium Eksplorasi Unisba.
4. Keluarga Besar Tambang 2017, terimakasih karena tidak pernah lelah membantu dan berjuang bersama serta support terbaik yang diberikan. Kalian semua Orang Orang Hebat

### Daftar Pustaka

- [1] Ahmad, Massagus., dkk, 2011 “Aplikasi Probabilistik Untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus di PT Tambang Batubara Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan)”, Prosiding TPT XX Perhapi, Mataram.
- [2] Arif, Irwandy, 2016, “Geoteknik Tambang”, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- [3] Bishop, A. W., 1955, “The Use Of Slip Surface In The Stability Of Analysis Slope” Geotechnique, Vol 5, London
- [4] Cruden, David Milne 2014, “Landslide Types And Processes”, University Of Alberta, Canada.
- [5] Hoek, E Bray, J.W. 1981 “Rock Slope Engineering 3rd Edition” The Institute Of Mining And Metallurgy, London.
- [6] Hutchinson, J.N, 1968, “Mass Movement In R.W Fairbridge” Encyclopedia of Geomorphology, Reinhold Publisher, New York
- [7] Rai, Made Astawa, 2012, “Mekanika Batuan” Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [8] Van Bemmelen, R.W (1949) “The Geology Of Indonesia” Martinus Nyhof. The Haque
- [9] Varnes D.J 1978 “Slope Movement Types And Processes” National Academy Science
- [10] Wylie, D.C, 2004, “Rock Slope Engineering Civil and Mining 4th Edition” Spon Press, New York