

**Analisis Kestabilan Lereng di Bukit Tui Section S0° 28' 50.23" E100° 24' 16.89"- S0° 28' 49.19" E100° 24' 17.07" Kecamatan Padang Panjang Barat Kota Padang Panjang**

**Yoszi Mingsi Anaperta<sup>1\*</sup> Eko Irwan<sup>1</sup>**

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

\*Corresponding author, e-mail: yosziperta@yahoo.co.id

**Abstrak—** Bukit Tui merupakan bukit kapur yang berjajar di selatan Kota Padang Panjang, letaknya berada antara Kelurahan Rao-Rao hingga Tanah Hitam. Hasil investigasi peneliti pada lereng Bukit Tui di Section S0° 28' 50.23" E100° 24' 16.89"- S0° 28' 49.19" E100° 24' 17.07" yang berada di Kelurahan Tanah Hitam terdapat lereng batuan dolomit tertutup tanah. Berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia, kota Padang Panjang tergolong pada zona getaran gempa yang tinggi, berkisar 0,8-0,9 g. Potensi akan terjadinya longsor pada lereng penelitian dapat menyebabkan tertutupnya ruas jalan akses masyarakat menuju penambangan dolomit sehingga dapat menghambat lalu lintas pengguna jalan dan mengganggu produksi penambangan serta berpotensi kerugian materi dan korban jiwa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Faktor Keamanan pada lereng penelitian terhadap gempa. Berdasarkan hasil analisis dengan simulasi nilai getaran gempa diperoleh nilai getaran gempa maksimal yang dapat ditahan lereng berada dalam kondisi aman adalah sebesar 0,2 g atau setara dengan 6,4-6,6 Skala Richter yaitu dengan FK sebesar 1,281. Dimana menurut Joseph E. Bowles (1984) lereng tersebut berada pada kondisi aman.

Kata Kunci : Gempa, Faktor Keamanan, Lereng, Getaran Gempa Maksimum

**Abstract—** Tui Hill is a limestone hill lined south of Padang Panjang, located between Rao-Rao Village to Tanah Hitam. The results of research at Tui Hill at the location S0° 28' 50.23" E100° 24' 16.89"- S0° 28' 49.19" E100° 24' 17.07" located in Tanah Hitam Village has a covered dolomite rock slope. Based on the Indonesian earthquake zoning map, the city of Padang Panjang is classified as a high earthquake vibration zone, ranging from 0.8-0.9 g. The potential for landslides on the slopes of the study can lead to the closure of the access road to dolomite mining so that it can hamper road user traffic and disrupt mining production as well as potential material losses and fatalities This study aims to determine the Safety Factors on earthquake slope research. Based on the results of the analysis by simulating earthquake vibration values the maximum earthquake vibration values that can be held by slopes in a safe condition is 0.2 g or equivalent to 6.4-6.6 on the Richter Scale, namely with FK of 1,281. According to Joseph E. Bowles (1984) the slope is in accordance with the safe conditions.

Keywords : Earthquake, Safety Factor, Slope, Maximum Earthquake Vibration



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License

**I. PENDAHULUAN**

Bencana alam longsor dan gempa bumi termasuk salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Sumatera Barat merupakan wilayah yang perlu diwaspadai terhadap potensi terjadinya longsor. Hal ini dikarenakan Sumatera Barat merupakan salah satu dari deretan daerah aktif tektonik dan vulkanik yang terletak pada

pertemuan dua lempeng yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia, pergerakan lempeng tersebut bisa memicu banyaknya bencana alam, termasuk gempa bumi dan longsor.

Bukit Tui adalah bukit kapur yang berjajar di selatan Padang Panjang, letaknya berada antara Kelurahan Rao-Rao sampai Tanah Hitam. Di lokasi ini pernah terjadi longsor besar di Tahun



Lereng menjadi bagian dari infrastruktur jalan wilayah berbukit yang keberadaannya turut berperan dalam menunjang kelancaran moda transportasi darat, banyak jalan ditemui dengan keberadaan lereng disekelilingnya, dan bahkan tak jarang lereng juga dijadikan tempat aktivitas masyarakat, salah satunya seperti penambangan disekitar lereng yang bisa mengancam perubahan kestabilan lereng itu sendiri.

Perubahan kestabilan lereng dapat terjadi akibat penurunan, pengangkatan, penimbunan, penggalian, erosi, atau aktivitas lain disekitar lereng tersebut. Untuk mengatasi perubahan itu, lereng akan berusaha untuk mencapai kondisi stabilnya yang baru secara alamiah. Cara ini biasanya berupa pengurangan beban atau proses degradasi, terutama dalam longsoran-longsoran atau gerakan-gerakan lain sampai tercapai keadaan kesetimbangan yang baru [3]. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng diantaranya :

#### a. Geometri Lereng

Geometri lereng terdiri dari tinggi dan sudut lereng. Sudut lereng yang makin besar akan memberikan volume material yang makin besar, sehingga beban lereng juga bertambah besar. Beban yang semakin besar akan memberi peluang terjadinya longsoran [4].

Untuk menghindari terjadinya longsoran pada saat penambangan, perlu direncanakan geometri lereng yang aman dan realistis. Geometri jenjang terdiri dari tinggi jenjang, sudut lereng jenjang tunggal, dan lebar dari jenjang penangkap (*catch bench*) [4].

Rancangan geoteknik lereng biasanya dinyatakan dalam bentuk parameter-parameter diantaranya [4].

1. Tinggi lereng: lereng yang terlalu tinggi cenderung mudah longsor dibanding lereng yang tidak terlalu tinggi dengan jenis material yang sama.
2. Sudut lereng: semakin besar sudut kemiringan lerengnya maka lereng tersebut semakin tidak stabil.
3. *Berm*: semakin lebar *berm*, maka lereng akan semakin stabil.

#### b. Sifat Fisik dan Mekanik Material

Sifat fisik batuan meliputi bobot isi, porositas, kadar air, angka pori, derajat kejenuhan, *spesific gravity* dan permeabilitas. Kehadiran air pada tanah/batuan akan menambah beban pada lereng

sehingga akan menaikkan tekanan air pori. Tekanan air pori akan mengurangi kekuatan material terhadap pengaruh kelongsoran [5].

Sedangkan sifat mekanik tanah berupa kuat geser lereng, yaitu berupa kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam dan kohesi berpengaruh terhadap kuat geser massa tanah tersebut. Kuat tekan tanah akan mempengaruhi kekuatan tanah terhadap gangguan kestabilan lereng [5,6].

#### c. Gaya Dari Luar

Salah satu gaya luar yang mempengaruhi adalah getaran gempa.. Tabel 1 menjelaskan hubungan antara faktor getaran gempa dalam skala richter dengan percepatan dalam gravitasi bumi (g).

Tabel 1. Intensitas, Magnitude, dan Kecepatan Gempa [7].

Insensitas Mercalli	Magnitude (Skala Richter)	Perbandingan dengan bahan peledak	Percepatan puncak rata-rata (g adalah gravity = 9,8 m/s <sup>2</sup> )
I	0 – 1,9	0,45 TNT	
II	2 – 2,9	50 kg TNT	
III	3 – 3,9		
IV	4 – 4,4	2.10 <sup>7</sup> kg TNT (bom atom kecil)	0,015g – 0,03g
V	4,5 – 4,9		0,03g – 0,05g
VI	5 – 5,9		0,05g – 0,07g
VII	6 – 6,3	1.10 <sup>9</sup> kg TNT (1 bom hydrogen)	0,07g – 0,15g
VIII	6,4 – 6,6		0,15g – 0,30g
IX	6,7 – 6,9		0,30g – 0,60g
X	7 – 7,5	10 <sup>11</sup> kg TNT (100 bom hydrogen)	Lebih dari 0,60 g
XI	7,6 – 7,9		
XII	8 - 8,6	6 x 10 <sup>13</sup> kg TNT (60.000 bom hydrogen)	

Gempa bumi menghasilkan nilai percepatan tanah akibat percepatan gelombang yang sampai ke permukaan bumi. Percepatan tanah maksimum (PGA) adalah parameter penting dalam menggambarkan kekuatan getaran gempa bumi. Pengukuran dan perhitungan percepatan tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi sangat dibutuhkan, dengan mengetahui nilai percepatan

tanah maksimum, maka dapat mengetahui daerah mana yang rawan terhadap gempa bumi.

#### d. Faktor Keamanan (FK) Lereng Minimum

Kelongsoran suatu lereng umumnya terjadi melalui suatu bidang tertentu yang disebut dengan bidang gelincir (*slip surface*). Kestabilan lereng tergantung pada gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir tersebut. Gaya penahan (*resisting forces*) adalah gaya yang menahan agar tidak terjadi kelongSORAN, sedangkan gaya penggerak (*driving force*) adalah gaya yang menyebabkan terjadinya kelongSORAN [8].

Secara sistematis faktor keamanan suatu lereng dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut [9]:

$$F = \frac{\text{resultan gaya-gaya penahan}}{\text{resultan gaya-gaya penggerak}} \quad (1)$$

Dengan penentuan, jika:

FK > 1,0 : Lereng dalam kondisi stabil.

FK < 1,0 : Lereng tidak stabil.

FK = 1.0 : Lereng dalam kondisi kritis.

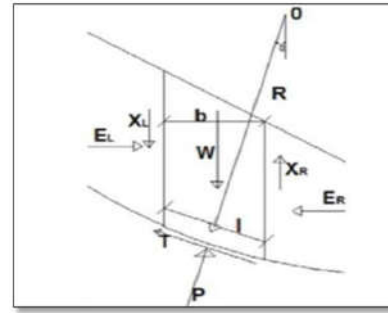
#### e. Analisis Kesatabilan Lereng Tanah dengan Metode Bishop

Metode *Bishop* merupakan metode yang diperkenalkan oleh A.W. *Bishop* menggunakan cara potongan dimana menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Metode *Bishop* dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total yang berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal [10].

Pada sebagian besar metode analisis, gaya normal diasumsikan bekerja pada pusat alas dari tiap potongan, sebab potongan tipis. Ini diterapkan pada sejumlah asumsi. Metode *Bishop* ini menggunakan asumsi (2n-1) [10].

Prinsip dasarnya sebagai berikut [10].

1. Kekuatan geser didefinisikan dengan menggunakan hubungan linear Mohr-Coulomb
2. Menggunakan keseimbangan normal.
3. Menggunakan keseimbangan tangensial.
4. Menggunakan keseimbangan momen



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada suatu potongan [10].

Keterangan:

W = Berat total pada irisan

EL, ER = Gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri dan kanan

XL, XR = Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri dan kanan

P = Gaya normal total pada irisan

T = Gaya geser pada dasar irisan

b = Lebar dari irisan

l = Panjang dari irisan

α = Sudut kemiringan lereng

Dengan memperhitungkan seluruh keseimbangan gaya maka rumus untuk faktor keamanan FK metode *Bishop* yaitu sebagai berikut [11].

$$Fk = \frac{[c'l + (P-ul)\tan\phi']}{W \sin \alpha} \quad (2)$$

## II. METODE PENELITIAN

### A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian terapan (*Applied Rresearch*). Penelitian terapan berfungsi untuk mencari solusi tentang masalah-masalah tertentu, tujuan utamanya adalah untuk *solving problem* sehingga hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia baik secara individu atau kelompok maupun keperluan industri atau politik dan bukan untuk wawasan keilmuan semata [12].

### B. Pengambilan Data di Lapangan

Adapun data yang didapatkan langsung dari lapangan yaitu data geometri dan penampang lereng. Data yang diambil pada saat pengamatan geometri lereng yaitu: tinggi lereng dan sudut

kemiringan lereng. Tinggi lereng didapatkan dengan cara memarking menggunakan GPS titik di dasar lereng dan juga di puncak lereng kemudian nilai tinggi lereng didapatkan dengan mengurangi elevasi pada puncak lereng dengan dasar lereng. Sudut kemiringan lereng diukur dengan bantuan alat kompas geologi [13].

### C. Pengujian Laboratorium

Pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi sifat fisik dan sifat mekanik tanah.

#### a. Analisis Berat Jenis

Adapun perhitungan berat jenis, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini [15].

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (3)$$

Keterangan :

$G_s$  = *specific gravity*

$W_1$  = berat piknometer (gram)

$W_2$  = berat piknometer + tanah kering (gram)

$W_3$  = berat piknometer + tanah kering + air sampai leher yang dididihkan (gram)

$W_4$  = piknometer + air sampai leher piknometer (gram)

#### b. Analisis Kadar Air

Kadar air dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini [14].

$$\text{Kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad (4)$$

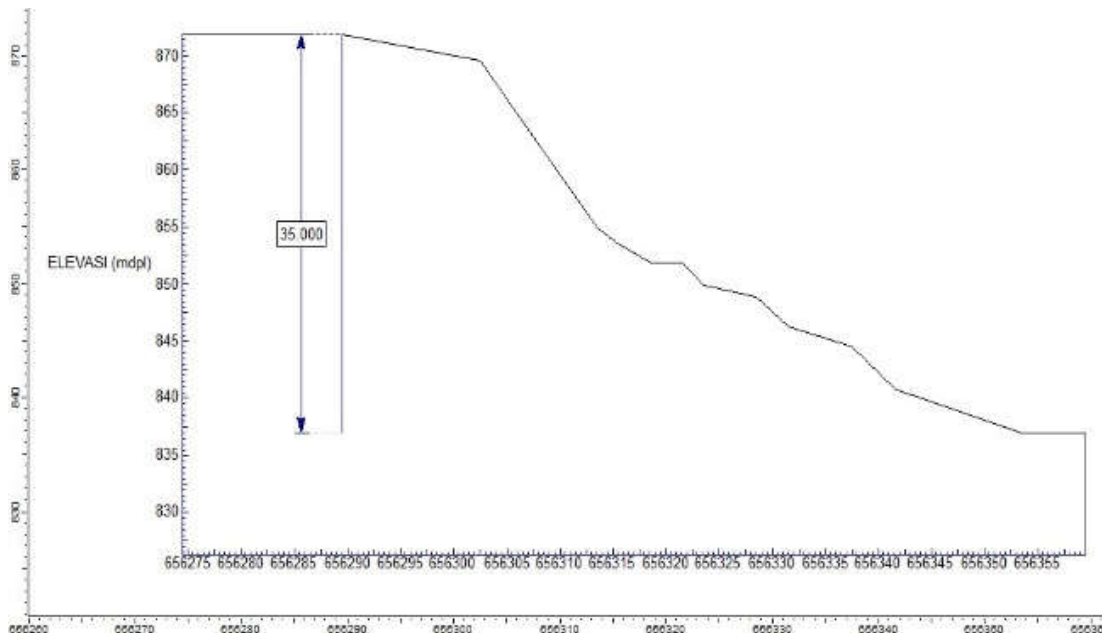
### D. Uji Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik dilakukan di laboratorium dengan cara pengujian kuat geser langsung pada tanah dengan menggunakan alat uji kuat geser langsung.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Geometri Lereng

Geometri Lereng Dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Geometri Lereng

### B. Pengujian Berat Jenis Tanah

Adapun hasil dari pengujian berat jenis tanah dari sampel yang diambil dan diuji maka

didapatkan hasilnya sebagai berikut disajikan dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2. Data dan Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

Sampel	Berat Pikno (W1), gram	Berat Pikno + Tanah (W2), gram	Berat Pikno + Tanah + Air (W3), gram	Berat Pikno + Air (W4), gram	Berat Jenis (Gs)
A	29.19	54.42	147.6	131.54	2.75
B	28.58	54.07	145.29	129.49	2.63
C	29.84	55.02	147.87	131.62	2.82
Rata-Rata	29.20	54.50	146.92	130.88	2.73

### C. Pengujian Kadar Air

Adapun hasil dari pengujian Kadar Air dari sampel yang diambil dan diuji maka didapatkan hasilnya sebagai berikut disajikan dalam bentuk Tabel 3.

Tabel 3. Data dan Hasil Pengujian Kadar Air

Sampel	Berat Cawan + Tanah (W1), gram	Berat Cawan + Tanah Kering (W2), gram	Berat Cawan (W3), gram	Berat Air (gram)	Berat Tanah Kering (gram)	Kadar Air (%)
1	33.32	27.1	8.32	6.22	18.78	33.12
2	33.48	28	8.48	5.48	19.52	28.07
3	33.44	28.11	8.44	5.33	19.67	27.10
4	33.28	28.14	8.28	5.14	19.86	25.88
5	33.42	28.39	8.42	5.03	19.97	25.19
6	33.39	28.03	8.39	5.36	19.64	27.29
Rata-Rata	33.39	27.96	8.39	5.43	19.57	27.78

Berdasarkan data hasil pengujian di atas dilakukan perhitungan nilai derajat kejenuhan, Sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.

### D. Pengujian Bobot Isi Tanah

*Bulk density* atau bobot isi menunjukkan perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah termasuk volume pori-pori tanah. *Bulk density* merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi *bulk density*, yang berarti makin sulit meneruskan air atau menembus akar tanaman [14].

Tabel 4. Nilai Angka Pori dan Derajat Kejenuhan

Sampel	Angka Pori (e)	Derajat Kejenuhan (S) %
1	0.90	0.78
2	0.89	0.82
3	0.94	0.74
4	0.91	0.73
5	0.98	0.71
6	0.93	0.74
Rata-rata	0.93	0.75

Untuk analisis bobot isi tanah menggunakan rumus sebagai berikut [14,15].

$$\text{Berat tanah} = W_s = W_2 - W_1 \quad (5)$$

$$\text{Berat isi Tanah} = \gamma = \frac{W_s}{V} \quad (6)$$

$$\gamma = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ (gram/cm}^3\text{)} \quad (7)$$

Keterangan:

$\gamma$  = Bobot Isi Tanah (gram/cm<sup>3</sup>)

$W_s$  = Massa tanah (gram)

$W_1$  = Massa tanah + ring sampel (gram)

$W_2$  = Massa ring sampel (gram)

$V$  = Volume ring sampel (cm<sup>3</sup>)

Adapun hasil dari pengujian bobot isi tanah dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Bobot Isi Tanah

Sampel	(W2) Massa (gr) (massa sample dan ring)	Diameter cincin (cm)	Tinggi cincin (cm)	(W1) berat cincin kosong (gr)	(V) volume cincin (cm <sup>3</sup> )	Bobot isi tanah (gr/cm <sup>3</sup> )
1	173.20	6.32	1.97	61.60	61.77	1.81
2	174.50	6.32	1.97	61.60	61.77	1.83
3	172.01	6.32	1.97	61.60	61.77	1.79
4	168.21	6.32	1.97	61.60	61.77	1.73
5	170.41	6.32	1.97	61.60	61.77	1.76
6	171.16	6.32	1.97	61.60	61.77	1.77
Rata-rata	171.58	6.32	1.97	61.60	61.77	1.78

Untuk mendapatkan nilai bobot isi kering dan jenuh menggunakan rumus sebagai berikut [14,15].

Bobot isi kering:

$$\gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w}{1+e} \tag{8}$$

Bobot isi jenuh:

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w(G_s+e)}{1+e} \tag{9}$$

Dengan:

- $\gamma_w$  = Bobot isi air (1 gr/cm<sup>3</sup>)
- $\gamma_d$  = Bobot isi kering
- $\gamma_{sat}$  = Bobot isi jenuh
- $G_s$  = Berat Jenis
- $e$  = Angka Pori

Nilai bobot isi tanah dalam kondisi asli, kering dan jenuh dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Bobot Isi Asli, Kering, Jenuh

Sampel	Bobot Isi Asli (gram/cm <sup>3</sup> )	Bobot Isi Kering (gram/cm <sup>3</sup> )	Bobot Isi Jenuh (gram/cm <sup>3</sup> )
1	1,81	1.43	1.91
2	1,83	1.44	1.91
3	1,79	1.41	1.89
4	1,73	1.43	1.91
5	1,76	1.38	1.87
6	1,77	1.42	1.90
<b>Rata-Rata</b>	<b>1,78</b>	<b>1.42</b>	<b>1.90</b>

E. Uji Sifat Mekanik

Adapun uji sifat mekanik yang dilakukan adalah uji kuat geser langsung (*direct shear test*). Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani [15].

Sedangkan nilai tegangan normal dan tegangan geser dihitung dengan rumus [14,15] :

$$\text{Tegangan geser } (\tau) = \frac{\text{Beban Geser } (S)}{\text{Luas Cetakan } (A)} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \tag{10}$$

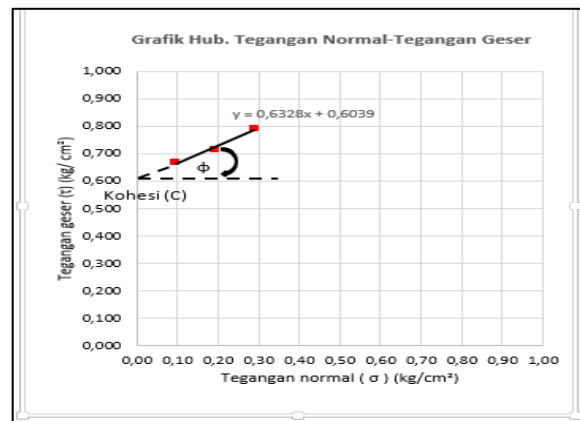
$$\text{Tegangan normal } (\sigma) = \frac{\text{Beban normal } (N)}{\text{Luas Cetakan } (A)} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \tag{11}$$

Adapun hasil dari pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Data dan Hasil Uji Kuat Geser Tanah

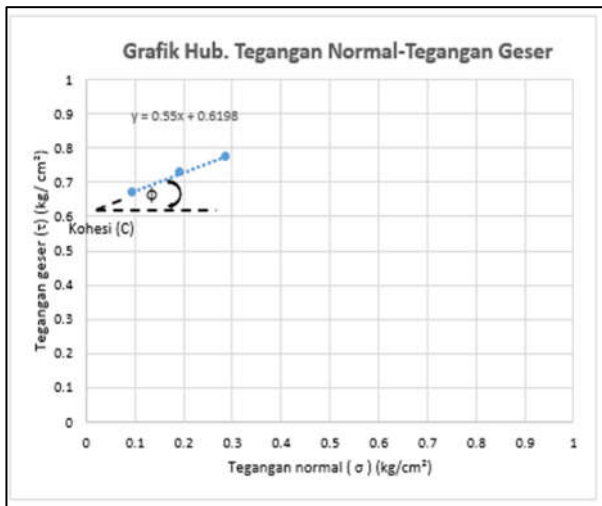
Sampel HD_01						
No. Pengujian	Beban Normal (Kg)	Dial Gauge	Beban Geser (Kg)	Luas Cetakan (A) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (Σ)	Tegangan Geser (T)
1	3	45	21,0	31,35	0,096	0,670
2	6	48	22,4	31,35	0,191	0,714
3	9	53	24,7	31,35	0,288	0,792
Sampel HD_02						
Sample	Beban Normal (Kg)	Dial Gauge	Beban Geser (Kg)	Luas Cetakan (A) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (Σ)	Tegangan Geser (T)
I	3	46	21,5	31,35	0,096	0,686
II	6	49	22,9	31,35	0,191	0,730
III	9	54	25,2	31,35	0,287	0,804
Sampel HD_03						
Sample	Beban Normal (Kg)	Dial Gauge	Beban Geser (Kg)	Luas Cetakan (A) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (Σ)	Tegangan Geser (T)
I	3	47	21,9	31,35	0,096	0,698
II	6	52	24,3	31,35	0,191	0,775
III	9	55	25,7	31,35	0,287	0,820

Adapun grafik hubungan tegangan geser (τ) dengan tegangan normal (σ) dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan Gambar 7.



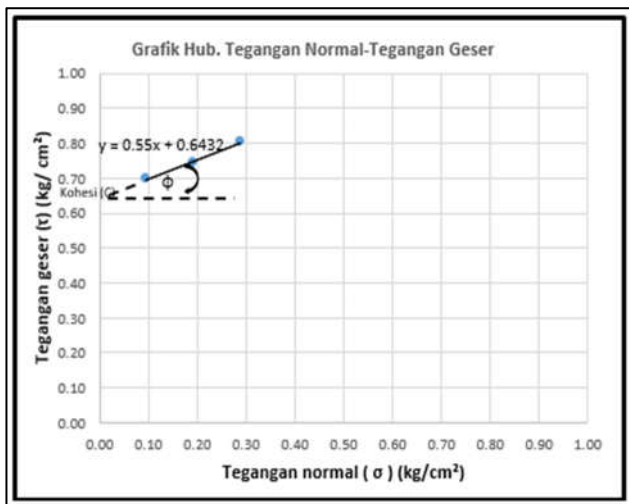
Gambar 5. Grafik Tegangan Geser–Tegangan Normal Tanah HD-01

Berdasarkan Gambar 5 didapatkan nilai c tanah lapisan I sebesar 0,571 kg/cm<sup>2</sup> = 55,997 KN/m<sup>2</sup>, dan nilai φ yang adalah 34,60 °.



Gambar 6. Grafik Tegangan Geser–Tegangan Normal Tanah HD-02

Berdasarkan Gambar 6 didapatkan nilai  $c$  tanah lapisan II sebesar  $0,6198 \text{ kg/cm}^2 = 60,794 \text{ KN/m}^2$ , sedangkan nilai  $\phi$  adalah  $28,8^\circ$ .



Gambar 7. Grafik Tegangan Geser–Tegangan Normal Tanah HD-03

Berdasarkan Gambar 7 didapatkan nilai  $c$  tanah lapisan III sebesar  $0,6432 \text{ kg/cm}^2 = 63,552 \text{ KN/m}^2$ , sedangkan nilai  $\phi$  adalah  $27,9^\circ$ .

Tabel 8. Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Dalam

Sampel	Nilai Parameter Mekanik		Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
	Kohesi (C) Kg/Cm <sup>2</sup>	Kohesi (C) KN/m <sup>2</sup>	
HD-01	0.571	55.99	35.0
HD-02	0.6198	60.79	28.8
HD-03	0.6432	63.08	27.9
Rata-Rata	0.611	59.96	30.6

Nilai kohesi dan sudut geser dalam tiap lapisan tanah rata-rata dapat dilihat pada Tabel 8.

Adapun dari hasil pengujian sampel dilaboratorium maka dapat disimpulkan sebagai berikut lihat Tabel 9. Hasil Uji Material Sampel Tanah.

Tabel 9. Hasil Uji Material Sampel Tanah

Pengujian	Parameter	Nilai
Sifat Fisik	Kadar Air	27,78%
	Derajat Kejenuhan	0,75
	Berat Jenis	2,73
	Bobot Isi Asli	1,78gr/cm <sup>3</sup>
	Bobot Isi Kering	1,42gr/cm <sup>3</sup>
	Bobot Isi Jenuh	1,90gr/cm <sup>3</sup>
Sifat Mekanik	Kohesi	0,611Kg/cm <sup>2</sup>
	Sudut Geser Dalam	30,6°

F. Parameter Lereng

Analisa lereng untuk mendapatkan berapa nilai faktor keamanan optimal dengan parameter kohesi, sudut geser dalam, dan bobot isi material serta kondisi air tanah yang nantinya akan dapat dipertimbangkan untuk evaluasi kemantapan lereng pada area penambangan. [16].

Berikut parameter nilai sifat fisik serta mekanik material yang menjadi data input pada analisis faktor keamanan (FK) lereng dapat dilihat pada Tabel 10.

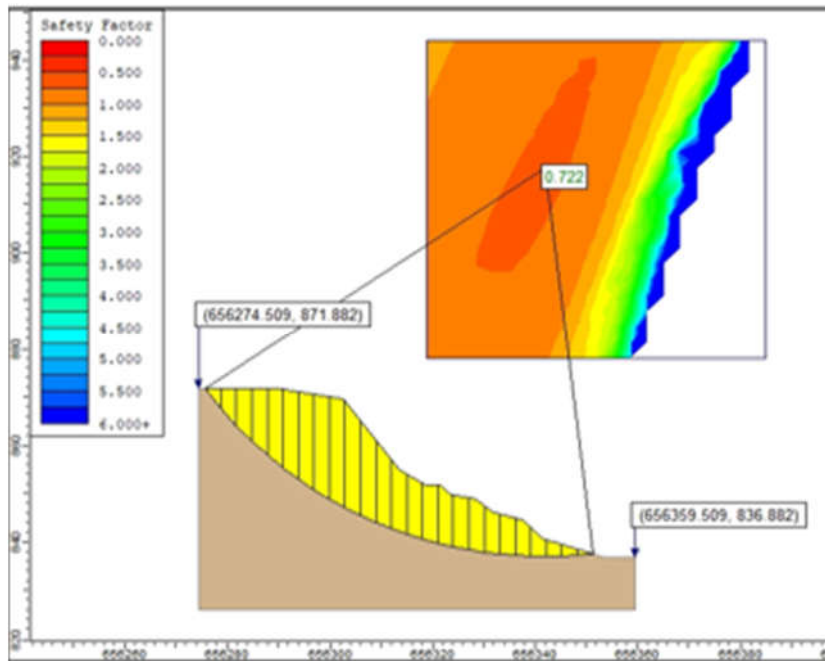
Tabel 10. Analisis Parameter Lereng Soil Tunggal.

Material	Sifat Fisik dan Mekanik Material Penyusun Lereng				
	Sifat Fisik			Sifat Mekanik	
	Bobot Isi Asli (gr/cm <sup>3</sup> )	Bobot Isi Kering (gr/cm <sup>3</sup> )	Bobot Isi Jenuh (gr/cm <sup>3</sup> )	Kohesi (gr/cm <sup>2</sup> )	Sudut Geser (°)
Warna: kuning kecoklatan Butiran: halus dan disertai kerikil	1,78	1,42	1,90	0,611	30,6

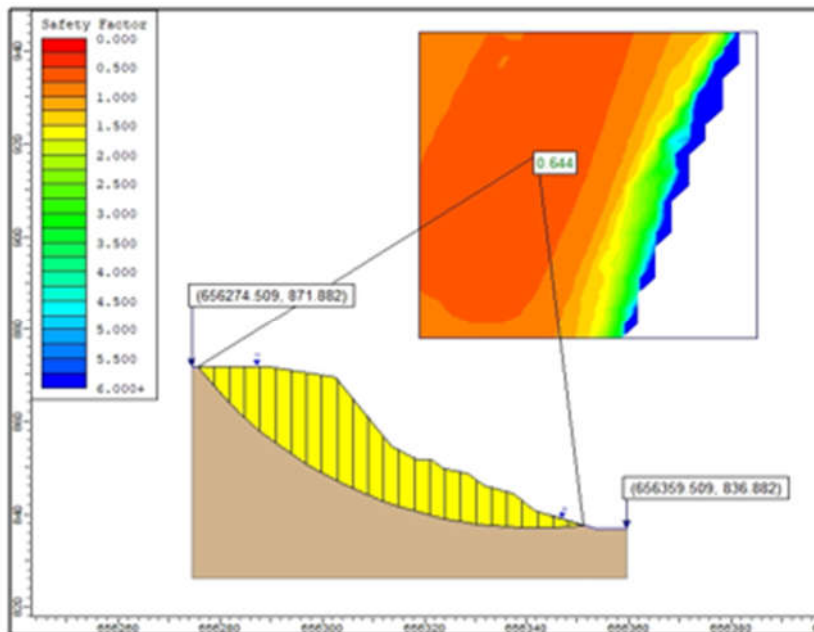
G. Faktor Keamanan Lereng

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bahwa nilai faktor keamanan (FK) lereng pada penampang. Berikut hasil analisis FK lereng pada software Slide V6.0 menggunakan faktor getaran gempa 0.9 g dapat dilihat pada Gambar 8 sampai dengan Gambar 10.

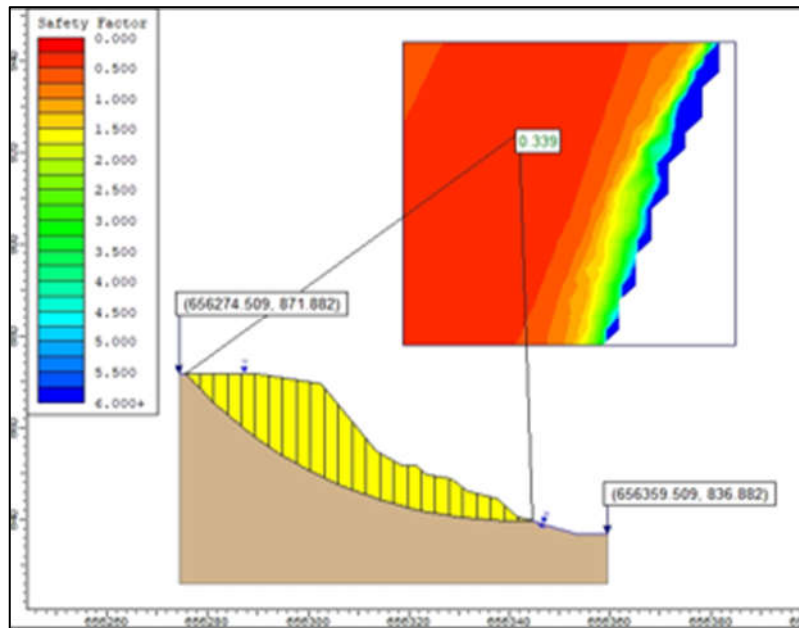




Gambar 8. FK Penampang Kondisi Kering dengan gempa 0,9



Gambar 9. FK Penampang Lereng Kondisi Asli dengan gempa 0,9g



Gambar 10. FK Penampang Kondisi Jenuh dengan gempa 0,9g

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bahwa nilai faktor keamanan (FK) lereng pada penampang. Berikut hasil analisis FK lereng pada software Slide V6.0 dapat dilihat pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11. Rekapitulasi Nilai FK Lereng Penelitian dengan getaran gempa 0,9g

No.	Kondisi	Nilai Faktor Keamanan (FK)
1	Kering	0,722
2	Asli	0,644
3	Jenuh	0,339

#### H. Nilai Getaran Maksimal Mampu Ditahan Lereng Penelitian

Berdasarkan peta zonasi getaran gempa di Indonesia diketahui bahwa nilai getaran gempa di Kota Padang Panjang adalah berkisar 0,8-0,9g. Selain dilakukan pengecekan rekomendasi meningkatkan nilai faktor keamanan, juga dilakukan pencarian nilai getaran gempa yang mampu ditahan oleh lereng pada masing-masing kondisi muka air tanah (MAT).

Hasil pengamatan di lapangan dengan kondisi material berupa tanah yaitu lempung berkerikil dengan nilai kadar air hasil pengujian laboratorium sebesar 27,78% maka dalam rekomendasi penelitian ini parameter muka air tanah (MAT) yang digunakan adalah kondisi setengah jenuh. Sehingga patokan nilai faktor keamanan (FK) lereng adalah ketika muka air tanah (MAT)

setengah jenuh. Kemudian, dengan kondisi MAT setengah jenuh dianalisis nilai getaran gempa maksimal yang dapat ditahan oleh lereng.

Pencarian nilai getaran gempa maksimal yang dapat ditahan didapatkan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan hubungan getaran gempa terhadap nilai faktor keamanan (FK). Pengecekan nilai getaran gempa maksimal yang dapat ditahan dilakukan dengan metode coba-coba. Dari hasil pengecekan tersebut didapatkan persamaan hubungan getaran gempa terhadap nilai faktor keamanan (FK).

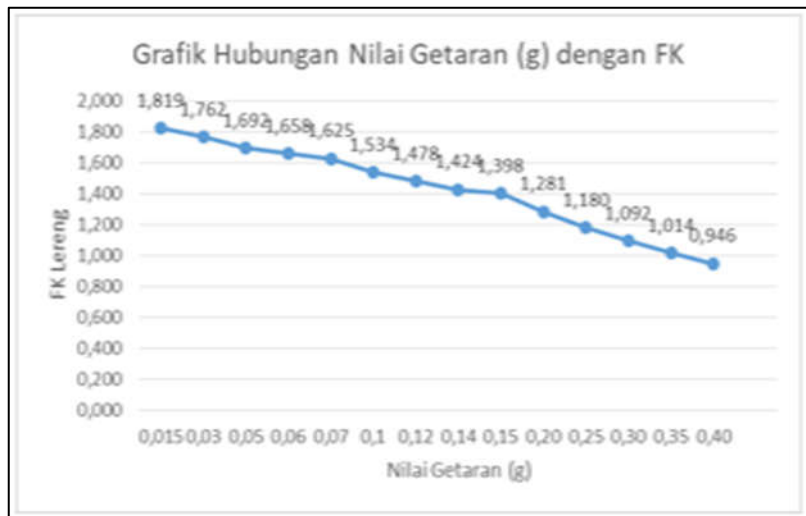
Hasil simulasi analisis getaran gempa maksimal dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Simulasi Pengaruh Getaran Gempa Terhadap Nilai FK

No.	Nilai Getaran (g)	Magnitude (Skala Richter)	FK Lereng
1	0,015	4-4,4	1,819
2	0,03		1,762
3	0,05		1,692
4	0,06	5-5,9	1,658
5	0,07		1,625
6	0,1		1,534
7	0,12	6-6,3	1,478
8	0,14		1,424
9	0,15		1,398
10	0,20	6,4-6,6	1,281
11	0,25		1,180
12	0,30		1,092
13	0,35	6,7-6,9	1,014
14	0,40		0,946

Pada simulasi tersebut maka dibuatlah grafik pengaruh getaran gempa terhadap nilai FK, sehingga kita dapat persamaan untuk mencari pada

getaran maksimal yang masih sanggup ditahan oleh lereng.



Gambar 11. Grafik Hubungan Nilai Getaran (g) Faktor Keamanan

Dari tabel 12 dan grafik pada gambar 11 di atas dapat diketahui bahwa pada penampang nilai getaran gempa maksimal yang dapat ditahan sehingga lereng berada dalam kondisi aman adalah sebesar 0,20g dengan didapatkan nilai faktor keamanan (FK) pada penampang sebesar 1,281. Berdasarkan tabel Intensitas, Magnitude, dan Kecepatan Gempa menunjukkan bahwa nilai getaran sebesar 0,20g adalah setara dengan getaran dalam skala richter sebesar 6,4-6,6 richter. Maka batas maksimal getaran yang mampu ditahan lereng agar aman berada pada besaran gempa 6,4-6,6 SR.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Geometri lereng penelitian berdasarkan hasil survey dan pengambilan data, secara umum lereng di lokasi penelitian memiliki ketinggian 35 meter dengan sudut kemiringan lereng rata-rata 30-53°. Material penyusun lereng tersebut berupa material tanah yaitu clay berkerikil. Adapun kondisi morfologi ditumbuhi oleh tumbuhan berupa ilalang dan tumbuhan berkayu dengan ukuran kecil.

Dalam hasil uji laboratorium, didapatkan nilai parameter sifat fisik dan mekanik sebagai berikut: bobot isi kering 1.42 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi asli 1.78

gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi jenuh 1.90 gr/cm<sup>3</sup>, kohesi 0.611 gr/cm<sup>3</sup>, Sudut geser dalam 30.6°, berwarna kuning kehitaman, butiran halus dan disertai kerikil.

Berdasarkan hasil analisis, berikut stabilitas lereng dengan memasukkan nilai gempa 0,9g :

- FK pada kondisi kering = 0,722
- FK pada kondisi asli = 0,644
- FK Kondisi Jenuh = 0,399

Nilai batas aman getaran gempa maksimal terhadap kestabilan lereng adalah sebesar 0,2 g setara dengan 6,4-6,6 SR dengan didapatkan nilai faktor keamanan (FK) pada penampang sebesar 1,281.

##### B. Saran

Kepada masyarakat area sekitar lereng penelitian maupun masyarakat penambang batuan dolomit, supaya berhati-hati di area sekitar lereng terutama pada saat hujan.

Kepada pemerintah daerah Kota Padang Panjang, supaya melakukan upaya peningkatan kestabilan lereng di area lokasi penelitian, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan upaya pengurangan kemiringan lereng.

Perlu adanya rambu-rambu bahaya longsor sebagai pengetahuan bagi masyarakat tentang keadaan lereng.

Perlu dilakukan analisis pada lereng dengan metode berbeda sebagai pembandingan agar analisis yang didapatkan lebih meyakinkan.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Abdillah, Ahmad & Yoszi Mingsi Anaperta (2018). Simulasi Pengaruh Kadar Air Tanah terhadap Parameter Mekanik untuk Desain Lereng Tanah di Bukit Tui, Kelurahan Tanah Hitam, Kecamatan Padang Panjang Barat, Kota Padang Panjang, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, **Vol. 4, No. 1**.
- [2] A.M. Hidayati. (2012). Analisa Stabilitas Lereng Pada Campuran Pasir Dan Tanah Lempung Dengan Menggunakan Permodelan di Laboratorium. *Jurnal Rekayasa Sipil*, **Vol. 8, No. 1**
- [3] A.W. Bishop. (1955). The Use of Slip Circle in The Stability Analysis of Slopes, *Geotechnique*, **Vol. 5, No.1**.
- [4] Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kota Padang Panjang. (2018). Peta Geologi Kota Padang Panjang. Kota Padang Panjang.
- [5] E. Hoek, John Bray. (1981). *Rock Slope Engineering*. London: Taylor & Francis Routledge.
- [6] H.C. Hardiyatmo. (2012). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [7] J.E. Bowles. (1988). *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 (Edisi 4)*. Jakarta: Erlangga.
- [8] Kudwadi, Budi. Handout 1-2 Tgempa D3.18-19.
- [9] M.D. Braja. (1995). *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1,2*. Erlangga. Jakarta.
- [10] N. Martono. *Metode Penelitian Kuantitatif*. (2016). Jakarta : Rajawali Pers.
- [11] O. Cheriando, A.E. Turangan, S. Monintja. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus Kawasan Citraland sta.1000m). *Jurnal Sipil Statik* ISSN: 2337-6732, **Vol. 2, No. 3**.
- [12] R.B. Pratama dkk. (2014). Analisis Stabilitas Lereng Dan Alternatif Penanganannya (Studi Kasus Longsoran Jalan Alternatif Tawangmangu Sta 3+150 – Sta 3+200, Karanganyar). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, **Vol. 3, No. 3**
- [13] Sandra, Helky & Yoszi Mingsi Anaperta (2018). Analisis Kesetabilan Lereng Studi Kasus Area Tambang Rakyat di Bukit Tui S0°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**
- [14] S. Hardjowigeno. (2002). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademia Presindo.
- [15] T. Korah, A.E. Turangan, A.N. Sarajar. (2014) Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Janbu (Studi Kasus Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik* ISSN : 2337-6732, **Vol. 2, No. 1**.
- [16] Y.M. Anaperta. (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 & Pendidikan*, **Vol. 10, No. 1**.

***Biodata Penulis***

**Yoszi Mingsi Anaperta**, Lahir di Padang, 4 Maret 1979. Sarjana Teknik Sipil di UNAND tahun 2002. Magister Teknik di ITB dengan bidang konsentrasi Teknik Eksplorasi. Staff pengajar di Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik UNP sejak tahun 2008- sekarang.

**Eko Irwan**, Lahir di Muara Kandis, 06 Agustus 1995. Mahasiswa S1 di Jurusan Teknik Pertambangan angkatan 2013