

# Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat

Riri Metriani, Yoszi Mingsi Anaperta, Tri Gamela Saldy <sup>1</sup>

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

[riri.metriani@gmail.com](mailto:riri.metriani@gmail.com)

[yosziperta@ft.unp.ac.id](mailto:yosziperta@ft.unp.ac.id)

[trigamelasaldy@gmail.com](mailto:trigamelasaldy@gmail.com)

**Abstract.** In 2018 the slope in the existing front II area will experience rocky weathering where the landslide that has been identified is in the form of an avalanche. The method used in this research is the bishop method and the hoek & bray method. As a result of the study, the following conclusions are made. First Results FK values are based on parameter values of physical-mechanical properties with slope geometry. With a safety factor value in dry conditions of 1.947, in the half-saturated condition of 1.793 and in the saturation condition of 1,514 . second landslides that occurred were bow avalanches. The three results of the analysis behind the landslide are cohesion value of 124 kN / m<sup>2</sup> and shear angle in 24 °. Third during dry conditions with fk by using methods bishop 1.471 single slope and fk overall slope 1,339 by using Hoek and Bray 2,34. with saturated conditions fk value using the bishop 1.416 single slope and fk overall slope 1,337 and the hoek and bray method 2,34. in a half-saturated condition fk value using the bishop method fk value 1,391 single slope and fk overall slope 1,398 and by using the hoek and bray method fk value 2,34.

**Kata Kunci :** Back Analysis, safety factor, bishop method, hoek and bray method, cohesion and deep shear angle

## 1 Pendahuluan

Industri Pertambangan merupakan salah satu industri yang berkontribusi dalam pembangunan infrastruktur seperti pembangunan kantor, jembatan, jalan dan tempat-tempat wisata yang menjadi salah satu hal yang mempengaruhi perkembangan perekonomian di Indonesia. Dalam mewujudkan pembangunan tersebut dibutuhkan kontribusi dari sektor pertambangan dalam pembuatan industri semen. PT. Semen Padang yang terletak di Kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan yang jaraknya + 14 KM dari Pusat Kota Padang dengan ketinggian + 200 M dari permukaan laut merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di industri semen.

Batu kapur (limestone) dapat diperoleh dari proses penambangan di lokasi tambang quarry Bukit Karang Putih di PT. Semen Padang. 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.

Aktivitas penambangan terbuka (Quarry) sangat dipengaruhi oleh stabilitas lereng, dimana dapat mengakibatkan tidak amannya suatu lahan tambang terbuka yang lazim dikenal sebagai longsoran lereng tambang. Longsoran lereng penambangan pada umumnya disebabkan berbagai faktor sifat fisik dan mekanik dari bahan galian tersebut, geometri lereng, adanya bidang diskontinuitas, air tanah dan gempa bumi/getaran.

PT. Semen Padang telah melakukan studi geoteknik yang bekerja sama dengan CV. Billanda Utama. pada tahun 2008 dengan melakukan penyelidikan geoteknik diambil 5 lokasi sample. Contoh diambil di permukaan lereng pada masing-masing area bukaan tambang, guna pemeriksaan sifat fisik-mekanik untuk mendukung desain pit slope.

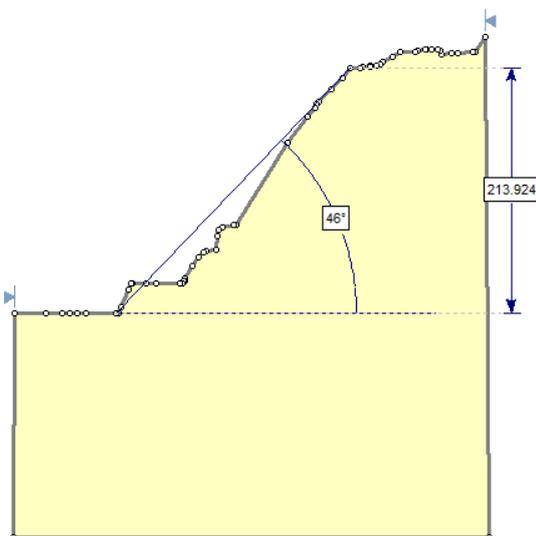
Lereng yang didesain akan terus dievaluasi pada periode tertentu karena apa yang didesain tidak selamanya sesuai dengan kondisi actual di lapangan. Hal ini disebabkan karena faktor-faktor dari luar seperti adanya pelapukan pada dinding lereng yang setiap saat bisa menyebabkan terjadinya kelongsoran.<sup>[1]</sup>

Penambangan pada area existing section A-A' lereng tidak mengikuti kajian geoteknik dan geometri lereng rekomendasi kajian geoteknik sebelumnya yaitu dengan tinggi individual slope 15 meter, lebar jenjang 7,5 meter dan individual face angel  $70^{\circ}$ , sehingga pada tahun 2018 lereng pada area existing front II mengalami kelongsoran, dengan tinggi lereng 18 meter dan sudut  $85^{\circ}$ . Longsoran terjadi pada batuan yang mengalami pelapukan dimana longsoran diidentifikasi berupa longsoran busur yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Kondisi Lereng pada area existing Front II Section A-A'

Geometri lereng yang longsor terdapat pada lereng kedua dari keseluruhan lereng pada Section A-A' dengan ketinggian overall slope 213 meter dan kemiringan  $46^{\circ}$ , setelah dilakukan analisis dengan menggunakan geometri tersebut ternyata lereng dalam keadaan aman, penampang Section A-A' dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Penampang Section A-A'

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

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

Oleh karena itu diperlukan kajian analisis balik mengenai keterlibatan faktor penyebab longsor untuk memperoleh desain lereng yang stabil sehingga kegiatan operasional penambangan dapat berjalan aman. Karena kestabilan lereng yang tidak terkendali dapat berdampak pada dua faktor yaitu faktor sosial/keselamatan dan faktor ekonomi.

Dalam penelitian ini akan membahas beberapa aspek masalah antara lain berapa nilai FK berdasarkan nilai parameter uji sifat fisik-mekanik dengan geometri lereng pada Section A-A', berapa nilai parameter geoteknik dari analisis balik permodelan dan analisis faktor keamanan  $\geq 1,3$  dan  $PK < 5\%$ , bagaimana geometri lereng yang aman dengan nilai faktor keamanan  $\geq 1,3$  dan  $PK < 5\%$ . Dengan melakukan penelitian di aspek-aspek tersebut maka bisa didapatkan beberapa tujuan.

## 2 Kajian Teori

### 2.1 Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng, baik lereng alami maupun lereng 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.<sup>[2]</sup>

Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsoran) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggeraknya, lereng tersebut menjadi tidak stabil dan akan terjadi longsor.<sup>[2,3]</sup>

### 2.2 Klasifikasi Longsoran

Berdasarkan proses longsornya, longsor batuan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:<sup>[3-5]</sup>

#### 2.2.1 Longsoran Bidang (plane failure)

Longsoran bidang merupakan suatu longsor batuan yang terjadi sepanjang bidang lurus yang dianggap rata.

#### 2.2.2 Longsoran Baji (Wedge Failure)

Longsoran baji dapat terjadi pada suatu batuan jika terdapat lebih dari satu bidang lemah yang bebas dan saling berpotongan. Sudut perpotongan antara bidang lemah tersebut harus lebih besar dari sudut geser dalam batuan.

### 2.2.3 Longoran Busur (Circular Failure)

Longoran busur hanya terjadi pada tanah atau material yang bersifat seperti tanah. Antara partikel tanah tidak terikat satu sama lain. Dengan demikian, longoran busur juga dapat terjadi pada batuan yang sangat lapuk serta banyak mengandung bidang lemah maupun tumpukan (timbunan) batuan hancur.

### 2.2.4 Longoran Guling (topling)

Longoran guling terjadi apabila bidang-bidang lemah yang hadir di lereng mempunyai kemiringan yang berlawanan dengan kemiringan lereng dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Keadaan tersebut dapat digambarkan dengan balok-balok yang diletakkan diatas sebuah bidang miring.

## 2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

### 2.3.1 Faktor-Faktor Pembentuk Gaya Penahan<sup>[6]</sup>

1. Jenis Batuan
2. Kekuatan Batuan
3. Penyebaran Batuan

### 2.3.2 Faktor-Faktor Pembentuk Gaya Penggerak

Parameter-paameter yang penting pembentuk gaya penggerak adalah:

1. Sudut Lereng Dan Tinggi Lereng (Geometri Lereng)
2. Bobot isi
3. Kandungan air tanah (u)

### 2.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gaya Penahan

1. Proses pelapukan
2. Bidang lemah
3. Iklim
4. Air

### 2.3.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gaya Penggerak

1. Aktivitas teknonik
2. Gempa atau sumber getaran yang lain
3. Penambahan air tanah
4. Pengeringan waduk

## 2.4 Metode Kesetimbangan Batas

### 2.4.1 Metode Bishop yang Disederhanakan

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan salah satu metode pada longoran busur yang menggunakan prinsip irisan dalam menentukan faktor keamanan dari

suatu massa material yang berpotensi longsor. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan kesetimbangan momen pada titik pusat lingkaran runtuh. Gaya geser antar irisan diabaikan. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan berikut ini<sup>[3-5,7]</sup> :

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

Keterangan :

$$X = (c' + (\gamma \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \tan \theta) \frac{\Delta x}{\cos \alpha} \quad (2)$$

$$Y = \tan \alpha \tan \theta \quad (3)$$

$$Z = \gamma \cdot h \cdot \Delta x \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot Z^2 \left( \frac{\alpha}{R} \right) \quad (5)$$

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 lurus (°)

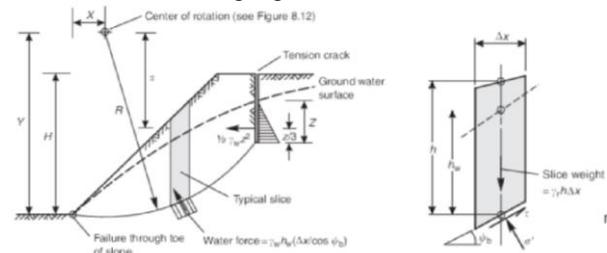
$\theta$  = sudut geser dalam (°)

$h$  = tinggi lereng (m)

$h_w$  = tinggi lereng jenuh (m)

$c'$  = kohesi (Mpa)

$Z$  = kedalaman tegangan tarik (m)



Gambar 3. Metode Bishop Sederhana

### 2.4.2 Analisis Probabilistik Monte Carlo dalam Metode Kesetimbangan Batas

Fungsi distribusi probabilitas menggambarkan penyebaran suatu variable acak yang digunakan untuk memperkirakan nilai probabilitas kemunculan suatu parameter. Dalam metode kesetimbangan batas dapat menunjukkan beberapa nilai yaitu SF (Safety Faktor), PF (Probability Failure), dan RI<sup>[8]</sup>

Probabilitas Kelongsoran (PK) didefinisikan sebagai rasio antara jumlah lereng longsor hasil analisis (FK < 1) dengan jumlah total analisis (sampel atau simulasi) yang dinyatakan dalam persen.<sup>[2]</sup>

$$PK = \frac{\text{numfailed (FK < 1)}}{\text{numtotal}} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{atau } PK = P [FK < 1] \times 100\% \quad (7)$$

## 2.5 Metode Hoek and Bray

Metode Hoek and Bray adalah salah satu metode grafik yang menggambarkan lima buah pola aliran tanah dari kondisi kering sampai kondisi jenuh. Metode Hoek and Bray sendiri tergantung pada.<sup>[3,4]</sup>

1. Jenis tanah dan batuan, dalam hal ini tanah dan batuan dianggap homogen dan kontinu.

2. Longsoran yang dapat terjadi menghasilkan bidang luncur berupa busur lingkaran.
3. Tinggi permukaan air tanah pada lereng

### 3 Metode Penelitian

Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan (Applied Research), yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk mengaplikasikan teori yang didapat dibangku perkuliahan terhadap kondisi aktual dilapangan.<sup>[9-13]</sup>

Dalam melaksanakan penelitian permasalahan ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan. Teknik pengumpulan data yang dilakukan penulis adalah berupa. Data primer adalah data yang diambil langsung dari pengamatan lapangan seperti pembuatan geometri lereng yang akan dianalisis kestabilan lerengnya data sekunder yang berisikan peta topografi, data lubang bor daerah penelitian dan data sifat fisik dan mekanik batuan.

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Data Penelitian

#### 4.1.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di area existing front II dilakukan pada titik koordinat seperti pada tabel 1, yang merupakan titik lokasi penelitian, posisi garis penampang terlihat Pada Gambar 4.

**Tabel 1.** Koordinat Penampang Lokasi Penelitian

| No | Section | Koordinat |            |
|----|---------|-----------|------------|
|    |         | X         | Y          |
| 1  | A-A'    | 664194.27 | 9892867.73 |
|    |         | 664320.04 | 9892515.65 |



**Gambar 4.** Lokasi Penelitian

Material penyusun lereng terdiri dari batu gamping (limestone), dari pengamatan dilapangan telah terjadinya longsoran pada salah satu lereng pada section A-A' yang merupakan batuan yang telah mengalami pelapukan.

#### 4.1.2. Kondisi Lereng

Pada area Existing front II section A-A' telah terjadi kelongsoran pada tahun 2018 yang diakibatkan ketidakstabilan lereng yang dibentuk, serta dikarenakan kondisi overall yang tidak mengikuti rekomendasi kajian geoteknik yang telah dilakukan sebelumnya.

Jenis longsoran diidentifikasi sebagai longsoran busur, karena longsoran terjadi pada batuan yang mengalami pelapukan. Untuk menghindari terulangnya longsoran maka dilakukannya evaluasi terhadap geometri lereng yang ada dengan melakukan analisa kestabilan lereng.



**Gambar 5.** Longsoran Pada Section A-A'

### 4.2 Permodelan Lereng

Pemodelan lereng tambang yang akan dianalisis dengan memasukkan faktor-faktor geometri, jenis batuan, batas dan bidang diskontinuitas, sifat fisik dan mekanik batuan, tegangan insitu, pembebanan dan kondisi batas, sehingga dapat menggambarkan dan mewakili keadaan lereng tambang mendekati keadaan sebenarnya di lapangan. Geometri model lereng tambang meliputi ketinggian dan kemiringan lereng keseluruhan (Overall).

Dalam penelitian ini, Pemodelan dan analisis kemantapan lereng menggunakan pemodelan kesetimbangan Batas (Limit Equilibrium Method). Pemodelan dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (software). Analisis kemantapan lereng menggunakan metode bishop yang disederhanakan (Bishop simplified) dengan bantuan Software dan analisis kemantapan lereng juga menggunakan metode grafik hoek & bray.

#### 4.2.1. Data Hasil Uji Laboratorium

Hasil uji laboratorium yang dilakukan pihak perusahaan pada tahun 2008. Data dari hasil uji laboratorium yang telah dilakukan pada tahun 2008 digunakan untuk permodelan dan analisis awal untuk section A-A'. Parameter geoteknik yang digunakan meliputi :  $\gamma$ =bobot isi alami;  $\phi$  = Sudut geser dalam, dan C = Kohesi

#### 4.2.2. Muka Air Tanah

Pada saat pengambilan data tidak adanya pengukuran muka air tanah, sehingga di dalam melakukan analisa peneliti menggunakan analisis dengan metode grafik hoek & bray dengan menggunakan chart 1, 3 dan 5 yaitu pada keadaan jenuh setengah jenuh dan kering.

#### 4.2.3. Beban Dinamis

Dalam pemodelan ini, beban yang bekerja dianggap hanya gaya yang diakibatkan oleh getaran peledakan. Tidak ada beban static dari luar system, sedangkan beban dinamik berupa getaran yang berasal dari adanya peledakan. Berdasarkan hasil dari pengukuran getaran peledakan dijadikan sebagai salah satu parameter dalam melakukan analisis kestabilan lereng.

**Tabel 2.** Getaran peledakan

| Parameter Statistik |          | Hasil    |
|---------------------|----------|----------|
| Statistik           | N        | 5        |
|                     | Mean     | 0.068687 |
|                     | Variance | 0.000878 |
|                     | STD      | 0.029632 |
|                     | Minimum  | 0.031665 |
|                     | Maximum  | 0.119012 |

### 4.3 Analisis Kestabilan Lereng Area Existing Front II PT. Semen Padang

Analisa kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode kesetimbangan batas menggunakan metode bishop yang disederhanakan dan Penyelesaian perhitungannya dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (software) dan menggunakan metode grafik hoek & bray. Nilai faktor keamanan (FK) = 1,3 digunakan sebagai kriteria untuk menilai stabilitas model lereng keseluruhan (overall slope) yang dapat diterima. Jika  $FK < 1,3$  maka model lereng dianggap belum cukup stabil.

#### 4.3.1. Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Bishop yang Disederhanakan dengan Menggunakan Program Rosience Slide 6.0

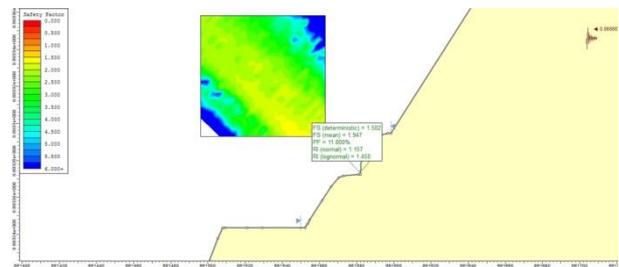
##### 4.3.2.1. Back analysis

Back analysis adalah analisa balik dengan memodelkan lereng pada kondisi longsor untuk memperoleh nilai parameter batuan <sup>[4]</sup>

**Table 3.** Data Awal probabilistik

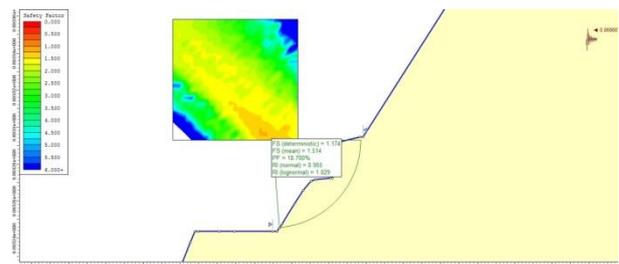
| Material        | Batu Gamping |          |                |
|-----------------|--------------|----------|----------------|
|                 | Unit weight  | Cohesion | Friction angel |
| Jumlah          | 3            | 3        | 3              |
| Mean            | 26.47        | 203.2    | 24.80667       |
| Standar deviasi | 0.011547995  | 146.314  | 12.89397663    |
| Minimum         | 26.48        | 111.5    | 10.1           |
| Maximum         | 26.46        | 327      | 34.17          |

Dengan memasukan data input dari tabel 2. Dan tabel 3 Sebagai data awal probabilistik maka untuk dalam kondisi kering maka nilai FK pada section A-A' seperti Gambar 6.



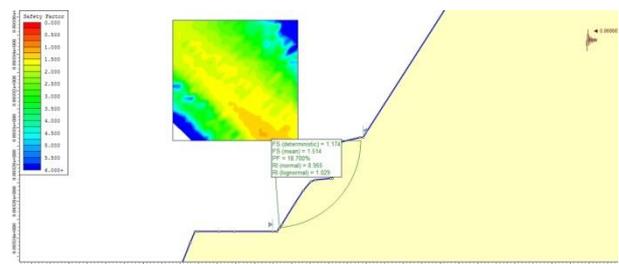
**Gambar 6.** Faktor keamanan lereng dalam kondisi kering sebelum terjadi longsor

Nilai FK untuk lereng Section A-A' dalam kondisi jenuh terdapat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Faktor keamanan lereng dalam kondisi jenuh sebelum terjadi longsor

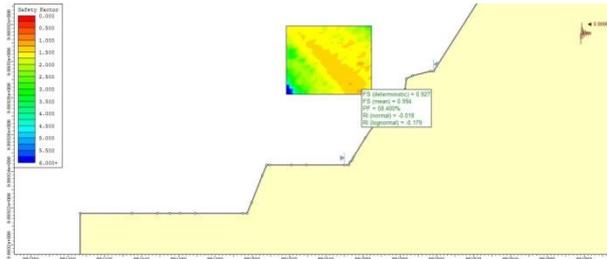
Nilai FK untuk lereng Section A-A' dalam kondisi setengah jenuh pada keadaan sebelum longsor terdapat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Faktor Keamanan Lereng Dalam Kondisi Setengah Jenuh Sebelum Terjadi Longsor

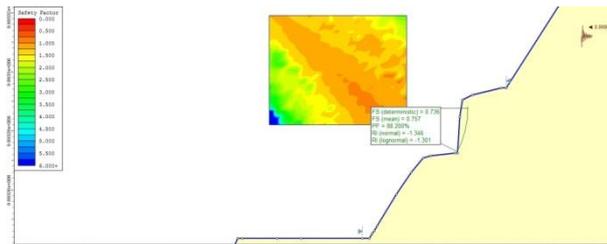
Dengan nilai faktor keamanan pada dalam kondisi kering sebesar 1.947, pada dalam kondisi jenuh sebesar 1.514 dan pada kondisi setengah jenuh sebesar 1.793

Back analysis dilakukan bertujuan untuk mengetahui parameter nilai properties material dengan nilai  $FK < 1$ .



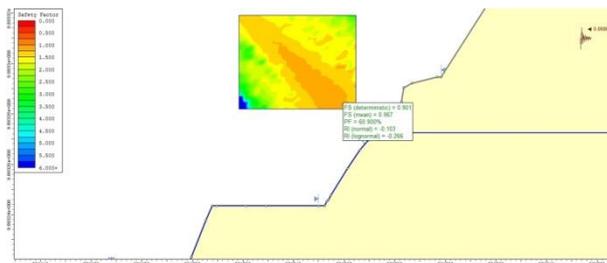
**Gambar 9.** Faktor Keamanan Lereng Pada Kondisi Kering Dilakukannya Analisis Balik

Setelah dilakukannya back analysis untuk mendapatkan nilai  $FK < 1$  untuk lereng dalam kondisi kering didapatkan nilai  $FK$  0,994.



**Gambar 10.** Faktor Keamanan Lereng Pada Kondisi Jenuh Setelah Dilakukannya Analisis Balik

Setelah dilakukannya back analysis untuk mendapatkan nilai  $FK < 1$  untuk lereng dalam kondisi jenuh didapatkan nilai  $FK$  0,757.



**Gambar 11.** Faktor Keamanan Lereng Pada Kondisi Setengah Jenuh Setelah Dilakukannya Analisis Balik

Setelah dilakukannya back analysis untuk mendapatkan nilai  $FK < 1$  untuk lereng dalam kondisi Setengah jenuh didapatkan nilai  $FK$  0,967.

Dari ketiga percobaan Back Analysis dalam kondisi kering, jenuh dan setengah jenuh didapatkan nilai material properties seperti pada Table 4.

**Tabel 4.** Data hasil analisis balik

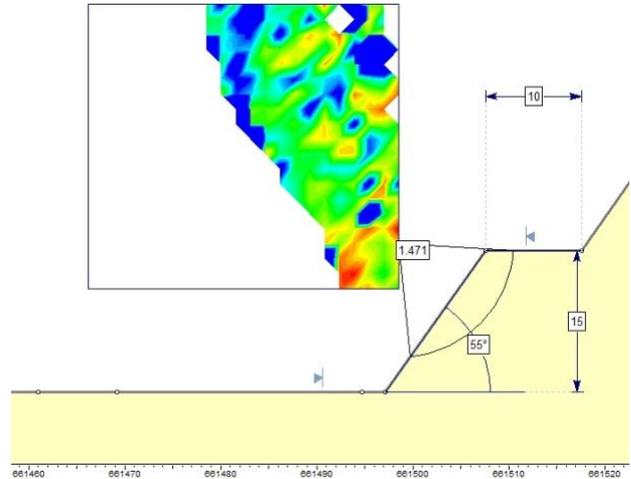
| Material Name | Color | Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Strength Type | Cohesion (kN/m <sup>2</sup> ) | Phi | Water Surface | Hu Type  |
|---------------|-------|----------------------------------|---------------|-------------------------------|-----|---------------|----------|
| gamping       |       | 26.47                            | Mohr-Coulomb  | 156.33                        | 24  | Water Surface | Constant |

Longsoran yang terjadi merupakan longsoran busur dikarenakan bentuk gelincirnya menyerupai busur. Terjadi pada batuan yang mengalami perlakuan

#### 4.3.2.2. Forward Analysis

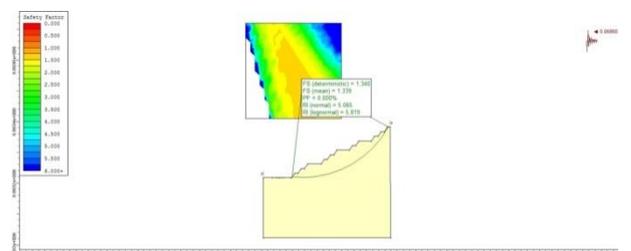
Forward analysis dilakukan berdasarkan parameter material yang diperoleh dari data back analysis. Forward analysis dilakukan guna untuk membuat modifikasi geometri lereng untuk meningkatkan kestabilan lereng dari data hasil back analysis.<sup>[4]</sup>

Rekomendasi untuk lereng tunggal pada saat dalam kondisi kering untuk mendapatkan nilai  $FK$  aman dengan Tinggi lereng tunggal 15 meter dan sudut sebesar  $55^\circ$  dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Modifikasi  $FK$  Lereng Tunggal dalam Kondisi Kering

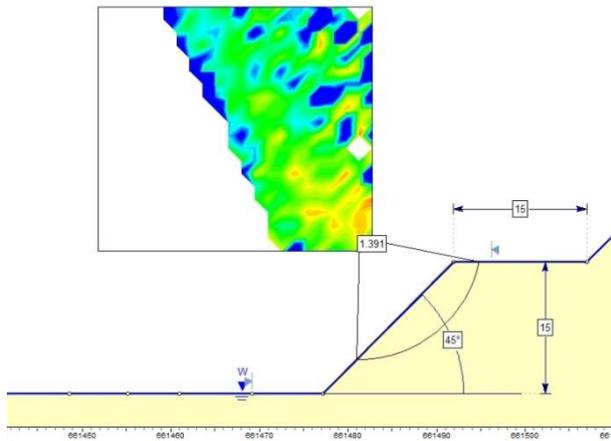
Untuk rekomendasi geometri lereng keseluruhan untuk lereng tunggal dibuat tinggi lereng 15 meter dan sudut sebesar  $55^\circ$  dengan lebar jenang minimum sebesar 10 meter. Apabila lereng belum stabil maka dilakukan perubahan sudut overall dengan memperbesar lebar jenang. Hasil analisis desain geometri rekomendasi terdapat pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Modifikasi  $FK$  Lereng dalam Kondisi Kering

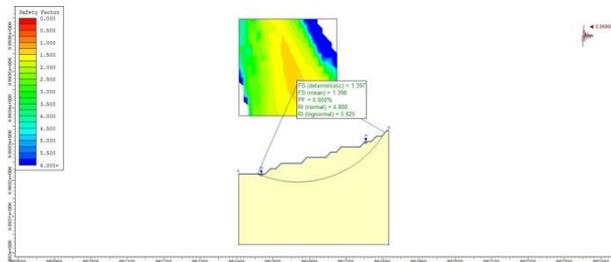
Berdasarkan analisis menggunakan Software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dengan kondisi lereng kering sebesar 1,471 dan untuk nilai faktor keamanan lereng keseluruhan sebesar 1,339 Probability of Failure sebesar 0 % yang berarti lereng dalam keadaan aman.

Rekomendasi untuk lereng tunggal dalam kondisi jenuh untuk mendapatkan nilai  $FK$  aman dengan Tinggi lereng 15 meter dan sudut sebesar  $45^\circ$  dan data input dari data hasil back analysis didapatkan nilai  $FK$  1,391. seperti pada Gambar 14.



**Gambar 14.** FK Lereng tunggal dalam Kondisi jenuh

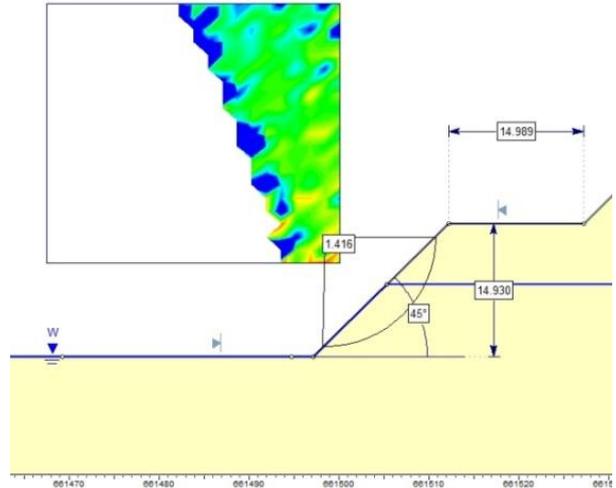
Untuk rekomendasi geometri lereng keseluruhan untuk lereng tunggal dibuat tinggi lereng 15 meter dan sudut sebesar  $45^\circ$  dengan lebar jengjang minimum sebesar 15 meter. Dan hasil analisis desain geometri rekomendasi terdapat pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Modifikasi FK Lereng dalam Kondisi Jenuh

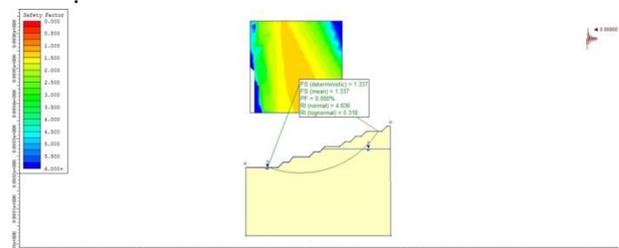
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dengan kondisi lereng kering sebesar 1,391 dan untuk nilai faktor keamanan lereng keseluruhan sebesar 1,398 Probability of Failure sebesar 0 % yang berarti lereng dalam keadaan aman.

Rekomendasi untuk lereng tunggal dalam kondisi setengah jenuh untuk mendapatkan nilai FK aman dengan Tinggi lereng 15 meter dan sudut sebesar  $45^\circ$  dan data input dari data hasil back analysis didapatkan nilai FK 1,416. seperti pada Gambar 16.



**Gambar 16.** FK Lereng tunggal dalam Kondisi setengah jenuh

Untuk rekomendasi geometri lereng keseluruhan untuk lereng tunggal dibuat tinggi lereng 15 meter dan sudut sebesar  $45^\circ$  dengan lebar jengjang minimum sebesar 15 meter. Apabila lereng belum stabil maka dilakukan perubahan sudut overall dengan memperbesar lebar jengjang. Hasil analisis desain geometri rekomendasi terdapat pada Gambar 17



**Gambar 17.** Modifikasi FK Lereng dalam Kondisi Setengah Jenuh

Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dengan kondisi lereng kering sebesar 1,416 dan untuk nilai faktor keamanan lereng keseluruhan sebesar 1,337 Probability of Failure sebesar 0 % yang berarti lereng dalam keadaan aman.

#### 4.3.2. Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Metode Grafis Hoek and Bray

Pada penelitian ini untuk menganalisis kestabilan lereng juga menggunakan metode grafis Hoek and Bray. Analisis dalam keadaan kering menggunakan Chart nomor 1, dalam keadaan jenuh menggunakan chart nomor 5 dan dalam keadaan setengah jenuh digunakan chart nomor tiga.

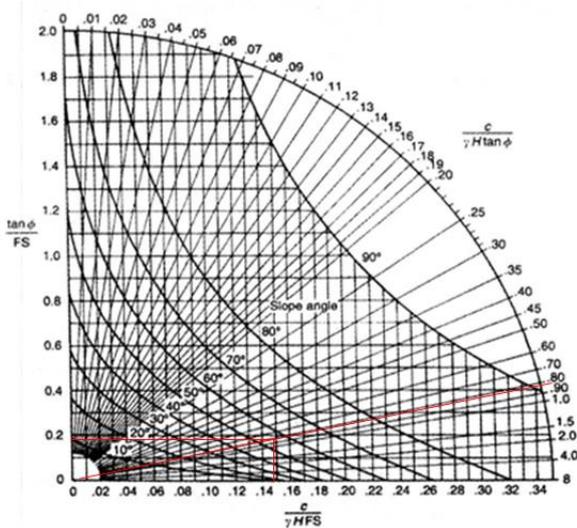
##### 4.3.2.1. Analisa Kestabilan Lereng Dalam Kondisi Kering

Dalam analisa kestabilan lereng dalam kondisi Kering digunakan parameter batuan dari hasil analisis balik yang terdapat pada Tabel 8.

Diketahui :

- Tinggi Lereng (H) : 15 meter
- Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) : 55°
- Bobot isi ( $\gamma$ ) : 26,47 KN/m<sup>3</sup>
- Kohesi (C) : 156,33 KN/m<sup>2</sup>
- Sudut geser dalam( $\phi$ ) : 24°

$$\frac{c}{\gamma \times H \times \tan \phi} = \frac{156,33}{26,47 \times 15 \times \tan 24} = 0,88$$



**Gambar 18.** Chart 1 Modifikasi FK Lereng dalam Kondisi Kering

$$\begin{aligned} c/(\gamma \times H \times Fs) &= 0,15 \\ 0,15 &= 156,33/(26,47 \times 15 \times Fs) \\ Fs &= 156,33/(26,47 \times 15 \times 0,15) = 2,624 \\ \frac{\tan \phi}{Fs} &= 0,19 \\ Fs &= \frac{\tan 24}{0,19} = 2,34 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis menggunakan metoda grafis hoek and bray diperoleh faktor keamanan dengan kondisi lereng kering (chart 1) pada nilai kritisnya adalah 2,34 > 1,3 yang berarti lereng dalam kondisi aman.

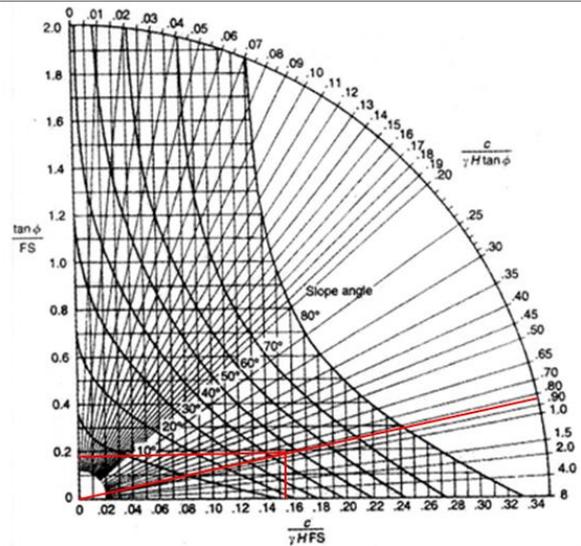
#### 4.3.2.2. Analisa Kestabilan Lereng Dalam Kondisi Jenuh

Dalam analisa kestabilan lereng dalam kondisi jenuh digunakan parameter batuan dari hasil analisis balik yang terdapat pada Tabel 8.

Diketahui :

- Tinggi Lereng (H) : 15 meter
- Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) : 45°
- Bobot isi ( $\gamma$ ) : 26,47 KN/m<sup>3</sup>
- Kohesi (C) : 156,33 KN/m<sup>2</sup>
- Sudut geser dalam( $\phi$ ) : 24°

$$\frac{c}{\gamma \times H \times \tan \phi} = \frac{156,33}{26,47 \times 15 \times \tan 24} = 0,88$$



**Gambar 19.** Chart 5 Modifikasi FK Lereng dalam Kondisi Jenuh

$$\begin{aligned} c/(\gamma \times H \times Fs) &= 0,153 \\ 0,153 &= 156,33/(26,47 \times 15 \times Fs) \\ Fs &= 156,33/(26,47 \times 15 \times 0,153) = 2,57 \\ \frac{\tan \phi}{Fs} &= 0,19 \\ Fs &= \frac{\tan 24}{0,19} = 2,34 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis menggunakan metoda grafis hoek and bray di peroleh faktor keamanan dengan kondisi lereng jenuh (chart 5) pada nilai kritisnya adalah 2,34 > 1,3 yang berarti lereng dalam kondisi aman.

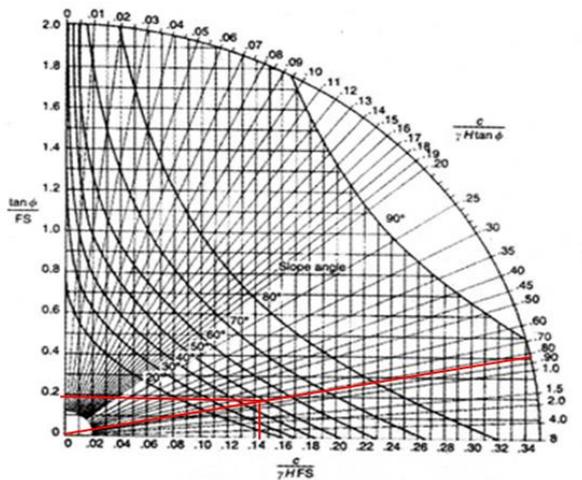
#### 4.3.2.3. Analisa Kestabilan Lereng Dalam Kondisi Setengah Jenuh

Dalam analisa kestabilan lereng dalam kondisi setengah jenuh digunakan parameter batuan dari hasil analisis balik yang terdapat pada Tabel 8.

Diketahui :

- Tinggi Lereng (H) : 15 meter
- Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) : 45°
- Bobot isi ( $\gamma$ ) : 26,47 KN/m<sup>3</sup>
- Kohesi (C) : 156,33 KN/m<sup>2</sup>
- Sudut geser dalam( $\phi$ ) : 24°

$$\frac{c}{\gamma \times H \times \tan \phi} = \frac{156,33}{26,47 \times 15 \times \tan 24} = 0,88$$



**Gambar 20.** Chart 3 Modifikasi FK Lereng dalam Kondisi Setengah Jenuh

$$c/(\gamma \times H \times Fs) = 0.142$$

$$0.142 = 156.33 / (26,47 \times 15 \times Fs)$$

$$Fs = 156.33 / (26,47 \times 15 \times 0.142) = 2,57$$

$$\frac{\tan \phi}{Fs} = 0,19$$

$$Fs = \frac{\tan 24}{0.19} = 2,34$$

Berdasarkan analisis menggunakan metoda grafis hoek and bray di peroleh faktor keamanan dengan kondisi lereng setengah jenuh (chart 3) pada nilai kritisnya adalah  $2,34 > 1,3$  yang berarti lereng dalam kondisi aman.

Berdasarkan hasil analisis diatas dengan modifikasi geometri lereng untuk mendapatkan geometri lereng dengan kondisi lereng aman dapat dilihat pada tabel 5, dibawah ini.

**Tabel 5.** Rekomendasi Geometri Lereng

| Kondisi Lereng | Analisis Slope | Tinggi Lereng (m) | Sudut lereng (°) | Lebar Bench (m)                                | Faktor keamanan |             | PK (%) |
|----------------|----------------|-------------------|------------------|--|-----------------|-------------|--------|
|                |                |                   |                  |  | Bishop          | Hoek & Bray |        |
| Kering         | Single         | 15                | 55               | 10   | 1.471           | 2.34        |        |
|                | Overall        | 165               | 28               | $(10 \times 7) + 8 + 43 + (40 \times 2) = 201$ | 1.339           |             | 0      |
| Setengah jenuh | Single         | 15                | 45               | 15   | 1.416           | 2.34        |        |
|                | Overall        | 120               | 21               | $(15 \times 4) + 9 + (43 \times 3) = 198$      | 1.337           |             | 0      |
| Jenuh          | Single         | 15                | 45               | 15   | 1.391           | 2.34        |        |
|                | Overall        | 120               | 21               | $(15 \times 4) + 3 + 55 + (50 \times 2) = 218$ | 1.398           |             | 0      |

## 5 PENUTUP

### 4.4 Kesimpulan

1. Nilai FK berdasarkan nilai parameter uji sifat fisik-mekanik dengan geometri lereng. Dengan nilai faktor keamanan dalam kondisi kering sebesar 1.947, pada kondisi setengah jenuh sebesar 1.793 dan pada kondisi jenuh sebesar 1.514.
2. Hasil Analisis Balik Lereng Section A-A'. Nilai parameter geoteknik berdasarkan analisis balik longoran dengan nilai kohesi 156.33 kN/m<sup>2</sup> dan sudut geser dalam 24°
3. Rekomendasi geometri lereng

- a. Dengan kondisi kering
  - 1) Metode Bishop : Tinggi Lereng Tunggal 15 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 55° dengan FK 1.471. Tinggi lereng keseluruhan 165 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 28° di peroleh FK = 1,339 Dan PK =0%
  - 2) Metode hoek and bray : tinggi lereng 15 meter dan sudut kemiringan lereng 55° diperoleh FK = 2,34
- b. Dengan kondisi jenuh
  - 1) Metode Bishop : Tinggi Lereng Tunggal 15 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 45° dengan FK 1,391. Tinggi lereng keseluruhan 120 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 21° di peroleh FK = 1,398 Dan PK =0%
  - 2) Metode hoek and bray : tinggi lereng 15 meter dan sudut kemiringan lereng 45° diperoleh FK = 2,34
- c. Dengan kondisi setengah jenuh
  - 1) Metode Bishop : Tinggi Lereng Tunggal 15 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 45° dengan FK 1.416. Tinggi lereng keseluruhan 198 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 21° di peroleh FK = 1,337 Dan PK =0%
  - 2) Metode hoek and bray : tinggi lereng 15 meter dan sudut kemiringan lereng 45° diperoleh FK = 2,34

## 4.5 Saran

1. Perubahan Geometri Lereng. Hal ini dilakukan dengan memperbaiki geometri lereng yang ada dengan mengikuti rekomendasi desain yang telah dibuat untuk menjaga kestabilan lereng dengan nilai  $FK > 1,3$
2. Perlunya ketelitian pada saat melakukan pengujian sampel di laboratorium agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
3. Langkah pemeliharaan, pemantauan, dan penanganan pada lereng tambang sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng tetap dalam kondisi aman.

## Daftar Pustaka

- [1] Rahim, A., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2015). ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK MENENTUKAN GEOMETRI LERENG PADA AREA PENAMBANGAN PIT MUARA TIGA BESAR SELATAN PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK, TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN. Bina Tambang, 2(1), 271-284.
- [2] Putra, S., & Heriyadi, B. (2019). Analisis Balik Kestabilan Lereng Penampang A Dan Penampang B Area Lowwall Tambang Batubara Pada Pit X PT. Kideco Jaya Agung Kecamatan Batu Sopang

- Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *Bina Tambang*, 4(1), 59-70.
- [3] Pane, R. A., & Anaperta, Y. M. (2019). Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 4(3), 218-232.
- Arif Irwandi. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- [4] Arif, I. I. (2016). *Geoteknik Tambang*. Gramedia Jakarta : Pustaka Utama.
- [5] Helky Sandra & Yoszi Mingsi Anaperta. "Analisis Kestabilan Lereng Studi Kasus Area Tambang Rakyat Bukit TUI S 0°28'43.15 " E100°24'16.24"-S0°28'43.15" E100°24'15.28" Kecamatan Padang Panjang Barat Kabupaten Padang Panjang ". *Jurnal. Bina Tambang Vol 3 No 4*
- [6] Anaperta, Y. M. (2017). EVALUASI KESTABILAN LERENG TAMBANG DI PIT TAMBANG AIR LAYA (TAL) BARAT SEKUEN JANUARI 2017 PENAMPANG C-C'PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK. TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 10(1), 60-70
- [7] Syafar, Z. (2017). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop pada Penambangan Nikel. *Jurnal Geomine*, 4(3).
- [8] Kosim, G. G. (2015). Analisis Balik Longsoran Low Wall Pit B3 di Tambang Batubara PT. BJA Menggunakan Metode Probabilistik Monte Carlo (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik (UNISBA)).
- [9] Yusuf, A. Muri. *Metodologi Penelitian Teliti & Hati-hati*. Jakarta: Prenamedia Group (2005).
- [10] Halimah, H., & Octova, A. (2018). ANALISIS GROUND VIBRATION UNTUK MENDESAIN LERENG YANG STABIL PADA PENAMBANGAN BATU GAMPING CV TEKAD JAYA HALABAN KABUPATEN 50 KOTA SUMATERA BARAT. *Bina Tambang*, 3(4), 1784-1792.
- [11] Anaperta, Y. M., & Putra, S. A. (2019). ANALISIS POTENSI LONGSOR LERENG BUKIT TUI KELURAHAN TANAH HITAM KOTA PADANG PANJANG SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN APLIKASI SLIDE V6. 0. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 12(1), 73-91.
- [12] Saputri, O., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2018). ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK SISTEM PENAMBANGAN OVERBURDEN (SOIL) DI AREA IUP 412 HA BUKIT TAJARANG INDARUNG PT. SEMEN PADANG SUMATERA BARAT. *Bina Tambang*, 3(1), 608-620.
- [13] Husien, D., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2018). Slope stability analysis at Pit AI-Block B PT. Anugerah Alam Andalas Muara Ketalo Village, Sungai Bengkal, Tebo Ilir Subdistrict, Tebo District, Jambi Province. *Bina Tambang*, 3(1), 504-523.