

# ANALISIS GROUND VIBRATION UNTUK MENDESAIN LERENG YANG STABIL PADA PENAMBANGAN BATU GAMPING CV TEKAD JAYA HALABAN KABUPATEN 50 KOTA SUMATERA BARAT

Halimah<sup>1\*</sup>, and Adree Octova<sup>1</sup>

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

[\\*halimahfirmansyah4597@gmail.com](mailto:*halimahfirmansyah4597@gmail.com)

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

**Abstract.** Blasting activities can cause vibrations that disrupt the surrounding environment, one of which is slope. In the planning of slopes, the magnitude of vibration due to blasting is needed to design the stable slope. To determine the effect of blasting vibration as known as horizontal vibration acceleration ( $a_{max}$ ) on slope stability then measurements of blasting vibration were taken in 10 point surrounding the location of blasting. Based on the data obtained, the parameters of seismic wave that required are frequency, peak particle velocity (PPV) dan peak particle acceleration (PPA). However, internal factors such as the physical and mechanical properties of the rocks that make up the slope are also very needed. After processing the data, the predicted value of vibration at the point of slope is 0,01531 g and after slope evaluation using Bishop and Janbu methods, the impact of vibration on the slope is around 0,07 – 0,25. The final slope design parameters consist of a single slope with a height of 38 m and the angle of slope is 90°. Safe limit of vibration blasting against the slope with trial and error test is 1,9 g.

**Keywords:** Blasting Vibration, Planning of Slope, The Parameters of Seismic Wave, Rock Tests

## 1. Pendahuluan

Aktivitas penambangan khususnya peledakan akan berdampak terhadap kestabilan lereng, dan faktor yang paling berpengaruh adalah akibat perubahan gaya yang ditimbulkan dari getaran peledakan (*blasting vibration*) akibat kegiatan peledakan untuk pembongkaran batuan tersebut.

Pada waktu peledakan, tidak semua energi yang dihasilkan digunakan untuk fragmen batuan, tetapi sebagian energi diteruskan pada massa batuan dalam bentuk energi gelombang yang di sebut gelombang seismik <sup>[1]</sup> dan dampak signifikan yang ditimbulkan adalah potensi terjadinya kelongsoran lereng <sup>[2]</sup>.

Besarnya dampak yang diberikan oleh getaran peledakan tergantung dengan tingkat getaran yang dihasilkan. Sedangkan tingkat getaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh metode peledakan, rancangan peledakan, *powder factor*, dan lain-lain. Oleh karena itu, pemerintah mengeluarkan aturan tentang baku tingkat getaran yang aman untuk bangunan/lereng, kenyamanan dan kesehatan masyarakat sekitar wilayah tambang <sup>[3]</sup>.

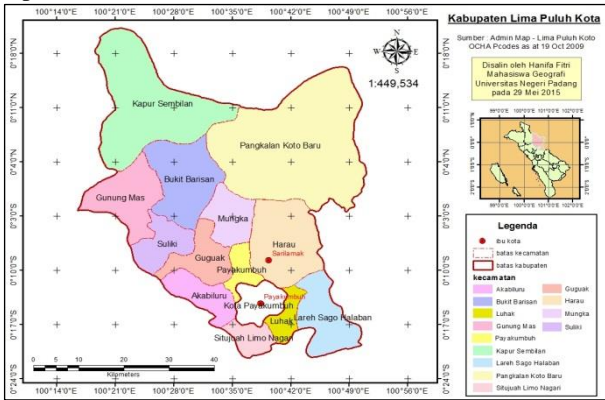
Dengan melakukan pengukuran terhadap gelombang seismik akibat getaran peledakan maka kita dapat mengetahui nilai batas aman tingkat getaran peledakan di lapangan terhadap kestabilan lereng.

Pengukuran tersebut akan dilakukan menggunakan alat seismometer yang dapat mengukur gelombang seismik akibat peledakan. Pengukuran gelombang seismik ini akan memberikan hasil berupa besarnya frekuensi getaran peledakan, amplitudo, kecepatan partikel puncak (PPV) dan percepatan partikel puncak (PPA). Hasil pengukuran tersebut selanjutnya dapat diolah untuk mencari nilai batas aman tingkat getaran peledakan terhadap kestabilan lereng.

CV Tekad Jaya merupakan sebuah perusahaan tambang batu gamping yang secara administrasi terletak di Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat. Dalam penambangannya, CV Tekad Jaya menggunakan peledakan untuk membongkar batuan supaya bisa diolah. Kegiatan peledakan ini menghasilkan getaran yang nantinya akan berdampak terhadap kestabilan lereng. Dalam rangka pembukaan tambang baru, CV Tekad Jaya berencana untuk merancang lereng yang aman bagi kemenerusan kegiatan pertambangan agar keselamatan kerja tiap individu tidak terganggu dan tidak terjadi longsoran yang dapat menimbulkan kecelakaan atau kerugian baik terhadap manusia dan perusahaan.

## 2. Lokasi Penelitian

Secara administrasi, lokasi penambangan CV Tekad Jaya terletak di Jorong Bulakan, Nagari Tanjung Gadang, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Jika diukur dari Kota Payakumbuh, maka untuk mencapai lokasi penambangan dibutuhkan waktu sekitar ± 35 menit dengan mengendarai sepeda motor.



Gambar 1. Peta Kabupaten 50 Kota

## 3. Kajian Pustaka

### 3.1 Getaran Tanah

Karakteristik peluruhan getaran tanah akibat peledakan didefinisikan dalam kurva hubungan *peak particle velocity* (PPV) dan *scaled distance* (SD)<sup>[4]</sup>. *Scaled distance* merupakan perbandingan jarak dengan muatan bahan peledak per waktu tunda. Hubungan PPV dengan SD dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$PPV = k x \left(\frac{R}{\sqrt{W}}\right)^{-\alpha} = k x (SD)^{-\alpha} \dots\dots(1)$$

$$SD = \frac{R}{\sqrt{W}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- PPV = *peak particle velocity* (mm/s)
- SD = *scaled distance* (m/kg)
- k = koefisien peluruhan getaran
- R = jarak pengukuran (m)
- W = muatan bahan peledak per waktu tunda (kg)
- α = konstanta kondisi massa batuan

Bentuk persamaan tersebut juga berlaku untuk hubungan antara *peak particle acceleration* dengan *scaled distance* yang dinyatakan dalam persamaan:

$$PPA = n x (R/\sqrt{W})^{-\beta} = n x (SD)^{-\beta} \dots\dots(3)$$

Keterangan:

- n = koefisien peluruhan
- β = konstanta kondisi massa batuan
- PPA = *peak particle acceleration* (mm/s<sup>2</sup>)

### 3.2 Percepatan Getaran Horizontal (a<sub>max</sub>)

Hubungan antara percepatan getaran horizontal maksimum (a<sub>maks</sub>) dan PPA dinyatakan dalam persamaan<sup>[5]</sup>:

$$a_{maks} = z x PPA \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- a<sub>maks</sub> = Percepatan Getaran Horizontal Maksimum (g)
- z = koefisien yang diperoleh dari respon analisis

Hubungan antara percepatan getaran horizontal maksimum (a<sub>maks</sub>) dan PPA juga dinyatakan dalam persamaan<sup>[6]</sup>:

$$a_{maks} = \frac{2 x \pi x PPV x f}{386.4} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- π = 3,14159
- PPV = *Peak Particle Velocity* (Inchi/s)
- f = Frekuensi dari respon getaran (Hz)

## 4. Metode Penelitian

### 4.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian terapan (*applied research*).

Penelitian terapan adalah suatu jenis penelitian yang hasilnya dapat secara langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Penelitian ini menguji manfaat dari teori-teori ilmiah serta mengetahui hubungan empiris dan analisis dalam bidang-bidang tertentu<sup>[7]</sup>.

### 4.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian.

Berdasarkan pengumpulan data dari beberapa jurnal, parameter yang mempengaruhi kemantapan lereng adalah sifat fisik dan mekanik batuan, relief permukaan bumi, struktur geologi, geometri lereng, kandungan air tanah, beban lereng, dan gaya dari luar seperti getaran akibat peledakan<sup>[8]</sup>.

Pengaruh getaran adalah kompleks dimana dapat meningkatkan tegangan gesernya dan di lain pihak menurunkan kuat gesernya. Percepatan horizontal yang dihasilkan oleh getaran dapat merubah kondisi tegangan-tegangan material lereng. Keadaan tersebut sesuai dengan prinsip inersia suatu benda dimana jika benda tersebut diberi gangguan mekanik atau gaya, maka benda tersebut akan memiliki kecenderungan yang kuat untuk mempertahankan keadaan awalnya. Maka untuk mendiamkan benda yang sedang bergerak dibutuhkan perlambatan, demikian pula sebaliknya. Pada saat benda mengalami percepatan atau perlambatan dalam hal ini lereng tambang, lereng tersebut akan mengalami sebuah perilaku fisik berupa penyesuaian yang diinterpretasikan sebagai deformasi atau bahkan keruntuhan<sup>[9]</sup>.

Selama penelitian terdapat dua jenis data yang diperoleh yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil atau diperoleh langsung oleh peneliti selama melakukan penelitian, sedangkan data sekunder adalah data yang diambil atau diperoleh dari perusahaan.

Data primer pada penelitian ini adalah koordinat wilayah tambang, *real time* gelombang seismik peledakan, sampel batuan, dan parameter *scanline mapping*. Sedangkan data sekundernya yaitu parameter peledakan.

### 4.3 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu:

1. Pengolahan data *real time* gelombang seismik  
Pengolahan data *real time* gelombang seismik dilakukan menggunakan perangkat lunak *TinyViber*, dimana hasil yang diharapkan dari pengolahan data ini yaitu berupa nilai frekuensi, PPV dan PPA. Langkah pertama dalam pengolahan data *real time* gelombang seismik adalah pemilihan gelombang hasil pengukuran yang mengandung gangguan akibat aktifitas peledakan. Akan ada 3 window yang terdiri atas 3 komponen yaitu vertikal (*Up and Down*), radial/longitudinal (*North-South*), dan transversal (*East-West*). Selanjutnya, gelombang tersebut akan diolah untuk mendapatkan nilai frekuensi, PPV dan PPA saat peledakan.
2. Nilai Percepatan Getaran Horizontal ( $a_{maks}$ )  
Nilai  $a_{maks}$  dapat diperoleh menggunakan rumus dari *Frank J. Lucca*, dimana rumus ini menggunakan parameter frekuensi dan PPV peledakan. Nilai ini nantinya akan memberikan pengaruh terhadap kestabilan lereng yang ada di titik yang telah ditentukan.
3. Pengolahan data parameter peledakan  
Data parameter peledakan yang digunakan oleh perusahaan akan diolah dalam *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai *Peak Particle Acceleration* (PPA) prediksi.
4. Nilai RMR (*Rock Mass Rating*)  
Nilai ini didapatkan dari pengolahan parameter *scanline mapping*, dimana pengolahan dilakukan di *Microsoft Excel*. Pengolahan parameter ini didasarkan pada bobot – bobot nilai yang telah ditentukan. Nilai RMR akan menunjukkan kualitas batuan penyusun dari lereng yang ditentukan.
5. Nilai kohesi dan sudut geser dalam  
Nilai ini akan didapatkan dari hasil pengolahan data uji sifat fisik dan mekanik yang terdiri dari nilai kuat tekan batuan dan bobot isi jenuh. Nilai–nilai tersebut nantinya akan diolah menggunakan perangkat lunak *RocLab*, dimana hasil yang diberikan yaitu berupa nilai kohesi dan sudut geser dalam batuan.
6. Desain lereng yang stabil  
Setelah semua parameter yang dibutuhkan untuk merancang lereng didapatkan, selanjutnya dilakukan perancangan menggunakan perangkat lunak *Slide*. Perancangan lereng dilakukan menggunakan pertimbangan getaran peledakan dan evaluasi lereng sebelumnya.
7. Nilai batas aman getaran peledakan terhadap lereng  
Setelah merancang lereng, selanjutnya dilakukan simulasi nilai getaran peledakan terhadap nilai Faktor Keamanan lereng untuk mendapatkan nilai batas aman getaran peledakan terhadap lereng.

Sehingga dapat mengantisipasi terjadinya kelongsoran oleh perusahaan.

8. Jumlah Bahan Peledak Maksimal yang Dapat di Pakai

Setelah mendapatkan nilai batas aman getaran peledakan, maka selanjutnya dicari jumlah maksimal bahan peledak yang bisa dipakai untuk mengantisipasi terjadinya kelongsoran.

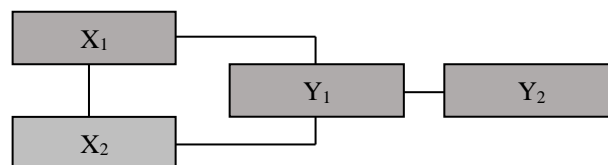
### 4.4 Tahapan Analisa Data

Dari hasil pengolahan data, maka akan didapatkan hasil berupa desain lereng yang aman, nilai batas aman getaran peledakan serta jumlah bahan peledak maksimal yang dapat digunakan. Setelah merancang lereng dengan mempertimbangkan besaran getaran peledakan serta hasil evaluasi lereng sebelumnya, maka dapat dianalisis seberapa besar pengaruh getaran peledakan terhadap rancangan lereng.

Selanjutnya dapat dibuat simulasi antara Faktor Keamanan lereng dengan besar getaran peledakan untuk mendapatkan nilai batas aman getaran peledakan terhadap kemaman lereng, dan yang terakhir yaitu dari hasil nilai batas getaran maksimal dapat diketahui jumlah bahan peledak maksimal yang dapat digunakan berdasarkan kemaman lereng. Simulasi ini dilakukan dengan metode *trial and error*.

### 4.5 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dengan model konstelasi penelitian yaitu:



**Gambar 2.** Desain Penelitian

Dari gambar 2 di atas memiliki penjelasan sebagai berikut:

- $Y_1$  adalah variabel terikat, kondisi aktual sebelum dilakukan evaluasi dan rancangan
- $Y_2$  adalah variabel terikat, setelah dilakukan evaluasi
- $X_1$  adalah variabel bebas, rancangan lereng yang stabil
- $X_2$  adalah variabel bebas, Nilai batas aman getaran terhadap lereng

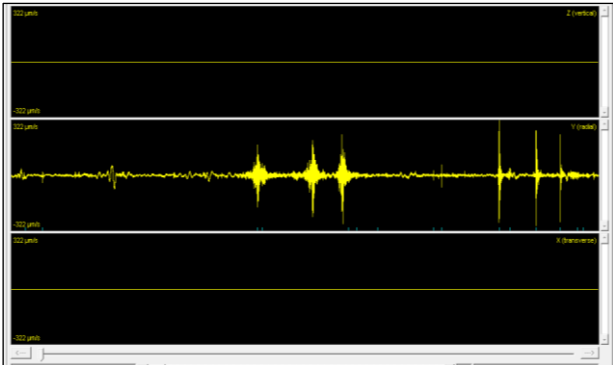
## 5. Hasil dan Pembahasan

### 5.1 Data

#### 5.1.1 Nilai PPV, PPA dan Frekuensi

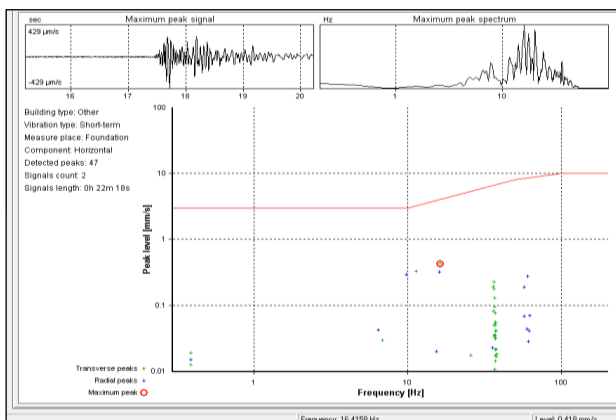
Selama melakukan pengukuran getaran peledakan, peneliti mendapatkan 10 titik pengukuran yang diambil berdasarkan jarak aman yang diizinkan oleh perusahaan.

Pengukuran dilakukan menggunakan alat seismometer Lennartz 3D/5S. Hasil pengukuran getaran tersebut tersimpan didalam recorder yang berbentuk file, dimana setiap file tersebut mengandung satu bentuk gelombang hasil pengukuran. Bentuk gelombang tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Bentuk Gelombang Radial/Longitudinal

Setiap getaran yang diukur memiliki 3 jenis bentuk gelombang yang terekam. Gelombang tersebut terdiri dari gelombang vertikal (*Up and Down*), gelombang radial/longitudinal (*North-South*), dan transversal (*East-West*). Namun dari ketiga jenis gelombang tersebut, hanya gelombang radial dan transversal yang diolah oleh software untuk melihat nilai frekuensi dan PPVnya, ini disebabkan karena percepatan pada arah vertikal tidak memberikan pengaruh yang signifikan, seperti dijelaskan yaitu “percepatan pada arah vertikal tidak digunakan karena tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kestabilan lereng, dari ketiga arah tersebut maka hanya nilai terbesar antara arah transversal dan longitudinal saja yang dapat menentukan nilai dari PPA”<sup>[10]</sup>.



**Gambar 4.** Hasil Pengolahan Alat pada Titik ke 6 dalam software TinyViber

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa ada dua buah kotak dibagian atas gambar yang terdiri dari *maximum peak signal* dan *maximum peak spectrum*. Kotak *maximum peak signal* menampilkan sinyal gelombang yang memiliki nilai *velocity peak* maksimum dalam satuan  $\mu\text{m/s}$ , sedangkan kotak *maximum peak spectrum* menampilkan nilai frekuensi pada sinyal gelombang

yang memiliki *peak* maksimum. Pada grafik *peak level* dan *frequency*, disana menampilkan hubungan antara frekuensi dan kecepatan. Nilai PPV dan frekuensi puncaknya ditandai dengan titik yang memiliki lingkaran berwarna merah, dimana nilai dari titik tersebut dapat dibaca pada sudut kanan bawah gambar tersebut.

Frekuensi merupakan jumlah gerakan/getaran ke atas dan kebawah dalam satu detik dengan satuan Hz (Hertz), sedangkan PPV (*Peak Particle Velocity*) merupakan kecepatan gerakan partikel batuan dari posisi nol meningkat ke maksimum dan kembali ke nol dengan satuan mm/s <sup>[11]</sup>.

**Tabel 1.** Nilai PPV, PPA dan Frekuensi

No	Koordinat UTM		Frekuensi (Hz)	PPV (mm/s)	PPA (g)
	X	Y			
1	693279	9965326	10,01	1,68	0,0233
2	692982	9965448	16,76	0,165	0,0044
3	692939	9965415	22,26	0,067	0,0024
4	693119	9965936	12,49	0,679	0,0061
5	693348	9965884	30,83	0,477	0,0081
6	692968	9965355	16,41	0,418	0,0092
7	693202	9965274	10,67	1,71	0,027
8	693396	9965114	38,44	0,374	0,0073
9	693780	9965096	26,06	0,158	0,003
10	693587	9965718	7,7	0,241	0,0055

5.1.2 Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

**Tabel 2.** Nilai Bobot Isi Jenuh Batuan

NO	Sampel A (gr/cm <sup>3</sup> )	Sampel B (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1,36	1,29
2	1,35	1,25
3	1,24	1,25
Rata-rata	1,32	1,27
Rata-rata	1.29	

**Tabel 3.** Nilai Kuat Tekan Batuan

NO	Sampel A (Mpa)	Sampel B (Mpa)
1	101,03	72,91
2	100,71	66,72
3	93,08	102,60
Rata-rata	98,27	80,74
Rata-rata	89.50	

5.1.3 Parameter Scanline Mapping

Dalam penelitian ini digunakan metode *scanline mapping*. Metode ini dapat digunakan untuk mengetahui orientasi bidang *diskontinuitas* pada permukaan yang dianggap mewakili orientasi bidang *diskontinuitas* batuan secara keseluruhan. Peralatan yang dipakai berupa tali, kompas, clip board dan penggaris.

**Tabel 4.** Parameter *Scanline Mapping*

No	Tipe	Strike (N_E)	Dip (°)	Spasi (cm)	Persis-tence (m)	JRC (JC)	Pelapukan	Lebar Rongga (mm)	Pengisi	Diskont. Set	Kondisi Air tanah /JW
1	joint	136	70	0	1.5	14	Fresh	1 - 5.0 mm	None	3	Kering
2	joint	65	5	40	2	6	Fresh	1 - 5.0 mm	None	4	Kering
3	joint	170	65	23	0.9	6	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	1	Kering
4	joint	165	20	35	0.6	6	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	1	Kering
5	joint	355	75	25	0.8	4	Fresh	1 - 5.0 mm	None	2	Kering
6	joint	139	85	47	0.3	8	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	1	Kering
7	joint	70	3	40	0.9	10	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	4	Kering
8	joint	160	21	25	0.6	8	Fresh	1 - 5.0 mm	None	1	Kering
9	joint	170	60	38	0.2	14	Fresh	1 - 5.0 mm	None	2	Kering
10	joint	295	72	24	0.5	8	Fresh	1 - 5.0 mm	None	3	Kering

Data-data yang diambil dalam penelitian ini yang selanjutnya akan digunakan dalam analisis kinematik dan klasifikasi massa batuan berupa data *diskontinuitas* baik yang terbentuk secara primer maupun secara sekunder, JRC, SHV, dan kondisi keairan [12].

**5.1.4 Geometri Lereng**

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran di lapangan, maka didapatkan parameter lereng yaitu :

- a. Tinggi lereng : 28 m
- b. Kemiringan lereng : 75°
- c. Jenis Lereng : *Single Slope*

**5.2 Perhitungan**

**5.2.1 Perhitungan Nilai Percepatan Getaran Horizontal**

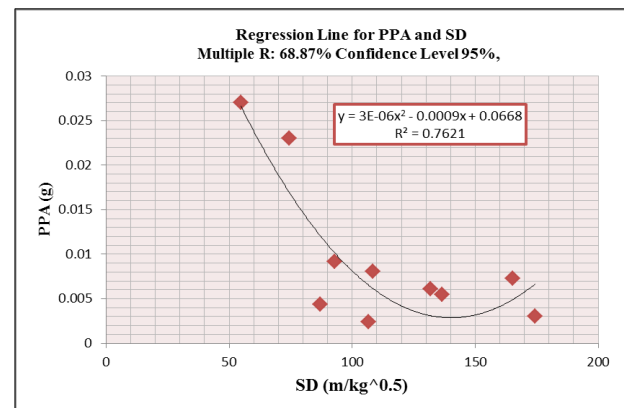
Menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dilakukan perhitungan nilai  $a_{maks}$  dari persamaan (5), maka didapatkanlah nilai  $a_{maks}$  dari 10 titik pengukuran pada tabel 5.

**Tabel 6.** Nilai  $a_{maks}$  di 10 Titik Pengukuran

No	Koordinat UTM		Lokasi	Jarak (m)	SD (m/kg <sup>1/2</sup> )	amaks (g)	PPA (g)
	X	Y					
1	693279	9965326	Jalan	235.84	74.57	0.0108	0.023
2	692982	9965448	Rumah Warga	304.23	87.1	0.0018	0.0044
3	692939	9965415	Rumah Warga	352.98	106.52	0.0010	0.0024
4	693119	9965936	Rumah Warga	417.09	131.91	0.0054	0.0061
5	693348	9965884	Rumah Warga	346.81	108.45	0.0094	0.0081
6	692968	9965355	Rumah Warga	359.62	92.85	0.0044	0.0092
7	693202	9965274	Rumah Warga	183.57	54.73	0.0117	0.027
8	693396	9965114	Rumah Warga	310.86	165.27	0.0092	0.0073
9	693780	9965096	Kebun	558.86	174.21	0.0026	0.003
10	693587	9965718	Pos Satpam	399.56	136.44	0.0012	0.0055

**5.2.2 Hubungan PPA dengan SD**

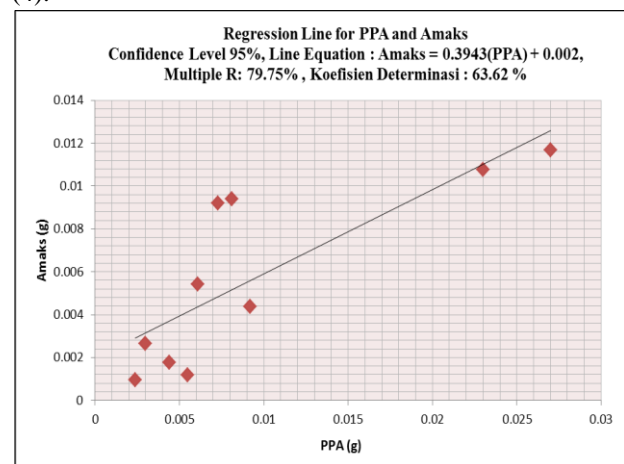
Analisis hubungan parameter peledakan terhadap nilai percepatan partikel puncak yang diperoleh dari hasil pengukuran getaran tanah akibat peledakan dilakukan dengan membuat kurva antara SD yang mewakili parameter peledakan terhadap PPA hasil pengukuran getaran tanah akibat peledakan, sehingga dihasilkan persamaan (3) yang menunjukkan hubungan keduanya.



**Gambar 5.** Hasil Regresi Hubungan PPA dan SD

**5.2.3 Hubungan PPA dengan  $a_{maks}$**

Hubungan antara percepatan getaran horizontal maksimum ( $a_{maks}$ ) dan PPA dinyatakan dalam persamaan (4).



**Gambar 6.** Hasil Regresi Hubungan PPA dan  $a_{maks}$



Dari hasil regresi yang didapatkan, maka persamaan yang dihasilkan mendekati rekomendasi nilai menurut Marcuson tahun 1981, yaitu nilai  $a_{maks}$  berada di  $1/3$  dan  $1/2$  dari nilai PPA.

#### 5.2.4 Nilai Prediksi $a_{maks}$ di Titik Lereng

Untuk mengetahui nilai prediksi besarnya getaran di titik lereng berada, maka digunakan persamaan dari hubungan antara  $a_{maks}$  dengan PPA yaitu  $a_{maks} = 0,3943 (PPA) + 0,002$ . Nilai PPA didapatkan dari persamaan hubungan antara PPA dengan SD yaitu  $PPA = 3E-06(SD)^2 - 0,0009(SD) + 0,0668$ . Sehingga setelah diolah menggunakan *Microsoft excel*, maka didapatkanlah hasil dari besaran getaran di titik lereng.

**Tabel 7.** Nilai Prediksi  $a_{maks}$

No	Koordinat UTM		Lokasi	Jarak (m)	W (kg <sup>0,5</sup> )	SD	PPA (g)	Amaks (g)
	X	Y						
1	693247.6	9965571	Lereng	173.01	3.87	44.705426	0.034	0.01531

#### 5.2.5 Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam batuan, kohesi batuan akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Dengan kata lain kohesi mencerminkan faktor kelekatan material. Pada umumnya nilai kohesi akan tinggi pada material halus dan rendah pada material yang berbutir kasar. Sedangkan sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser didalam material. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau terhadapnya melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya.

Pada penelitian ini, nilai kohesi dan sudut geser dalam didapatkan dari olahan data menggunakan *software RocLab*. Nilai kohesinya adalah sebesar 0,639 Mpa, sedangkan nilai sudut geser dalamnya adalah sebesar  $49,27^0$ .

#### 5.2.6 Nilai RQD dan RMR

RQD (*Rock Quality Designation*) adalah sebuah ukuran kasar mengenai derajat keretakan pada massa batuan. RQD merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan batuan RQD penting untuk digunakan dalam pembobotan massa batuan (*Rock Mass Rating*) dan pembobotan massa lereng (*Slope Mass Rating*).

Sedangkan *Rock Mass Rating* (RMR) adalah suatu metode empiris untuk menentukan pembobotan dari suatu massa batuan yang digunakan untuk mengevaluasi ketahanan massa batuan sebagai salah satu cara untuk menentukan kemiringan lereng maksimum yang juga bisa diaplikasikan untuk hal pembuatan terowongan (Bieniawski, 1973). Klasifikasi ini didasarkan pada enam parameter yaitu kekuatan batuan, RQD (*Rock Quality*

*Designation*), jarak diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, kondisi air tanah, dan orientasi diskontinuitas.

**Tabel 8.** Nilai RQD

NO	rata-rata spasi (m)	$\Delta$ (1/Spasi)	RQD (%)
1	0,297	3,367	63,758514

**Tabel 9.** Nilai RMR

Parameter	Nilai	Bobot
RQD (%)	63.75%	13
Kuat Tekan (UCS)	89.50 Mpa	7
Spasi (mm)	0.6 - 2 m	15
Kondisi Discontinuitas		
1. Persistence (m)	< 1m	6
2. Lebar Rongga (mm)	1 - 5.0 mm	1
3. Kekasaran Kekar	Sedikit Kasar	3
4. Material Pengisi	None	6
5. Pelapukan	Fress	6
Kondisi Air	Kering	15
Orientasi kekar	Baik (Dip rata-rata > 45 yaitu 47.6)	-5
<b>RMR</b>		<b>67</b>

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa besar pembobotan nilai RMR yaitu sebesar 67, maka menurut *Bieniawski*, berdasarkan besarnya nilai pembobotan batuan tersebut termasuk kedalam kelas batuan *good rock* atau batuan yang memiliki nilai pembobotan yang cukup baik. Nilai RMR ini selanjutnya digunakan untuk mencari nilai kohesi dan sudut geser dalam batuan menggunakan *software RocLab*.

### 5.3 Pembahasan

#### 5.3.1 Rancangan Lereng

Sebelum memulai merancang lereng, perlu dilakukan evaluasi terhadap keadaan dan kondisi lereng awal untuk dapat menjadi patokan atau acuan dalam perancangan lereng kedepannya.

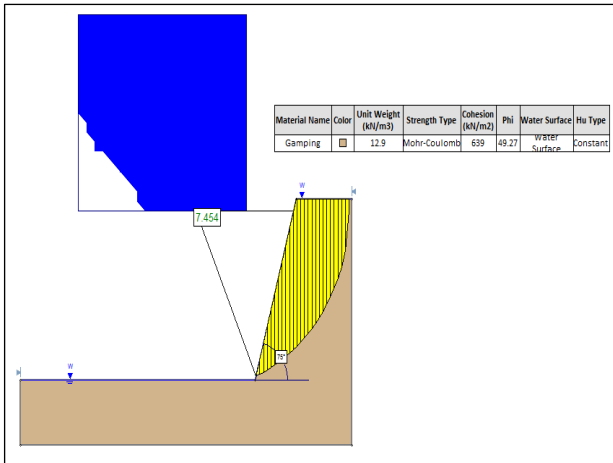
Metode yang digunakan untuk mengevaluasi keamanan lereng adalah metode kesetimbangan batas yaitu metode Bishop dan metode Janbu. Metode Bishop merupakan metode yang mengasumsikan bidang longsoran dalam bentuk *circular*, sedangkan metode Janbu merupakan metode yang mengasumsikan bidang longsoran dalam bentuk *non-circular*. Tujuan dalam membandingkan dua metode tersebut adalah untuk mengetahui faktor kerman yang paling rendah dengan mengasumsikan dua jenis bidang longsoran<sup>[13]</sup>.

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran di lapangan, maka didapatkan parameter lereng yaitu :

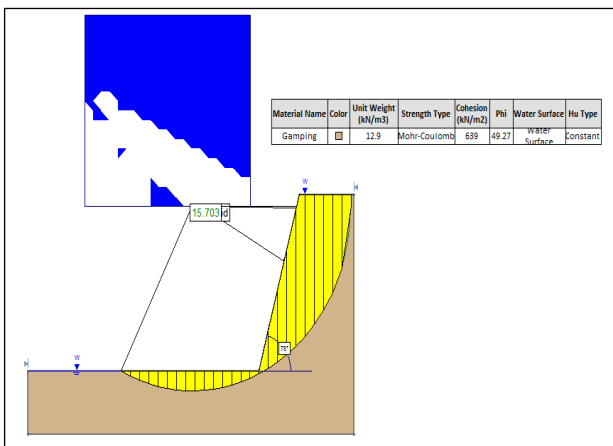
- Tinggi lereng : 28 m
- Kemiringan lereng :  $75^0$

Berdasarkan pengolahan data, maka nilai sifat fisik dan mekanik batuan yaitu :

- Bobot isi jenuh :  $12,9 \text{ KN/m}^3$
- Kohesi :  $639 \text{ KN/m}^2$
- Sudut geser dalam :  $49,27^0$



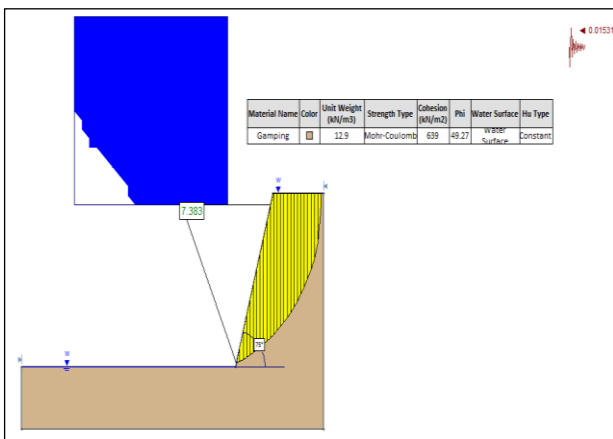
Gambar 7. Evaluasi Lereng Tanpa getaran dengan Metode Bishop



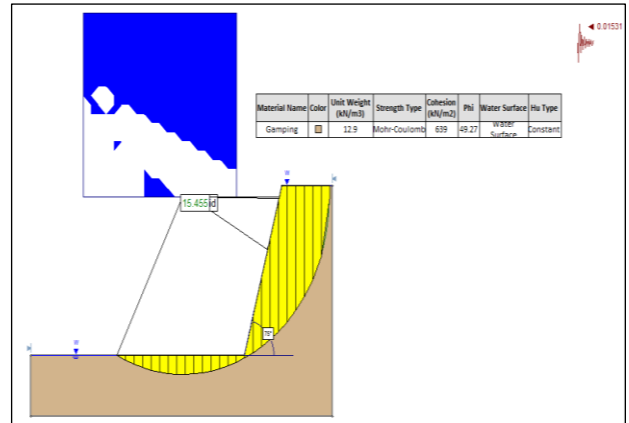
Gambar 8. Evaluasi Lereng Tanpa getaran dengan Metode Janbu

Dari hasil evaluasi didapatkan bahwa keadaan lereng tanpa getaran berada dalam kondisi aman karena nilai faktor keamanan lereng berdasarkan metode bishop dan janbu berada di atas 1,25.

Selanjutnya yaitu mengevaluasi lereng menggunakan faktor eksternal berupa getaran peledakan, dimana nilai prediksi getaran peledakan ( $a_{maks}$ ) yaitu sebesar 0,01531 g.



Gambar 9. Evaluasi Lereng dengan getaran dengan Metode Bishop



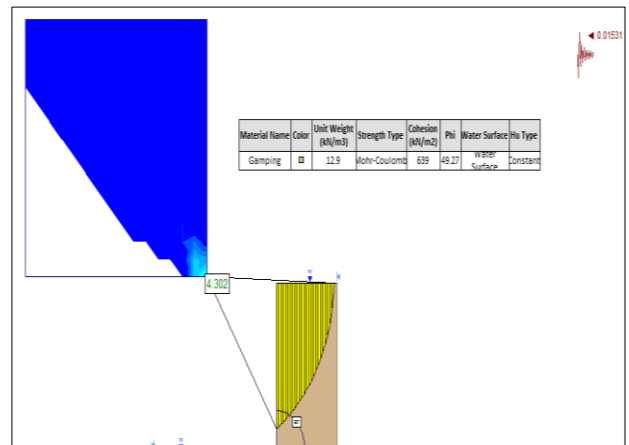
Gambar 10. Evaluasi Lereng dengan getaran dengan Metode Janbu

Dari hasil evaluasi didapatkan bahwa keadaan lereng dengan getaran berada dalam kondisi aman karena nilai faktor keamanan lereng berdasarkan metode bishop dan janbu berada di atas 1,25.

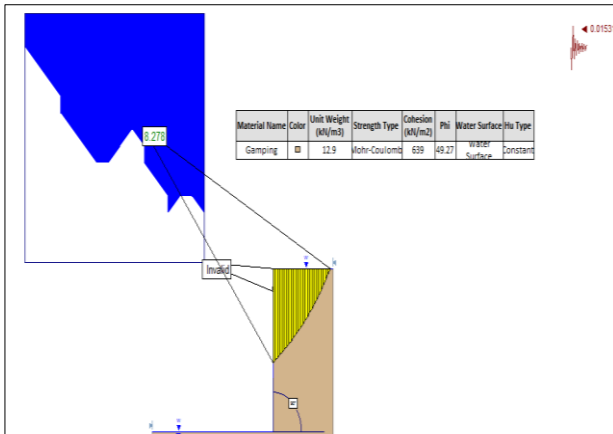
Setelah mengevaluasi keadaan lereng awal, maka didapatkan lah acuan untuk merancang lereng ketika dalam kondisi *mine out* atau bahan galian telah habis ditambang. Perancangan lereng yang dilakukan menggunakan *software slide* ini memakai metode *trial and error* terhadap geometri lereng dan batas faktor keamanan menurut *Bowles*.

Dengan mempertimbangkan keamanan dan keuntungan bagi perusahaan maka parameter yang digunakan dalam merancang lereng adalah :

- a. Tinggi Lereng : 38 m
- b. Kemiringan Lereng : 90°



Gambar 11. Rancangan Lereng dengan Metode Bishop



Gambar 12. Rancangan Lereng dengan Metode Janbu

Rancangan lereng yang menggunakan metode *Bishop* memiliki nilai FK sebesar 4,302, dimana nilai ini termasuk dalam kategori aman karena nilainya lebih besar dari 1,25. Sedangkan rancangan lereng menggunakan metode *Janbu* juga memiliki nilai FK lebih besar dari 1,25 yaitu sebesar 8,278 dengan bidang longsoran yang lebih kecil.

5.3.2 Nilai Batas Aman Getaran Terhadap Kestabilan Lereng

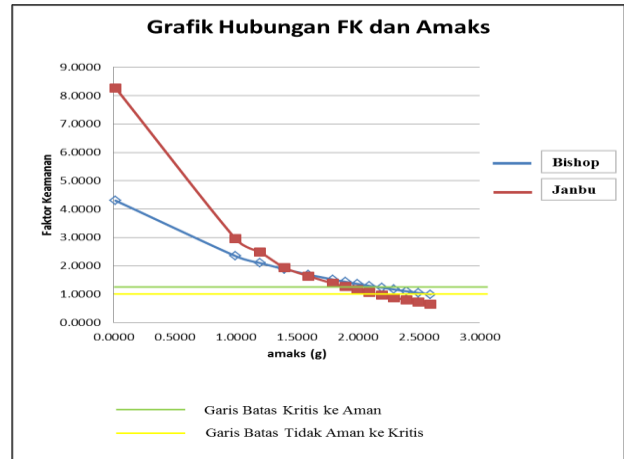
Dengan menggunakan uji *trial and error* pada nilai getaran terhadap kemandan lereng menggunakan parameter rancangan lereng. Maka didapatkan nilai batas aman getaran peledakan terhadap lereng, yaitu sebesar 1,9 g.

Nilai hasil uji *trial and error* dapat dilihat pada Tabel 10.

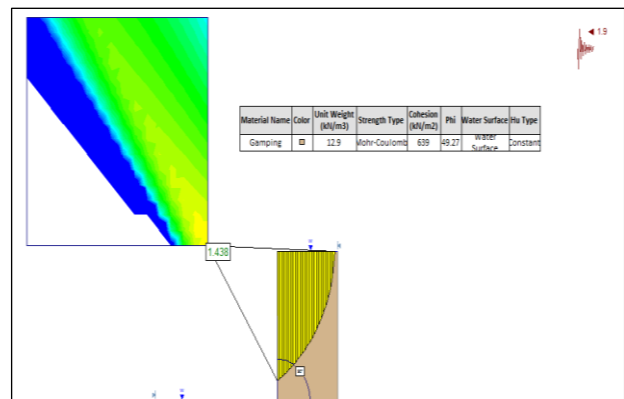
Tabel 10. Nilai Hasil Uji *Trial and Error* Faktor Kemandan

No	amaks (g)	Faktor Kemandan (FK)	
		Bishop	Janbu
1	0,0153	4,3020	8,2780
2	1,0000	2,3440	2,9520
3	1,2000	2,1000	2,4880
4	1,4000	1,8830	1,9400
5	1,6000	1,6890	1,6370
6	1,8000	1,5170	1,3770
7	1,9000	1,4380	1,2620
8	2,0000	1,3630	1,1550
9	2,1000	1,2930	1,0560
10	2,2000	1,2310	0,9640
11	2,3000	1,1670	0,8780
12	2,4000	1,1030	0,7980
13	2,5000	1,0440	0,7230
14	2,6000	0,9960	0,6530

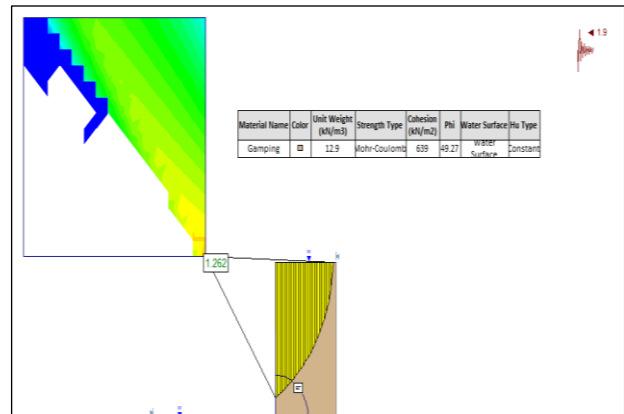
Untuk lebih mengetahui pengaruh nilai getaran terhadap kemandan rancangan lereng maka dibuatlah kurva hubungan  $a_{maks}$  dengan Faktor Kemandan lereng. Kurva tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hubungan FK dan  $a_{maks}$



Gambar 14. Nilai Batas Aman Getaran Peledakan Terhadap Lereng Menggunakan Metode *Bishop*



Gambar 15. Nilai Batas Aman Getaran Peledakan Terhadap Lereng Menggunakan Metode *Janbu*

Gambar 14 merupakan nilai batas aman getaran peledakan terhadap kemandan lereng menggunakan metode *Bishop*. Nilai FK yang didapat adalah sebesar 1,438, dimana nilai ini sebenarnya masih tergolong aman karena masih besar dari 1,25, namun karena pada metode *Janbu* nilai FK sudah hampir berada di batas nilai aman menurut *Bowles* yaitu sebesar 1,262, maka disimpulkan bahwa dengan besar getaran 1,9 g, keadaan lereng sudah



masuk kedalam kelas batas aman terhadap kemungkinan terjadinya longsor.

## 6. Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

1. Parameter gelombang seismik yang didapatkan yaitu frekuensi getaran, *peak particle velocity* (PPV) dan *peak particle acceleration* (PPA)
2. Nilai prediksi percepatan getaran horizontal ( $a_{maks}$ ) di titik lereng yaitu sebesar 0,01531 g.
3. Nilai bobot isi jenuh batuan adalah 12,9 KN/m<sup>3</sup> dan kuat tekan batuan adalah sebesar 89,5 Mpa sedangkan nilai kohesi dan sudut geser dalam sebesar 639 KN/m<sup>2</sup> dan 49,27°.
4. Nilai RQD (*Rock Quality Designation*) batuan adalah sebesar 63,75% sedangkan nilai RMR (*Rock Mass Rating*) adalah sebesar 67.
5. Rancangan lereng berdasarkan pengaruh getaran peledakan dan berpatokan kepada evaluasi kondisi lereng awal memiliki parameter yaitu berupa lereng tunggal dengan ketinggian 38 m dan kemiringan 90°.

### 6.2 Saran

1. Hasil akan lebih akurat apabila pengukuran dilakukan langsung di titik yang ingin diuji.
2. Lebih baik melakukan pengukuran di lokasi yang kondusif seperti tidak dilewati oleh kendaraan dan orang – orang yang melintas
3. Lebih baik menggunakan data peledakan aktual lapangan daripada data desain peledakan.

## Daftar Pustaka

- [1] Octova, A., & Sule, R. (2018, April). *Seismic Travel Time Tomography in Modeling Low Velocity Anomalies between the Boreholes*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 335, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
- [2] Saiang, David. *Behaviour of Blast-Induced Damaged Zone Around Underground Excavations in Hard Rock Mass*. Civil, Mining and Environmental Engineering. Lulea University of Technology. Sweden (2008)
- [3] Anonim. *Baku Tingkat Getaran*. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 49 (1996)
- [4] Rudini. *Analisis Ground Vibration pada Peledakan Overburden di Panel 4 Pit J PT Kaltim Prima Coal*. Jurnal Teknik Pertambangan UPN (2012)
- [5] Rizka, Mukhammad Sofyan, dkk. *Analisis Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng pada Tambang Batubara Pit Roto Selatan Site Kideco, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur*. Promine Journal Vol. 5 (1) Hal. 1 – 9 (2017)
- [6] Frank, J. Lucca. *Ground Vibration Basics, Monitoring and Prediction*. Effective Blast Design and Optimazation (2003)
- [7] Diah, Megasari T. *Jenis – jenis Penelitian*. Makalah. Dalam: Tugas Penelitian dan Pengajaran Kimia (2011)
- [8] Bria, Kornelis & Ag, Isjudarto. *Analisis Kestabilan Lereng pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan PT Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kertanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta. Yogyakarta
- [9] Rendra, Refadhli. *Dampak Ground Vibration Aktifitas Peledakan Bagi Kestabilan Lereng Akhir di Front 1 pada Penambangan Terbuka Karang Putih, Semen Padang*. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang. Padang (2017)
- [10] Moelhim, Kartodharmo. *Supervisory Teknik Peledakan*. Laboratorium Geoteknik Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa. Institut Teknologi Bandung (1989)
- [11] Standar Nasional Indonesia. *Baku Tingkat getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta (2010)
- [12] Kotarumalos, Sitti Alwia. *Tugas Praktikum Geologi Teknik Scanline dan RQD*. Institut Sain & Teknologi Akprind. Yogyakarta (2015)
- [13] Cherianto, Octavian. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop*. Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No. 3 Hal. 139 – 147 (2014)