

# Analisis Kestabilan Lereng Tambang Menggunakan Metode Janbu *Simplified* Dengan Pendekatan Probabilitas Kelongsoran Pada PLB Front IV Batukapur IUP OP 206,96 Ha PT. Semen Padang, Indarung, Provinsi Sumatera Barat

Dewi Suryani<sup>1\*</sup>, Bambang Heriyadi<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

\*[Dewisuryani011@gmail.com](mailto:Dewisuryani011@gmail.com)

\*\*[bambangh@ft.unp.ac.id](mailto:bambangh@ft.unp.ac.id)

**Abstract.** PT. Semen padang is a limestone mining company which is materials for cement manufacturing in lubuk kilangan, padang city. Ore is extracted by open pit mining method with a side hill type system, which is an open mining method that is applied to mine rocks located on hillsides or in the form of hills. The plb (point loading barat) area is one of an activity area for the limestone loading process in iup op 206.96 ha. The mining process causes the rock mass become unstable and has the potential for slope failure. The results of the actual slope analysis using method simplified janbu, the value of the safety factor (SF) is 1.05 and the probability of failures (PF) is 14.6%. And the saturated slope has a safety factor (SF) value is 0.8 and the probability of failures (PF) is 100%. Recommendations of slope geometry based on the results of slide 6.0 software analysis obtained a safety factor (fk) is 1.37 and the probability of failure (PF) is 0.00%. While in saturated condition the result of safety factor (fk) is 1.36 and probability of failure (PF) is 0.00% with a slope height of 70.7 m and a slope of 42°. Based on the sensitivity plot graph, the material that affects the slope stability of plb front IV PT. Semen padang is the cohesion input material (c).

**Keywords:** safety factor, slope geometry, Janbu *simplified*, Probability of failure, slope stability

## 1. Pendahuluan

PT. Semen Padang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di industri pertambangan batukapur (*limestone*) yang merupakan bahan baku pembuatan semen, terletak di Kecamatan Lubuk Kilangan, yang jaraknya + 14 Km dari Pusat Kota Padang dengan ketinggian + 200 M dari permukaan laut.

Penambangan dilakukan dengan cara tambang terbuka dengan sistem *side hill type* yaitu sistem penambangan terbuka yang diterapkan untuk menambang batuan yang terletak di lereng bukit atau berbentuk bukit. Area PLB (*Point Loading Barat*) merupakan area kegiatan proses *loading* batukapur pada IUP OP 206,96 Ha.

Kestabilan lereng tambang terbuka pada industri pertambangan merupakan salah satu isu penting, hal ini berkaitan dengan peningkatan produksi perusahaan tambang di Indonesia, akibatnya perusahaan tambang tersebut melakukan pelebaran dan pendalaman penggalian<sup>[1]</sup>. Semakin lebar dan dalam tambang terbuka tersebut dilakukan penggalian, maka tentunya akan semakin besar risiko yang akan muncul atau semakin meningkatkan ketidakpastian pada faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tambang terbuka tersebut.

Peristiwa longsor merupakan salah satu bencana yang menyebabkan banyak kerugian, dan mampu memberikan dampak negatif terhadap perusahaan, berupa kerugian materi seperti rusaknya peralatan bahkan hilangnya nyawa manusia. Untuk keamanan dari

proses penambangan, maka dilakukan evaluasi terhadap kestabilan lereng pada area tersebut karena menyangkut keselamatan kerja.

Indikator kestabilan lereng yang digunakan saat ini yaitu faktor keamanan (FK) tidak mampu memberikan desain teoritis yang aman dalam desain praktek suatu lereng, karena banyaknya faktor dan ketidakpastian yang memengaruhi proses analisis Faktor Keamanan suatu lereng. Hal ini terlihat dari beberapa lereng yang diteliti oleh Hoek & Bray<sup>[2]</sup> dimana masih terjadi longsor pada lereng yang memiliki kriteria faktor keamanan yang dapat diterima, serta didapatkan beberapa lereng yang masih stabil pada kriteria faktor keamanan yang tidak dapat diterima<sup>[3]</sup>. Hal ini dikarenakan faktor keamanan hanya menganggap nilai rata-rata parameter masukan sudah mewakili karakteristik masing-masing parameter masukan tersebut. Padahal secara alamiah seluruh parameter tersebut memiliki variasi nilai yang memiliki peluang sama untuk mewakili karakteristik masing-masing parameter. Oleh sebab itu diperlukan suatu cara yang dapat menjadi solusi kondisi tersebut<sup>[4]</sup>. Suatu alternatif selain pendekatan FK untuk disain lereng adalah metode probabilistik yang didasarkan pada perhitungan probabilitas kelongsoran (PK) lereng



Gambar 1. Lereng pada titik area PLB Batukapur

Berdasarkan gambar diatas adanya lereng tambang yang memiliki tinggi 70.7 meter dan memiliki kemiringan 46°. Diketahui material penyusun lereng tersebut berupa batukapur,serta dibawah lereng terdapat jalan transportasi alat dan area operasi penambangan. Dinding lereng tersebut masih meninggalkan banyak crack akibatkan getaran peledakan sebelumnya. Pada lereng tersebut ditemukan adanya longsor .

## 2. Lokasi Penelitian

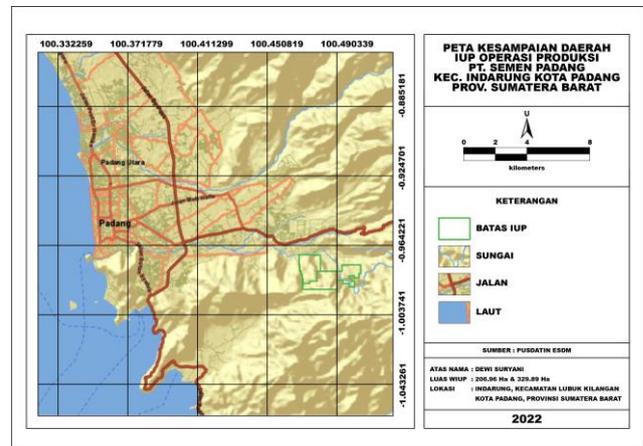
### 2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi tambang PT Semen Padang berada di Bukit Karang Putih yang berada di daerah Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat kurang lebih 15 km di sebelah timur Kota Padang dengan ketinggian 350 mdpl.

Lokasi penambangan batu kapur berada di Bukit Karang Putih yang terletak di Desa Karang Putih. Karang Putih adalah sebuah perkampungan kecil yang terletak ± 2 km di sebelah selatan Indarung dan terletak antara 0° 56' 51.56" LS sampai 0° 57' 50.56" LS dan

100° 26' 51.76" BT sampai 100° 26' 56.56" BT. Lokasi penambangan batu kapur dihubungkan dengan jalan yang telah dibeton dan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan umum atau naik kendaraan milik PT Semen Padang. Tambang batu kapur sebagai bahan baku terletak pada daerah Karang Putih yang berjarak 1600 meter dari pabrik.

Bukit Karang Putih berumur kala miosen tengah dan intrusi batuan beku. Di sebelah Selatan daerah Bukit Karang Putih berumur kala miosen akhir. Satuan batuan yang paling muda yang terdapat di Bukit Karang Putih adalah vulkanik berumur tersier atau kuartar dan secara tidak selaras menutupi satuan batuan lain yang ada sebelumnya. Satuan batuan yang paling muda yang terdapat di Bukit Karang Putih adalah vulkanik berumur tersier atau kuartar dan secara tidak selaras menutupi satuan batuan lain yang ada sebelumnya. Sedangkan terjadi secara anorganik, jenis batuan gamping yang terjadi dalam kondisi iklim dan suasana tertentu dalam air laut atau air tawar, Magnesium, lempung dan pasir merupakan unsur pengotor pengendap bersama-sama pada saat proses pengendapan.



Gambar 2. Kesampaian Lokasi IUP PT. Semen Padang

### 2.2. Geomorfologi

Secara umum daerah penelitian merupakan daerah perbukitan struktural landai sampai agak curam. Kemiringan lerengnya berkisar 10% hingga lebih dari 85%, dengan ketinggian dari 225 m hingga 720 m dari permukaan air laut.

### 2.3. Litologi

litologi penyusun satuan batuan ini didominasi oleh batuan rijang (chert), Filit (sekisan), batu sabak dan konglomerat, yang hanya tersingkap setempat-setempat pada alur sungai batang Idas arah ke hulu. Di lapangan, tidak dijumpai kontak yang jelas diantara lithologi di atas. Secara umum hanya dijumpai perubahan secara berangsur dari Batukapur kristalin menjadi marmer, sedangkan Batukapur hablur dijumpai pada zona sesar atau hancuran. Batukapur hablur (sugary limestone) berwarna putih keabu-abuan, putih kecoklatan, dan mengandung mineral kalsit 95% hingga 100%.

## 2.4. Struktur Geologi

Struktur Geologi yang ada yaitu, kekar, bidang sesar dan hancuran atau breaksiasi. Gejala struktur geologi atau bantuan untuk mengarah ke terjadinya struktur geologi yang lain adalah kelurusan sungai, mata air dan lubuk-lubuk yang dalam.

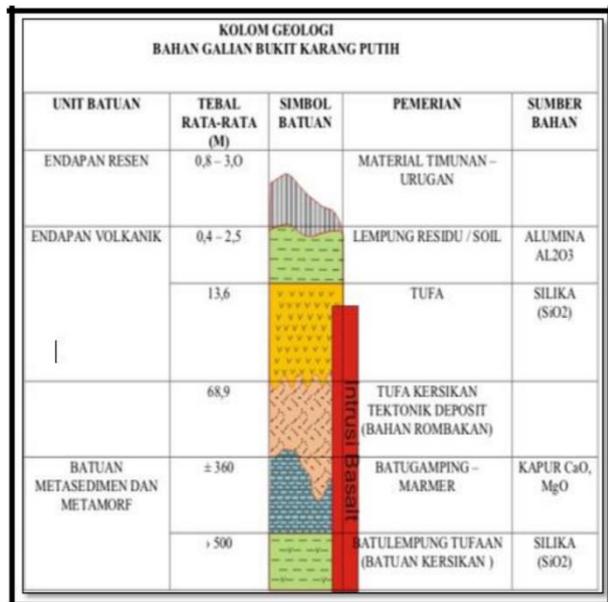
### 2.4.1. Kekar

Struktur kekar yang berkembang meliputi *gash fracture* dan *shear fracture* yang terdiri dari *extensionjoint* dan *release joint*. Kekar yang dijumpai pada umumnya masih terbuka dan pada beberapa lokasi ada yang terisi oleh mineral kalsit atau mineral ubahan lainnya.

### 2.4.2. Sesar

Ada 6 sesar utama yang berkembang di daerah penelitian

- Sesar batang Idas
- Sesar ngalau (normal fault).
- Sesar air luhung
- Sesar batu putih
- Sesar karang putih
- Sesar lubuak paraku.



Gambar 3. Stratigrafi Bukit Karang Putih

## 3. Kajian Teori

### 3.1. Konsep kestabilan lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai. Sedangkan lereng buatan

manusia antara lain: galian dan timbunan, tanggul dan dinding tambang terbuka<sup>[5]</sup>.

Kestabilan lereng baik lereng alami maupun buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsor) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggerak, lereng tersebut akan menjadi tidak stabil dan akan terjadi longsor. Longsor merupakan suatu proses alami yang terjadi untuk mendapatkan kondisi kestabilan lereng yang baru (keseimbangan baru), dimana gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak.

Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan atau tanah adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor. Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut:

$$FK = \frac{R}{Fp} \tag{1}$$

FK = faktor kestabilan lereng

R = gaya penahan, berupa resultan gaya-gaya yang membuat lereng tetap stabil

Fp = gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor Pada keadaan:

Apabila kestabilan suatu jenjang dalam operasi penambangan meragukan, maka kestabilannya harus dinilai berdasarkan dari struktur geologi, kondisi air tanah dan faktor pengontrol lainnya yang terjadi pada suatu lereng. Kestabilan lereng dipengaruhi oleh geometri lereng, struktur material pembentuk, sifat fisik dan mekanik material pembentuk serta gaya-gaya luar yang bekerja pada lereng tersebut.

### 3.2. Klasifikasi Longsor

Berdasarkan kedudukan bidang lemah pada batuan, longsor yang sering terjadi adalah longsor busur (*circular failure*) yaitu longsor yang berbentuk busur biasanya terbentuk pada material dengan heterogenitas kompleks sering terjadi longsor bidang (*plane failure*), longsor baji (*wedge failure*) dan juga longsor guling (*toppling*).

### 3.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam menganalisis kemantapan kestabilan lereng adalah:

- Faktor-faktor Pembentuk Gaya Penahan
- Faktor-Faktor Pembentuk Gaya Penggerak
- Faktor-faktor yang Mempengaruhi Gaya
- Penahan
- Faktor-faktor yang Mempengaruhi Gaya
- Penggerak

### 3.4. Metode Janbu yang Disederhanakan

Metode Janbu adalah salah satu dari metode yang banyak digunakan untuk menganalisis kemantapan lereng yang memiliki permukaan bidang gelincir tidak berupa busur lingkaran (non – sirkular). Metode ini menggunakan suatu faktor koreksi ( $f_0$ ) untuk mengkoreksi bentuk bidang gelincir yang tidak berupa busur lingkaran. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$FK = \frac{f_0(\sum X / (1 + \frac{Y}{F_S}))}{\sum Z + Q} \quad (2)$$

Keterangan :

$$X = [C' + (\gamma \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \tan \theta] (1 + \tan^2 \alpha) \Delta x \quad (3)$$

$$Y = \tan \alpha \cdot x \cdot \tan \theta \quad (4)$$

$$Z = \gamma \cdot h \cdot \Delta x \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot Z^2 \left( \frac{\alpha}{R} \right) \quad (6)$$

- FK = faktor keamanan  
 $\gamma$  = bobot isi material (ton/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_w$  = bobot isi air (ton/m<sup>3</sup>)  
 $\alpha$  = kemiringan bidang luncur (°)  
 $\theta$  = sudut geser dalam (°)  
h = tinggi lereng (m)  
 $h_w$  = tinggi lereng jenuh (m)  
C' = kohesi (Mpa)  
Z = kedalaman tegangan tarik (m)

### 3.5. Klasifikasi Massa Batuan (RMR)

*Rock Mass Rating* (RMR) dibuat pertama kali oleh Bieniawski<sup>[6]</sup>. Sistem klasifikasi ini telah dimodifikasi beberapa kali (terakhir 1989). Modifikasi selalu dengan data yang baru agar dapat digunakan untuk berbagai kepentingan dan disesuaikan dengan standard internasional. *Rock Mass Rating* (RMR) ini terdiri dari 5 (lima) parameter yaitu:

- Kuat tekan batuan utuh
- *Rock Quality Designation* (RQD).
- *Jarak / spasi* bidang diskontinu (terutama kekar).
- Kondisi kekar
- Kondisi Air Tanah

### 3.6. Metode Scanline

Para geologiawan pada umumnya melakukan pengukuran rekahan dengan metode *scanline*. Metode *scanline* adalah sebuah garis pada permukaan batuan yang digunakan untuk mengukur semua rekahan yang berpotongan dengan garis tersebut<sup>[7]</sup>. Rekahan memiliki beberapa unsur, yaitu jenis, kedudukan, panjang, jarak atau spasi antar rekahan, bukaan, dan morfologi rekahan<sup>[8]</sup>. Dengan menggunakan metode *scanline*, rekahan dalam ukuran milimeter dapat terekam, karena datanya diperoleh secara langsung di lapangan. Namun, pengambilan data secara langsung di lapangan memiliki keterbatasan, salah satunya adalah akuisisi datanya terbatas, dan hanya dapat memperoleh singkapan yang dapat dijangkau oleh manusia.

### 3.7. Konsep probabilitas kelongsoran

ketidakpastian menjadikan analisis kestabilan lereng dipengaruhi oleh nilai parameter yang acak yang tidak dapat direpresentasikan oleh suatu nilai spesifik melainkan cenderung berada pada suatu rentang nilai tertentu. Untuk mengakomodir sejumlah ketidakpastian tersebut, metode probabilitas perlu digunakan dengan Probabilitas Kelongsoran (PK) sebagai indeks kestabilan.

$$PK = \frac{\text{numfailed} (fk < 1)}{\text{numtotal}} \times 100\% \quad (7)$$

Atau,

$$PK = P[FK < 1] \times 100\% \quad (8)$$

## 4. Metode Penelitian

### 4.1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Hal ini dikarenakan dalam penelitian nantinya, akan menggunakan data-data berupa angka-angka. Menurut Kontjoj<sup>[9]</sup> mendefinisikan penelitian kuantitatif adalah proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui.

### 4.2. Teknik Pengumpulan Data

Dalam melaksanakan penelitian permasalahan ini, peneliti menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya diperoleh pendekatan penyelesaian masalah. Adapun urutan pekerjaan penelitian yaitu :

#### 4.2.1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan

#### 4.2.2. Pengamatan lapangan

Pengamatan yang dilakukan secara langsung di lapangan untuk mengetahui masalah yang akan dibahas khususnya di *front IV* batukapur IUP 206,96 Ha PT.Semen Padang.

#### 4.2.3. Pengambilan data

Pengambilan data langsung di lapangan dipakai sebagai salah satu bahan untuk mengetahui permasalahan yang ada sehingga dapat diambil suatu solusi yang tepat

Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder.

- Data primer yang diambil yaitu data tiif berupa data kontur, geometri lereng dan bidang lemah batuan (diskontinuitas) berupa *strike/dip* dari kekar, jarak/spasi bidang diskontinuitas dan Jumlah kekar permeter.
- Data sekunder yang diambil berdasarkan arsip perusahaan yaitu data properties material hasil uji sifat fisik dan mekanik batuan, peta kesampaian lokasi dan daerah, Peta wilayah IUP Perusahaan dan data seismic.

### 4.3. Teknik Analisis Data

Analisis stereografis digunakan untuk menentukan tipe longoran pada daerah penelitian berdasarkan dari orientasi bidang diskontinuitas (strike dan dip) yang nantinya dilakukan dengan pengolahan menggunakan perangkat lunak (*software*) *Dips*.

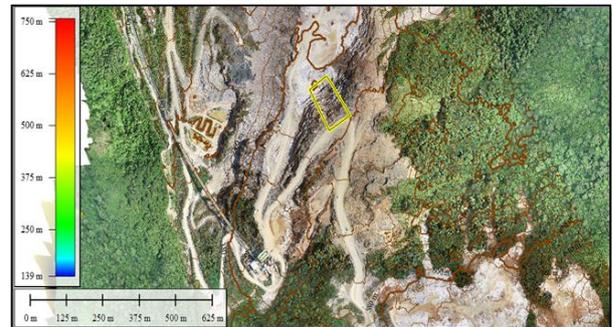
Analisis kestabilan lereng aktual dilakukan dengan penampang menggunakan metode kesetimbangan batas yaitu Metode *janbu simplified*. Dimana penyelesaian masalah ini dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) *slide*

Nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitistik kelongsoran (PK) digunakan sebagai kriteria untuk menilai stabilitas model lereng *Inter-ramp slope* dan lereng tunggal yang di analisis dengan nilai input data akan menghasilkan suatu nilai dimana hasil tersebut dapat di bandingkan dengan memenuhi nilai kemampooterimaan atau ambang batas tertentu, yang pada penelitian ini didasarkan atas rekomendasi Kepmen ESDM 1827 K /30/MEM/2018 telah diatur model kriteria yang dapat diterima dalam probabilitas kelongsoran suatu lereng.

## 5. Hasil Penelitian

### 5.1. Lokasi Penelitian

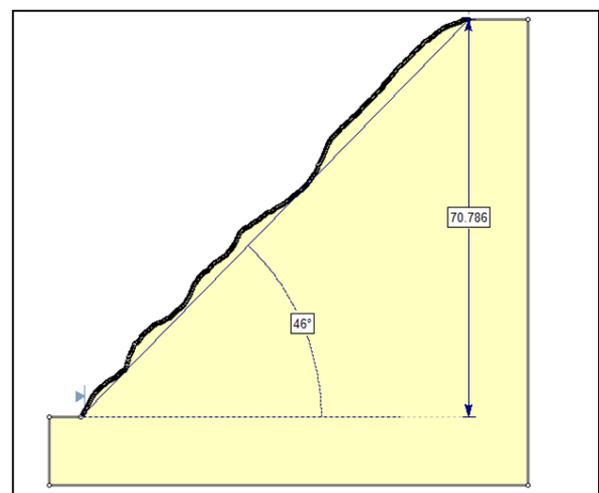
Lokasi penelitian terletak pada lereng PLB front IV IUP 206,96 Ha. PT.Semen Padang, Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Berikut terlihat lokasi penelitian pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Lokasi penelitian

### 5.2. Kondisi Lereng

Material penyusun lereng PLB tersebut berupa batukapur, dibawah lereng terdapat jalan transportasi alat dan area operasi penambangan. Dinding lereng tersebut masih meninggalkan banyak *crack* akibatkan getaran peledakan sebelumnya. Pada lokasi lereng tersebut, lereng PLB memiliki ketinggian 70.7 meter dan kemiringan  $\pm 46^\circ$ . Bentuk lereng yang terjal mengakibatkan daerah sekitar lereng dalam keadaan kritis dan mengalami kelongsoran kecil.



Gambar 5. Geometri Lereng Aktual PLB Front IV

### 5.3. Pengukuran Bidang Diskontinuitas

Dari hasil pengambilan data diskontinuitas sepanjang 20 meter pada lereng PLB *front IV* PT.Semen Padang yang diambil berupa data *strike*, *dip*, dan *dip direction*

menggunakan metode *Scanline*. Bisa dilihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data *strike*, *dip*, dan *dip direction*

No	Strike (°)	Dip (°)	Dip Direction (°)
1	178	68	268
2	177	61	267
3	151	62	241
4	111	47	201
5	142	56	232
6	166	65	256
7	133	61	223
8	126	57	216
9	155	63	245
10	192	62	282
11	201	66	291
12	180	60	270
13	176	57	266
14	177	60	267
15	123	63	213
16	139	52	229
17	154	69	244
18	141	53	231
19	130	63	220
20	111	77	201
21	167	65	257
22	142	66	232
23	117	57	207
24	181	53	271
25	177	67	267
26	148	44	238
27	185	72	275
28	160	46	250
29	158	44	248
30	131	57	221
31	157	52	247
32	123	63	213
33	177	62	267

**5.4. Analisis Statistik Deskriptif Data**

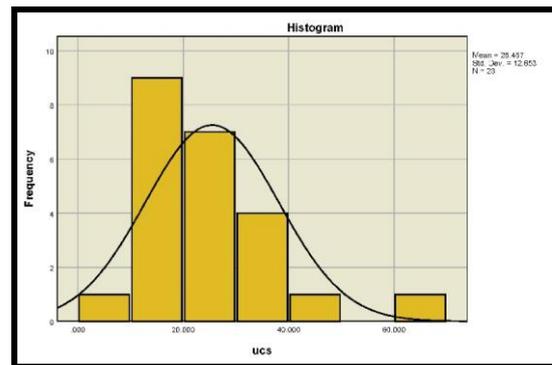
Data uji laboratorium yang telah diperoleh pada batukapur kemudian dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap parameter hasil uji yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng. Berdasarkan hasil uji laboratorium yang diperoleh, analisis statistik deskriptif dilakukan hanya pada UCS, nilai kohesi dan sudut geser dalam.

**5.4.1. Kuat Tekan Uniaksial (Unconfined Compressive Strength Test)**

Berdasarkan Pengujian analisis statistik yang dilakukan dengan menggunakan sampel batuan yang berbeda maka didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Analisis Statistik Deskriptif Kuat Tekan (MPa)

Kuat Tekan (MPa)	
Mean	25.45717391
Standard Error	2.638400263
Median	22.57
Standard Deviation	12.65332315
Sample Variance	160.1065868
Kurtosis	1.607991998
Skewness	1.156261332
Range	53.831
Minimum	7.63
Maximum	61.461
Sum	585.515
Count	23



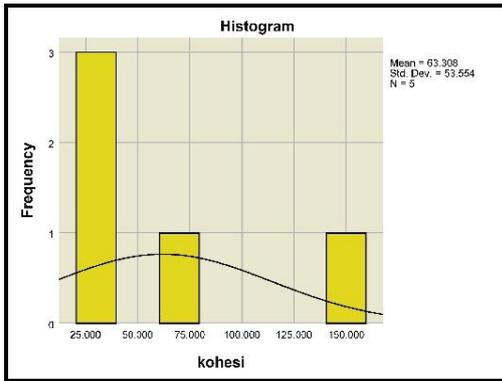
Gambar 5. Uji distribusi nilai ucs batukapur

**5.4.2. Kuat Geser Langsung**

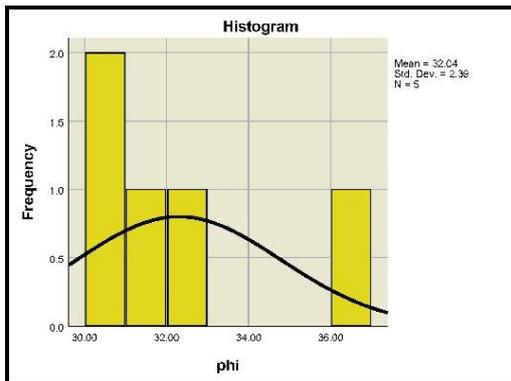
Berdasarkan uji analisis statistik dengan nilai kuat geser langsung di dapat hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Analisis Statistik Deskriptif Kuat Geser Langsung

Parameter	Phi (°)	Kohesi
Mean	32.042	63.308
Standard Error	1.069	23.950
Median	31.090	34.300
Standard Deviation	2.390	53.554
Sample Variance	5.712	2868.043
Kurtosis	2.575	3.154
Skewness	1.637	1.812
Range	5.850	125.440
Minimum	30.200	29.400
Maximum	36.050	154.840
Sum	160.210	316.540
Count	5.000	5.000



Gambar 6. Uji Distribusi Kohesi dalam Uji Geser Langsung

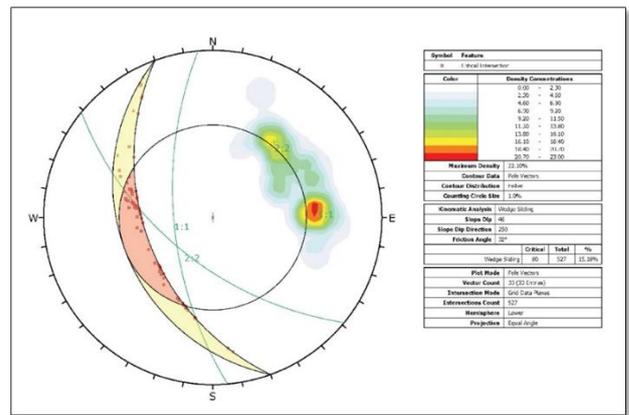


Gambar 7. Uji Distribusi Phi dalam Uji Geser Langsung

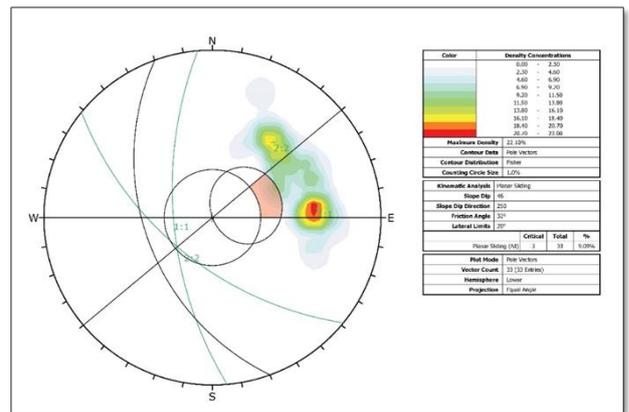
**5.5. Analisis Pengolahan Data Kekar Untuk Metode Stereografis Analisis Kinematik**

Data yang dibutuhkan dalam melakukan analisa kinematik ini adalah data berupa *strike, dip, dip direction* dan kondisi bidang diskontinu menggunakan metode *Scanline* yang didapat pada pengukuran langsung di lapangan. Pengolahan data ini membutuhkan bantuan *Software Rocscience Dips* untuk melihat orientasi penyebaran bidang diskontinuitas pada stereonet. Tujuan utama dari pengolahan data diskontinuitas ini adalah untuk melihat arah umum dan orientasi mayor dan minor nya.

Dari hasil pengambilan data discontinuitas pada area PLB *front IV PT. Semen Padang*. Setelah data bidang diskontinuitas yang telah di ambil berupa pengamatan lapangan berupa *strike, dip, dip direction* menggunakan metode *Scanline* maka selanjutnya mengolah data dengan menggunakan perangkat lunak *Rocscience Dips*. Adapun hasilnya dapat dilihat pada gambar 8 dan 9 di bawah ini:



Gambar 8. Potensi Longsoron Baji (*Wedge Sliding*)



Gambar 9. Potensi Longsoron Bidang (*Planar Sliding*)

Berdasarkan hasil plot bidang diskontinuitas berdasarkan *software dips* maka didapatkan kemungkinan longsoran yang akan terjadi pada daerah penelitian yaitu berupa longsoran baji (*Wedge Failure*) sebesar 15,16% dan longsoran bidang (*Planar Failure*) sebesar 9,09%

**5.6. Analisis Klasifikasi Massa Batuan (*Rock Mass Rating*)**

Dalam penerapannya klasifikasi ini membutuhkan beberapa parameter yang telah diketahui berapa jumlah bobot yang dijumlahkan sehingga total bobot tersebut dapat menentukan kelas massa batuan berdasarkan teori Bieniawski. Parameter *Rock Mass Rating* yang digunakan sebagai parameter berdasarkan tabel Bieniawski adalah:

**5.6.1. Kuat tekan Uniaksial (*Unconfined Compressive Strength*)**

Hasil rata-rata dari uji *Unconfined Compressive Strength* yang bernilai 25.45 MPa. Jika di input kedalam tabel *Rock Mass Rating System*<sup>[10]</sup> diperoleh bobot sebesar 4.

**5.6.2. Penentuan nilai RQD (*Rock Quality Designation*)**

RQD merupakan suatu penandaan atau penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan kekar. Perhitungan RQD bisa didapat dari perhitungan langsung dari singkapan yang mengalami rekahan-rekahan.

$$RQD = 100 (0.1 \lambda + 1) e^{-0.1 \lambda} \tag{9}$$

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah Kekar}}{\text{Panjang Scanline}} \tag{10}$$

Untuk nilai RQD secara keseluruhan bisa dihitung menggunakan rumus RQD diatas antara lain :

Jumlah kekar (N) = 33 kekar  
 Panjang Scanline (L) = 20 m

$$\lambda = \frac{N}{L} = \frac{33 \text{ kekar}}{20 \text{ m}} = 1,65$$

$$\begin{aligned} RQD &= 100 (0.1 \lambda + 1) e^{-0.1 \lambda} \\ &= 100 ((0.1 \times 1,65) + 1) e^{-0.1 \times 1,65} \\ &= 98,77\% \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data RQD yang dilakukan dengan rata-rata RQD yaitu 98.63. Jika di input kedalam tabel *Rock Mass Rating System*<sup>[10]</sup>, maka diperoleh hasil pembobotan RQD sebesar bobot 20

**5.6.3. Spasi Diskontinuitas**

Spasi merupakan jarak antara bidang lemah dengan arah tegak lurus terhadap bidang lemah tersebut. Spasi bidang diskontinuitas dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini:

**Tabel 4.** Spasi Diskontinuitas

Scanline	No	Joint Spacing (m)
1	1	0.51
	2	0.46
2	3	0.34
	4	0.21
	5	0.47
3	6	0.8
4	7	0.39
	8	0.57
5	9	0.93
6	10	0.31
	11	0.56
7	12	0.81
8	13	0.69
	14	0.13
	15	0.37
9	16	0.97
10	17	0.92
11	18	0.39
	19	0.54
12	20	0.39
	21	0.62
13	22	0.86
14	23	0.93
15	24	0.16
	25	0.71
16	26	0.88

17	27	0.32
	28	0.64
18	29	0.11
	30	0.82
19	31	0.93
20	32	0.25
	33	0.74
Rata-rata		0.5675

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data spasi diskontinuitas yang telah dilakukan maka diperoleh rata-rata antar kekar pada lereng sebesar 0.5675 m. Jika di input ke tabel *Rock Mass Rating System*, maka diperoleh bobot sebesar 10

**5.6.4. Kondisi diskontinuitas**

Kondisi bidang diskontinuitas pada lereng area PLB berupa rekahan dengan lebar rongga 1-5 mm dan permukaan halus (*slickenside*) dan memiliki kemenerusan, maka diperoleh bobot sebesar 10

**5.6.5. Kondisi air tanah**

Berdasarkan pengamatan secara visual di area penelitian didapat hasil kondisi air tanah pada lereng digolongkan kepada kondisi kering. Apabila hasil pengamatan ini di input ke tabel *Rock Mass Rating system* di dapat hasil pembobotan muka air tanah yaitu sebesar 15

Berdasarkan hasil dari pembobotan *Rock Mass Rating system* yang telah di lakukan maka didapat hasil dari pembobotan klasifikasi massa batuan seperti pada tabel 16 di bawah ini:

**Tabel 5.** Penilaian massa batuan RMR (*Rock Mass Rating*)

Kekuatan batuan utuh <i>Unconfined Comp. Strength (UCS)</i>	25,45 MPa	
<b>Pembobotan</b>	<b>4</b>	
Frekuensi kekar/meter	1,6	
RQD (Hudson, 1979, dalam Djakamihardja & Soebowo, 1996)	98.63%	
<b>Pembobotan</b>	<b>20</b>	
<i>Joint Spacing</i>	0.56 m	
<b>Pembobotan</b>	<b>10</b>	
<i>Joint Condition</i>	Slickensided/ tebal gouge <5mm, atau pemisahan 1-5 mm, menerus	
<b>Pembobotan</b>	<b>10</b>	
<i>Groundwater</i>	Aliran	-
	Keadaan umum	kering
<b>Pembobotan</b>	<b>15</b>	
<b>Jumlah Bobot (RMR)</b>	<b>59</b>	

Berdasarkan hasil perhitungan klasifikasi massa batuan diatas maka diketahui nilai *Rock Mass Rating (RMR)* di area kajian yakni sebesar. Pada tabel berikut merupakan arti dari nilai *Rock Mass Rating (RMR)* tersebut:

**Tabel 6.** Kelas massa batuan

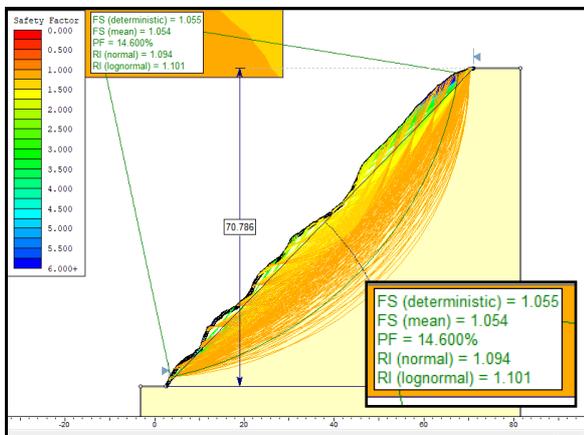
Pembobotan	59 (antara 41-60)
Nomor Kelas	III
Pemerian	Sedang

**5.7. Analisis Kestabilan Lereng**

Nilai faktor keamanan statis minimum dan nilai probabilistik kelongsoran berdasarkan pada Kepmen ESDM No. 1827 tahun 2018 untuk menilai stabilitas model lereng inter ramp yang dapat diterima adalah  $FK \geq 1,2 - 1,3$  dan  $PK \leq 10\%$ . Untuk mendapatkan rancangan lereng optimum, lereng dianalisis dengan target  $FK \geq 1,3$  dengan pemilihan tinggi lereng utamanya dipengaruhi oleh kemampuan alat gali yang akan digunakan

**5.7.1. analisis lereng aktual dalam keadaan natural**

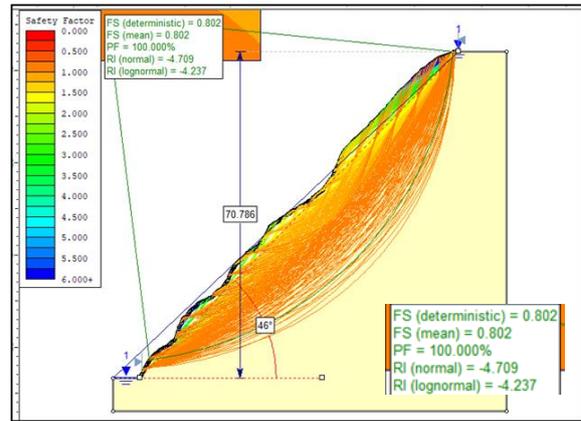
Hasil analisis lereng aktual dalam keadaan natural menggunakan metode janbu *simplified*, nilai faktor keamanan (FK) didapat sebesar 1,05 dan Probabilistik Kelongsoran (PK) didapat sebesar 14.6%.



**Gambar 10.** Hasil Analisis Lereng Aktual Kondisi Natural

**5.7.2. Analisis Lereng Dalam Kondisi Jenuh**

Berdasarkan analisis lereng aktual dalam keadaan jenuh menggunakan metode janbu *simplified*, nilai faktor keamanan (FK) didapat sebesar 0.8 dan Probabilistik Kelongsoran (PK) didapat sebesar 100%.



**Gambar 11.** Hasil Analisis Lereng Aktual Kondisi Jenuh

**5.7.3. modifikasi geometri lereng**

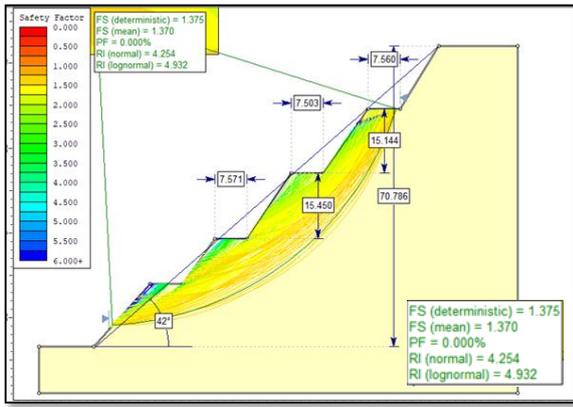
Dilihat dari 2 kondisi tersebut lereng dalam keadaan tidak aman dikarenakan nilai faktor keamanan dan nilai probabilistik kelongsoran tidak sesuai dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018. Maka dari itu diperlukan adanya perbaikan pada faktor keamanan lereng dalam keadaan aktual agar faktor keamanan (FK) dan probabilistik kelongsoran (PK) lereng berada dalam keadaan aman.

Analisa kestabilan lereng pada area penelitian diperlukan agar keadaan dari lereng tersebut menjadi lebih aman. Maka dilakukanlah analisis kestabilan lereng dengan bantuan *software slide 6.0* menggunakan metode janbu *simplified* untuk mempermudah perhitungan faktor keamanan (FK) dan probabilistik kelongsoran (PK) dari lereng tersebut. Sudut lereng yang aman untuk tinggi lereng tertentu dipengaruhi oleh karakteristik material penyusun lereng. Setelah dilakukan simulasi menggunakan bantuan *software slide 6.0* diketahui beberapa nilai faktor keamanan dan probabilistik kelongsoran dengan tingkatan seperti pada tabel berikut:

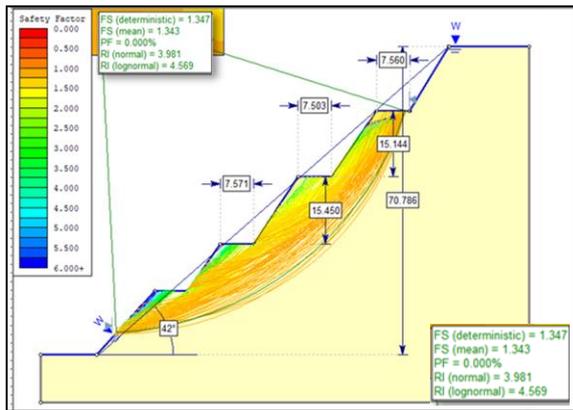
**Tabel 7.** Simulasi FK dan PK

Tinggi Lereng	Sudut Lereng (°)	Faktor Keamanan (FK)		Probabilistik Kelongsoran (PK)	
		aktual	Jenuh	aktual	Jenuh
70.7 m	46	1.05	0.8	14.60%	100%
	45	1.13	1.09	10.09%	15.70%
	44	1.27	1.25	7.43%	9.14%
	42	1.37	1.34	0.00%	0.00%

Berdasarkan simulasi geometri lereng tambang menggunakan bantuan *software slide 6.0* yang telah dilakukan, maka rekomendasi untuk lereng PLB Front IV pada saat dalam kondisi aktual dan jenuh untuk mendapatkan nilai FK dan PK yang aman dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13 berikut:



Gambar 12 . Modifikasi lereng aktual



Gambar 13 . Modifikasi lereng jenuh

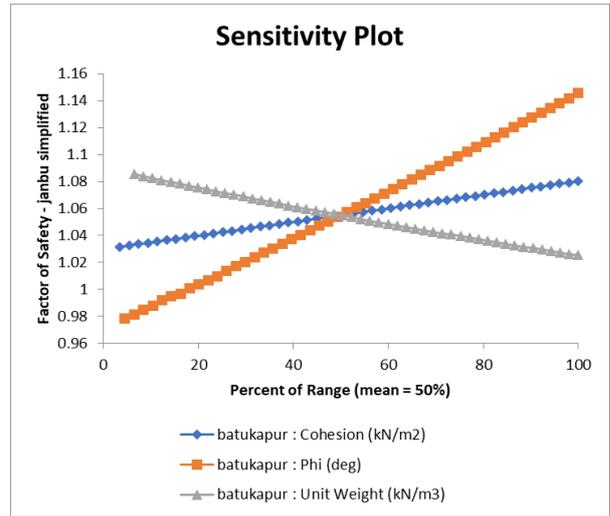
Berdasarkan modifikasi geometri lereng tambang yang dilakukan dalam keadaan aktual berdasarkan hasil analisis *software slide 6.0* didapat untuk perhitungan bench memakai persamaan Call dalam fitra<sup>[13]</sup> yaitu :

$$\text{Minimum bench width (m)} = 0.2 \times \text{bench height (m)} + 4.5 \text{ m.} \quad (11)$$

Maka, lebar jenjang minimum untuk tinggi 15 meter adalah  $0.2 \times 15 \text{ m} + 4.5 \text{ m} = 7.5 \text{ meter}$  dan nilai faktor keamanan (FK) 1.37 dan probabilistik kelongsoran (PK) 0.00%. Sedangkan dalam keadaan jenuh hasil faktor keamanan (FK) 1.34 dan probabilistik kelongsoran (PK) 0.00% dengan tinggi lereng 70.7 m dan kemiringan lereng menjadi 42°.

5.7.4. Analisis sensitivitas

Analisis sensitivitas pada lereng *inter ramp* ditujukan untuk mengetahui parameter masukan yang paling berpengaruh terhadap kestabilan lereng dari masing-masing parameter tersebut. Hasil analisis sensitivitas pada lereng tersebut untuk penampang dengan beberapa variasi tinggi dan sudut ditunjukkan oleh gambar 14 di bawah ini :



Gambar 14 . Grafik Sensitivity plot

Dilihat dari grafik *sensitivity plot* diatas material yang mempengaruhi kestabilan lereng PLB Front IV PT. Semen Padang yaitu material input kohesi (C). Parameter kuat geser (kohesi dan sudut geser dalam) merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap kestabilan lereng, sedangkan parameter bobot isi dan beban seismik horizontal berpengaruh tidak cukup signifikan terhadap kestabilan lereng pada penampang tersebut.

6. Pembahasan

Berdasarkan hasil plot bidang diskontinuitas berdasarkan *software dips* maka didapatkan kemungkinan longsoran yang akan terjadi pada daerah penelitian yaitu berupa longsoran baji (*Wedge Failure*) sebesar 15,16% dan longsoran bidang (*Planar Failure*) sebesar 9,09%. Berdasarkan pengelompokkan kelas massa batuan yang dilakukan untuk mengetahui klasifikasi massa batuan diperoleh hasil kelas batuan berada pada kelas III yang menunjukkan kualitas massa batuan dalam golongan sedang. Hasil analisis kestabilan lereng dalam keadaan aktual dan dalam keadaan jenuh dengan geometri lereng yang memiliki tinggi 70.7 m dan kemiringan 46°, nilai berat jenis batukapur ialah 26.47 KN/m<sup>3</sup> dengan kohesi 63.308 KN/m<sup>2</sup> nilai sudut geser dalam 32.042° memiliki nilai faktor keamanan (FK) sebesar 1,05 dan Probabilistik Kelongsoran (PK) didapat 14.6% dalam keadaan lereng aktual. Sedangkan nilai faktor keamanan (FK) sebesar 1,03 dan Probabilistik Kelongsoran (PK) didapat 27.3%. dalam keadaan jenuh.

Dilihat dari 2 kondisi tersebut lereng dalam keadaan tidak aman dikarenakan nilai faktor keamanan dan nilai probabilistik kelongsoran tidak sesuai dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 standar untuk lereng *inter ramp* yaitu FK maksimal 1,2 dan PK maks 10%. Maka dari itu diperlukan adanya perbaikan pada faktor keamanan lereng dalam keadaan aktual agar faktor keamanan (FK) dan probabilistik kelongsoran (PK) lereng berada dalam keadaan aman. Untuk modifikasi geometri lereng

tambang yang dilakukan dalam keadaan aktual berdasarkan hasil analisis *software slide 6.0* didapat nilai faktor keamanan (FK) 1.36 dan probabilitas kelongsoran (PK) 0.00%. sedangkan dalam keadaan jenuh hasil faktor keamanan (FK) 1.34 dan probabilitas kelongsoran (PK) 0.00% dengan tinggi lereng 70.7 m dan kemiringan lereng menjadi 42°. Untuk material yang mempengaruhi kestabilan lereng PLB Front IV PT.Semen Padang yaitu material input kohesi (C). Parameter kuat geser (kohesi dan sudut geser dalam) merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap kestabilan lereng, sedangkan parameter bobot isi dan beban seismik horizontal berpengaruh tidak cukup signifikan terhadap kestabilan lereng pada penampang tersebut.

## 7. Penutup

### 7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan pada lokasi penelitian lereng PLB Front IV PT. Semen Padang, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

- Klasifikasi massa batuan berdasarkan metode Rock Mass Rating (RMR) didapat hasil 5 parameter yaitu:
  - *Unconfined Compressive Strength* bernilai 25.45 MPa berbobot 4
  - RQD bernilai 98.63% berbobot 20
  - Spasi bidang Diskontinuitas bernilai 0.56 m berbobot 10
  - Kondisi bidang Discontinuitas yaitu Slickensided/ tebal gouge <5mm, atau pemisahan 1-5 mm, menerus berbobot 10
  - *Groundwater* yaitu kering berbobot 15
 Berdasarkan 5 parameter klasifikasi massa batuan dengan metode RMR dengan jumlah bobot 59, maka batuan ini digolongkan pada kelas III dengan kualitas batuan sedang.
- Berdasarkan hasil plot bidang diskontinuitas berdasarkan *software dips* maka didapatkan kemungkinan longsoran yang akan terjadi pada daerah penelitian yaitu berupa longsoran baji (*Wedge Failure*) sebesar 15,16% dan longsoranbidang (*Planar Failure*) sebesar 9,09%
- Hasil pola distribusi data
  - a. Berdasarkan uji pola distribusi data kuat tekan menggunakan grafik *histogram* dan *probability plot* didapatkan bahwa pola distribusi yang cocok untuk batuan batukapur yaitu adalah lognormal
  - b. Berdasarkan uji pola distribusi data kuat geser langsung menggunakan grafik *histogram* dan *probability plot* didapatkan bahwa pola distribusi yang cocok untuk batuan batukapur yaitu adalah lognormal
- Hasil analisis lereng aktual menggunakan metode janbu *simplified*, nilai faktor keamanan (FK) didapat sebesar 1.05 dan Probabilitas Kelongsoran (PK) didapat sebesar 14.6%. Dan lereng jenuh memiliki

nilai faktor keamanan (FK) didapat sebesar 0.8 dan Probabilitas Kelongsoran (PK) didapat sebesar 100%.

- Rekomendasi geometri lereng tambang yang dilakukan berdasarkan hasil analisis *software slide 6.0* didapat nilai faktor keamanan (FK) 1.37 dan probabilitas kelongsoran (PK) 0.00%. sedangkan dalam keadaan jenuh hasil faktor keamanan (FK) 1.34 dan probabilitas kelongsoran (PK) 0.00% dengan tinggi lereng 70.7 m dan kemiringan lereng menjadi 42°. Berdasarkan grafik sensitivity plot material yang mempengaruhi kestabilan lereng PLB Front IV PT.Semen Padang yaitu material input kohesi (C).

### 7.2. Saran

- Perubahan geometri lereng ini perlu dilakukan agar pada saat melakukan proses penambangan para karyawan yang ada merasa aman dan nyaman.
- Pengontrolan, pemeliharaan, dan pengawasan terhadap keadaan sekitar lereng harus sering di perhatikan untuk mengurangi atau menghindari hal yang tidak diinginkan.
- Perlunya ketelitian dalam pengambilan data dilapangan dan proses pengujian dilaboratorium dan pengolahan data pada software lainnya agar hasil yang di peroleh lebih detail dan akurat.

## REFERENSI

- [1] Azizi, M. A., Kramadibrata, S., Wattimena, R. K., & Sidi, I. D. (2012). Analisis Resiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka. *Geomekanika*, 1, 20-27.
- [2] Hoek, E., & Bray, J. W. (1974). *Rock slope engineering: institution of mining and metallurgy. London, England.*
- [3] Steffen, O. K. H., Contreras, L. F., Terbrugge, P. J., & Venter, J. (2008, June). A risk evaluation approach for pit slope design. In *The 42nd US Rock Mechanics Symposium (USRMS)*. OnePetro.
- [4] Masagus Ahmad, A. Z. I. Z. I. (2012). Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral X). In *Prosiding Simposium dan Seminar Nasional Geomekanika ke-1 Tahun 2012: Menggagas Masa Depan Rekayasa Batuan dan Terowongan di Indonesia* (pp. 4-19). Program Studi Teknik ertambangan FTM UPN" Veteran" Yogyakarta.
- [5] Arief, S. (2007). Konsep Dasar & Metode-metode dalam Analisis Kestabilan Lereng.
- [6] Bieniawski, Z. T. (1973). Engineering classification of jointed rock masses. *Civil Engineering= Siviele Ingenieurswese*, 1973(12), 335-343.
- [7] Brady BHG, Brown ET (2004) *Rock mechanics: for underground mining*. Springer Science and Business Media, New York
- [8] Herlambang, A. (2014). Analisis Distribusi Rekahan dan Stilolyte Menggunakan Data Singkapan dan

- [9] Data Sumur Pada Batugamping Formasi Rajamandala di Area Cikamuning, Padalarang, Jawa Barat, Indonesia. *Indonesia. Bandung*.
- [10] Kuntjojo. (2009). Metodologi Penelitian. Kediri.
- [11] Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. John Wiley & Sons.
- [12] Luigi T. De Luca, *Propulsion physics* (EDP Sciences, Les Ulis, 2009)
- [13] F. De Lillo, F. Cecconi, G. Lacorata, A. Vulpiani, *EPL*, 84 (2008).
- [14] Ramadhanti, Fitra. 2017. Analisis Balik Kestabilan Lereng Blok Iii-S Pit Warute Area Lowwall Panel 10 Dan Panel 15 Site Ida Manggala PT. Antang Gunung Meratus Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan.