

JURNAL

**ANALISIS KESTABILAN LERENG STUDI KASUS KELONGSORAN RUAS
JALAN SICINCIN-MALALAK KM 27.6 KECAMATAN MALALAK,
KABUPATEN AGAM**



QIRATUL AINI

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
Wisuda Periode Maret 2018**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

**Analisis Kestabilan Lereng Studi Kasus Kelongsoran Ruas Jalan Sicincin-
Malalak Km 27.6 Kecamatan Malalak, Kabupaten Agam**

Qiratul Aini

**Artikel ini disusun berdasarkan Tugas Akhir Qiratul Aini untuk
Persyaratan wisuda Maret 2018, telah diperiksa dan disetujui oleh
kedua pembimbing**

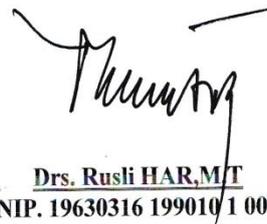
Padang, Februari 2018

Pembimbing I



Drs. Raimon Kopa, M.T
NIP. 19580313 198303 1 001

Pembimbing II



Drs. Rusli HAR, M.T
NIP. 19630316 199010 1 001

Analisis Kestabilan Lereng Studi Kasus Kelongsoran Ruas Jalan Sicincin-Malalak KM 27.6 Kecamatan Malalak, Kabupaten Agam

Qiratul Aini, Drs.Raimon Kopa, M.T.¹, Rusli Har, S.T, M.T.²

S1 Teknik Pertambangan
FT Universitas Negeri Padang

E-mail: qiratul22@gmail.com

ABSTRAK

Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Agam, Sumatera Barat, menyatakan sekitar 65.068 dari 519.000 warga Agam berada dan tinggal di lokasi rawan tanah longsor. Salah satu kejadian longsor di Kecamatan Malalak (2017), mengakibatkan penutupan ruas jalan alternatif Sicincin-Bukittinggi. Selain itu, terdapatnya titik yang rawan terhadap longsor yaitu pada titik S $0^{\circ} 22.314'$ dan E $100^{\circ} 17.339'$ dengan elevasi 1212 mdpl.

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) dengan metode kuantitatif. Analisis kestabilan lereng dibantu dengan *software* tambang. Data yang digunakan adalah data primer yang terdiri dari data sifat fisik tanah yaitu: kadar air tanah, bobot isi tanah, dan *specific gravity*, data kuat geser tanah dimana uji kuat geser tanah akan menghasilkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ), tinggi lereng (m), sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$) dan ketebalan tiap lapisan tanah pada lereng penelitian (m). Sedangkan untuk data sekunder terdiri dari Peta Geologi, Peta Hidrogeologi, data curah hujan, Peta Topografi Kabupaten Agam dan Peta Zonasi Gempa Indonesia.

Hasil analisis menunjukkan nilai faktor keamanan lereng aktual tanpa memasukkan nilai getaran gempa pada kondisi kering adalah 1,388, kondisi asli adalah 1,040 dan pada kondisi jenuh adalah 0,755. Kemudian nilai faktor keamanan lereng dengan memasukkan nilai faktor getaran gempa pada kondisi kering nilainya 0,742, pada kondisi asli nilainya 0,599 dan pada kondisi jenuh 0,340. Dari hasil analisis kestabilan lereng menunjukkan bahwa pada saat lereng tidak dipengaruhi nilai faktor getaran gempa nilai faktor keamanannya pada kondisi asli dan jenuh tidak aman karena nilainya <1.25 , sedangkan saat kondisi kering lereng tersebut dalam keadaan stabil. Sedangkan jika lereng dipengaruhi getaran gempa didapatkan pada semua kondisi lereng stabil. Kemudian, penulis merekomendasikan untuk perbaikan stabilitas lereng dengan mengubah kemiringan lereng dari 61° menjadi 42° pada kondisi tanpa memasukkan nilai getaran gempa dapat menaikkan nilai FK lereng nilainya yaitu 1.403, dimana menurut Joseph E. Bowles (1984) lereng tersebut sudah pada kondisi aman.

Kata kunci: *analisis kestabilan lereng, faktor keamanan, getaran gempa*

¹ Mahasiswa Prodi S1 Teknik Pertambangan FT-UNP

² Dosen Jurusan Teknik Pertambangan FT-UNP

³ Dosen Jurusan Teknik Pertambangan FT-UNP

Analysis of Slope Stability Case Study of Road Sicincin Malalak KM 27.6 Malalak District, Agam Regency.

Qiratul Aini, Drs. Raimon Kopa, M.T.¹, Rusli Har, S.T, M.T.²

**S1 Teknik Pertambangan
FT Universitas Negeri Padang**

E-mail: qiratul22@gmail.com

ABSTRACT

Regional Disaster Management Agency of Agam Regency, West Sumatra, said about 65,068 out of 519,000 residents of Agam reside in landslide prone areas. One of the landslide events in Kecamatan Malalak (2017), resulted in the closure of Sicincin-Bukittinggi alternative road. In addition, there are points prone to landslides that are at point S 0 ° 22.314 'and E 100 ° 17.339 with elevation 1212 mdpl.

This research is applied research with quantitative method. Slope stability analysis assisted with Geostudio 2012 Slope / W30 days trial version software. The data used are primary data consist of soil physical properties, soil moisture content, weight of soil content, and specific gravity, soil shear strength data where soil shear strength test will yield cohesion value (c) and shear angle in soil (ϕ), height of slope (m), slope angle ($^{\circ}$) and thickness of each soil layer on the research slope (m). While for secondary data consist of Geological Map, Hydrogeology Map, rainfall data, Topographic Map of Regency of Agam and Earthquake Zonation Map of Indonesia.

The analysis results show actual slope safety factor value without insertion of earthquake vibration value at 1.388, original condition is 1.040 and at saturation condition is 0,755. Then the value of the slope safety factor by entering the value of earthquake vibration factor on dry condition value of 0.742, on the original condition value of 0.599 and saturated t 0.340. From the analysis of slope stability indicates that at the time of slope not affected by earthquake vibration factor value of its security factor at original condition and unsaturated unsaturated because its value <1.25 , while when dry condition of slope in stable condition. Whereas if the slope is affected by earthquake vibration obtained on all stable slope conditions. Then, the authors recommend for improvement of slope stability by altering the slope slope from 61° to 42° in the condition without inserting the earthquake vibration value can raise the value of the FK slope of the value is 1.403, which according to Joseph E. Bowles (1984) the slope is already in safe condition.

Keywords: *slope stability analysis, safety factor, earthquake vibration*

¹ Mahasiswa Prodi S1 Teknik Pertambangan FT-UNP

² Dosen Jurusan Teknik Pertambangan FT-UNP

³ Dosen Jurusan Teknik Pertambangan FT-UNP

A. PENDAHULUAN

Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Agam, Sumatera Barat, menyatakan sekitar 65.068 dari 519.000 warga Agam berada dan tinggal di lokasi rawan tanah longsor saat curah hujan melanda daerah tersebut. Selanjutnya, mereka menyatakan dari 14 Kecamatan yang terdapat di Kabupaten Agam terdapat 5 Kecamatan yang sering dilanda tanah longsor saat hujan yakni, Kecamatan Tanjung Raya, Malalak, Palupuh, Palembayan dan Ampek Koto. Untuk Kecamatan Malalak sendiri sebanyak 15.292 orang berada pada wilayah dengan potensi longsor dengan luas sekitar 7.834 hektar. Pemerintah Kabupaten Agam khususnya Kecamatan Malalak belum memiliki data kondisi lereng di ruas jalan Sicincin-Malalak, sehingga kondisi kestabilan lereng dan potensi longsor belum dapat diketahui. karakteristik tanah pembentuk lereng. Kondisi topografi yang terletak di dataran tinggi serta curah hujan yang tinggi membuat Kecamatan Malalak menjadi wilayah yang memiliki potensi terjadinya longsor. Secara umum topografi di sekitar lokasi gerakan tanah berupa perbukitan bergelombang dengan ketinggian lebih dari 850 mdpl dan lokasi jalur jalan tersebut berupa tebing terjal dengan ketinggian lereng rata-rata 40 meter dan dengan sudut kemiringan lereng rata-rata 60. Berdasarkan Peta Prakiraan Potensi Terjadi Gerakan Tanah pada Bulan Januari 2017 di Sumatera Barat daerah bencana terletak pada zona potensi terjadi gerakan tanah menengah. Artinya daerah ini dapat terjadi gerakan tanah jika curah hujan di atas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Selain itu, ditemukan juga beberapa titik yang rawan terhadap kemungkinan terjadinya longsor. Salah satu titik yang rawan terhadap longsor yaitu pada titik S $0^{\circ} 22.314'$ dan E $100^{\circ} 17.339'$ dengan elevasi 1212 mdpl. Lereng tersebut memiliki ketinggian 35

meter dengan sudut kemiringan lereng 61° . Untuk mencegah terjadinya longsor tersebut perlu dilakukan analisis kestabilan lereng yaitu dengan menentukan faktor keamanan dari lereng tersebut. Faktor keamanan lereng perlu diketahui untuk memastikan apakah lereng tersebut aman bagi aktivitas masyarakat di sekitar lereng tersebut. Jika lereng diketahui dalam keadaan kurang aman maka perlu dilakukan analisis kembali tentang bagaimana menentukan perkuatan terhadap lereng ataupun geometri yang sesuai dengan lereng tersebut. Selain itu analisis terhadap jenis potensi longsor yang terjadi juga perlu dilakukan untuk menentukan rencana pengendalian sebelum longsor tersebut terjadi.

B. DASAR TEORI

1. Kestabilan Lereng

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang berbentuk miring. Sedangkan kestabilan lereng merupakan suatu kondisi atau keadaan yang mantap/stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng (Duncan, et al, 2004). Desain geometri lereng dengan dimensi tertentu yang dilakukan dalam aktifitas pembuatan jalan raya adalah merupakan gangguan terhadap keseimbangan yang dapat mengakibatkan kelongsoran. Bentuk dari gangguan tersebut biasanya berupa proses degradasi atau gerakan - gerakan lain mulai dari rayapan sampai longsor. Proses degradasi atau gerakan-gerakan tersebut tidak akan berhenti sebelum mencapai suatu keadaan keseimbangan yang baru dalam bentuk dan dimensi yang baru pula (Duncan, et al, 2004).

2. Faktor Keamanan Lereng Minimum

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. Perbandingan antara gaya-gaya penahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah inilah yang disebut dengan faktor keamanan (FK) lereng. Secara sistematis faktor keamanan suatu lereng dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{resultan gaya-gaya penahan}}{\text{resultan gaya-gaya penggerak}}$$

Dengan penentuan, jika:

FK > 1,0: Lereng dalam kondisi stabil.

FK < 1,0: Lereng tidak stabil

FK = 1,0: Lereng dalam kondisi kritis.

Mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi tingkat kestabilan lereng maka hasil analisa FK > 1,00 belum dapat menjamin bahwa lereng tersebut dalam keadaan stabil. Hal ini disebabkan karena ada beberapa faktor yang perlu diperhitungkan dalam analisa faktor keamanan lereng, seperti kekurangan dalam pengujian conto di laboratorium serta conto tanah yang diambil belum mewakili keadaan sebenarnya di lapangan tinggi muka air tanah pada lereng tersebut, getaran akibat lalu lintas kendaraan, getaran jika terjadinya gempa, dan lain lain. Sehingga faktor keamanan minimum yang digunakan adalah FK > 1,25, sesuai prosedur dari Bowles (1984),

Dengan ketentuan:

FK > 1,25 : Lereng dalam kondisi aman.

FK < 1,07 : Lereng dalam kondisi tidak aman.

FK > 1,07 > 1,25 : Lereng dalam kondisi kritis.

3. Analisis Kesatabilan Lereng

Tanah dengan Metode Bishop

Metode Bishop merupakan metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan ditunjukkan seperti pada Gambar 12. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955). Untuk lereng yang dibagi menjadi n buah slice (irisasi).

Tabel 1. Persamaan yang Diketahui pada Metode Bishop

No	Persamaan yang Ada	Jumlah
1	Keseimbangan normal	n
2	Keseimbangan tangensial	n
3	Keseimbangan momen	n
	Total	3n

Tabel 2. Persamaan yang Tidak Dikenal pada Metode Bishop (Andherson dan Richards, 1987)

Maka diperlukan asumsi sebanyak (2n-2) agar masalah bisa diselesaikan secara statis tertentu.

Tabel 3. Asumsi Umum Persamaan pada Metode Bishop

No	Asumsi Umum	Jumlah
1	Posisi gaya normal pada pusat slice	n
2	Gaya antar slice vertikal adalah nol	n-1
	Total	2n-1

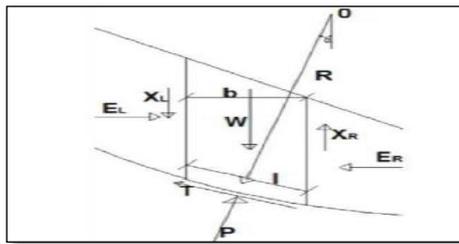
Secara umum ada tiga macam asumsi yang dapat dibuat:

- Asumsi mengenai distribusi tegangan normal sepanjang permukaan gelincir.

- b. Asumsi mengenai inklinasi dari gaya-gaya antar potongan.
- c. Asumsi mengenai posisi garis resultante gaya-gaya antar potongan.

Pada sebagian besar metode analisis, gaya normal diasumsi bekerja dipusat alas dari tiap potongan, sebab potongan tipis. Ini diterapkan pada sejumlah asumsi. Metode Bishop ini menggunakan asumsi sebanyak (2n-1). Prinsip dasarnya sebagai berikut:

- a. Kekuatan geser didefinisikan dengan menggunakan hubungan linear Mohr-Coulomb
- b. Menggunakan keseimbangan normal.
- c. Menggunakan keseimbangan tangensial.
- d. Menggunakan keseimbangan momen.



Gambar 1. Gaya-gaya yang Bekerja pada Suatu Potongan

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 diperoleh sebagai

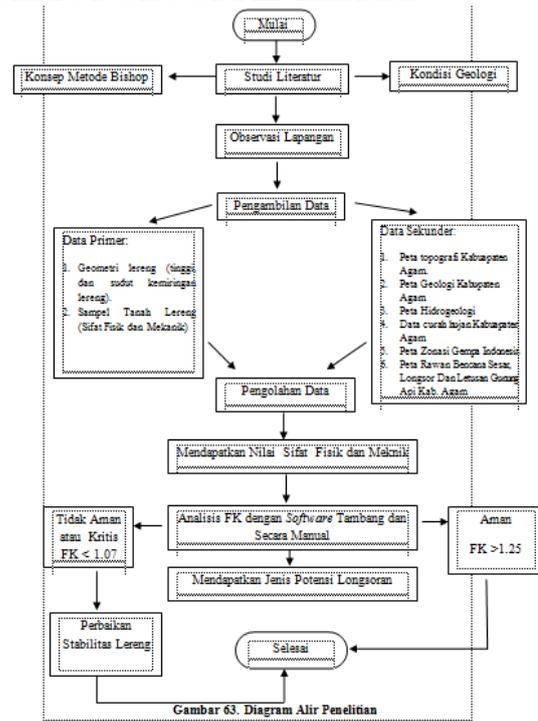
berikut (Anderson dan Richards, 1987):

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (c' b_i + W_i (1 - r_u) \tan \phi') \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$

Dimana

- F : faktor aman
- θ_i : sudut ($^{\circ}$)
- c' : kohesi tanah efektif (kN/m²)
- b_i : lebar irisan ke-i (m)
- W_i : berat irisan tanah ke-i (kN)
- ϕ' : sudut gesek dalam efektif ($^{\circ}$)
- μ_i : tekanan air pori irisan ke-i (kN/m²)
- r_u : rasio tekanan air pori
- δ : berat volume tanah (kN/m²)
- μ : tekanan air pori (kN/m²)
- h : tinggi irisan rata - rata (m)

C. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Lereng di Lokasi Penelitian

Lereng di lokasi penelitian memiliki ketinggian 35 meter dengan sudut kemiringan lereng 61°. Material penyusun lereng tersebut terdiri dari tiga jenis material yang tersusun dalam bentuk lapisan pada lereng tersebut. Pada lapisan pertama atau lapisan

puncak materialnya yaitu berupa gambut dengan ketebalan 2 meter, lapisan kedua yaitu pasir dengan ketebalan 5 meter, dan lapisan terakhir berupa lanau dengan ketebalan 28 meter.

2. Uji Sifat Fisik dan Mekanik Material Tanah Lereng

a. Uji Sifat Fisik

1) Pengujian Berat Jenis Tanah

Berat jenis suatu tanah merupakan perbandingan antara berat tanah dengan berat air pada volume yang sama.

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

Keterangan:

G_s = Berat jenis tanah

W_1 = Berat piknometer

W_2 = berat piknometer + tanah kering (tanah lebih kurang 25 gr)

W_3 = berat piknometer + tanah kering yang kemudian dimasukkan air hingga setengah labu , didihkan, didinginkan, kemudian ditambah lagi air sampai leher piknometer.

W_4 = piknometer + air sampai leher piknometer.

Tabel 4. Data dan Hasil Nilai Berat Jenis Tanah

Lapisan	Sampel	W1 (gr)	W2 (gr)	W3 (gr)	W4 (gr)	Berat Jenis Tanah (Gs)	Berat Jenis Tanah Rata-Rata (Gs)
Lapisan I	Sampel 1	32,39	43,2	137,72	132,4	1,969035	1,801511
	Sampel 2	32,49	41,34	138,14	132,17	3,072917	
	Sampel 3	34,62	42,12	137,22	134,31	1,633987	
Lapisan II	Sampel 1	33,13	57,9	147,97	132,71	2,604627	2,644652
	Sampel 2	32,39	57,54	147,81	132,25	2,622523	
	Sampel 3	32,35	53,03	145,24	132,2	2,706806	
Lapisan III	Sampel 1	34,13	69,65	148,62	133,59	1,733529	2,670958
	Sampel 2	33,11	59,13	148,85	132,63	2,655102	
	Sampel 3	34,44	58,36	151	133,68	3,624242	

2) Pengujian Kadar Air Tanah

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah

dan berat kering tanah, dinyatakan dalam persen. Adapun rumus untuk menghitung kadar air adalah sebagai berikut:

$$\omega = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_2 - W_3)} \times 100\%$$

Keterangan:

ω = Kadar air (%)

W_1 = Berat cawan + tanah basah (gram)

W_2 = Berat cawan + tanah kering (gram)

W_3 = Berat cawan kosong (gram)

Tabel 5. Data dan Hasil Pengujian Kadar Air

Lapisan	Sampel	Berat Cawan / w1 (gr)	Berat Cawan dan tanah / w2 (gr)	Berat Cawan dan Tanah Kering / w3 (gr)	Kadar Air (%)	Kadar Air Rata-Rata (%)
Lapisan I	Sampel 1	8,48	27,51	14,65	67,3775092	67,4225679
	Sampel 2	8,33	24,10	13,69	66,0114141	
	Sampel 3	8,52	25,85	13,75	69,8211194	
	Sampel 4	8,47	31,25	15,63	68,5689201	
	Sampel 5	8,50	25,68	14,49	65,1338766	
Lapisan II	Sampel 1	8,29	28,32	20,34	39,8402396	40,631451
	Sampel 2	8,33	29,91	21,43	39,2956441	
	Sampel 3	8,48	35,88	24,22	42,5547445	
	Sampel 4	8,31	39,52	26,74	40,9484140	
	Sampel 5	8,45	35,08	24,29	40,5182125	
Lapisan III	Sampel 1	8,32	38,07	29,27	29,5798319	30,1886613
	Sampel 2	8,36	42,82	32,26	30,6442252	
	Sampel 3	8,34	44,56	33,39	30,8393153	
	Sampel 4	8,42	51,26	38,39	30,0420168	
	Sampel 5	8,37	49,09	36,94	29,8379175	

3) Pengujian Bobot Isi Tanah

Bulk density atau bobot isi menunjukkan perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah termasuk volume pori-pori tanah.

Untuk analisis bobot isi tanah menggunakan rumus sebagai berikut:

Berat tanah : $W_s = W_2 - W_1$

Berat isi Tanah: $\gamma = \frac{W_s}{V}$

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

Keterangan:

γ = Bobot Isi Tanah
(gram/cm³)

W_s = Massa tanah (gram)

W_1 = Massa tanah + ring sampel (gram)

W_2 = Massa ring sampel (gram)

V = Volume ring sampel (cm³)

Tabel 6. Data dan Hasil Analisis Bobot Isi Tanah

Koordinat	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Cincin dan Tanah (gr)	Berat Tanah (gr)	Volume Sampel (cm ³)	Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	Rata-Rata Bobot Isi Asli (gr/cm ³)
Lapisan I	Sampel 1	28,6	88,89	60,29	53,63	1,124184225	1,101684381
	Sampel 2	28,6	86,86	58,26	53,63	1,086332277	
	Sampel 3	28,6	87,3	58,7	53,63	1,09453664	
Lapisan II	Sampel 1	28,6	134,27	105,67	53,63	1,970352415	1,981540183
	Sampel 2	28,6	135,38	106,78	53,63	1,991049786	
	Sampel 3	28,6	134,96	106,36	53,63	1,983218348	
Lapisan III	Sampel 1	28,6	118,01	89,41	53,63	1,667163901	1,635340916
	Sampel 4	28,6	112,23	83,63	53,63	1,559388402	
	Sampel 5	28,6	118,67	90,07	53,63	1,679470446	

Hasil pengujian nilai bobot isi di laboratorium merupakan bobot isi dalam kondisi asli. Untuk mendapatkan nilai bobot isi kering dan jenuh menggunakan rumus sebagai berikut:

Bobot isi kering (γ_{kering}) = $\frac{\gamma_{asli}}{1 + kadar\ air\ tanah}$

Bobot isi jenuh (γ_{jenuh}) = $berat\ jenis\ tanah\ (G_s) \times \gamma_{asli}$

Nilai bobot isi tanah dalam kondisi asli, kering dan jenuh dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Nilai Bobot Isi Asli, Kering dan Jenuh Tanah

Satuan	Lapisan	Bobot Isi Asli	Bobot Isi Kering	Bobot Isi Jenuh
gr/cm ³	Lapisan I	1,101684381	0,658026212	1,983031886
kN/m ³		10,80421872	6,453263058	19,4475937
gr/cm ³	Lapisan II	1,981540183	1,409030604	5,251081485
kN/m ³		19,43296457	13,81836313	51,49735612
gr/cm ³	Lapisan III	1,635340916	1,256131601	4,366360246
kN/m ³		16,03778836	12,31888261	42,82089493

a. Uji Sifat Mekanik

Adapun uji sifat mekanik yang dilakukan adalah uji geser

langsung (*direct shear test*). Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (*shear failure*) tanah terjadi bukan karena disebabkan hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut.

Setelah dilakukan uji kuat geser tanah di laboratorium, maka didapatkan data yaitu: beban normal (kg), beban geser (kg) dan luas cetakan. Sedangkan nilai tegangan normal dan tegangan geser dihitung dengan rumus:

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

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

Data hasil uji kuat geser tanah dan hasil perhitungan tegangan geser dan tegangan normal dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8. Data Hasil Uji Kuat Geser Tanah

Lapisan I						
Sample	Beban Normal (Kg)	Dial Gauge	Beban Geser (Kg)	Tegangan Normal (Σ)	Tegangan Geser (T)	Luas Cetakan (A) (cm ²)
I	3	9	4,2	0,094777746	0,132688845	31,653
II	6	14	6,5	0,189555492	0,205351783	31,653
III	9	19	8,9	0,284333239	0,28117398	31,653
Lapisan III						
Sample	Beban Normal (Kg)	Dial Gauge	Beban Geser (Kg)	Tegangan Normal (Σ)	Tegangan Geser (T)	Luas Cetakan (A) (cm ²)
I	3	40,5	18,900	0,095	0,597	31,653
II	6	42,0	19,600	0,190	0,619	31,653
III	9	46,5	21,700	0,284	0,686	31,653

Untuk lapisan II tidak dapat dilakukan pengujian kuat geser langsung karena material pasir sendiri lepas dan tidak bisa dibentuk ke dalam alat uji geser langsung sehingga untuk nilai kohesi dan sudut geser dalam lapisan II disubsitusi dari literatur yang sesuai. Nilai kohesi pasir adalah 0 , karena sifatnya non kohesif atau memiliki kelekatan sangat kecil antar butir-butirnya, sedangkan nilai sudut geser dalam pasir adalah 30° (Buku

Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid1).

Setelah mendapatkan nilai tegangan geser (τ) dan tegangan normal (σ), maka dihubungkan dengan grafik dimana pada sumbu vertikal adalah tegangan geser (τ), dan tegangan normal pada sumbu horizontal.

Nilai kohesi dan sudut geser dalam tiap lapisan tanah dapat dilihat di Tabel 10.

Tabel 9. Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam

Lapisan	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Lapisan I	6,567 KN/m ²	39 °
Lapisan II	0 KN/m ²	30°
Lapisan III	53,495 KN/m ²	24,986°

3. Kondisi Kestabilan Lereng

Kondisi kestabilan lereng didapatkan dari nilai faktor keamanan hasil analisis *software* tambang dan analisis secara manual dapat dilihat dari Tabel 14.

Tabel 10. Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng

	Kondisi	FK Analisis oleh Software	Analisis Manual	Kategori
Tanpa memasukkan nilai getaran gempa	Asli	1,040	1	Kritis
	Jenuh	0,755	0,7	Tidak stabil
	Kering	1,388	1,3	Stabil
Memasukkan Nilai Getaran Gempa	Asli	0,599	-	Tidak stabil
	Jenuh	0,340	-	Tidak stabil
	Kering	0,742	-	Tidak stabil

4. Jenis Longsoran yang Berpotensi di Lereng Penelitian

Jenis longsoran yang berpotensi di lereng penelitian adalah longsoran busur. Longsoran busur adalah yang paling umum terjadi di alam, terutama pada batuan yang lunak (tanah).

5. Perbaikan Stabilitas Lereng

Perbaikan stabilitas lereng dengan mengurangi kemiringan

lereng dihitung dengan software tambang.

Nilai pedoman untuk perbaikan stabilitas lereng adalah pada saat kondisi lereng asli tanpa memasukkan nilai getaran gempa yaitu dengan FK=1,040 untuk rekomendasi kekuatan lereng diambil sudut saat pada kondisi jenuh nilai FK nya sudah mencapai 1 dan FK pada kondisi asli .1.25 yaitu pada sudut 42° dengan nilai FK=1,403. Jadi sudut rekomendasi perbaikan stabilitas lereng dengan mengubah kemiringan lereng yaitu 42°.

E. PENUTUP

1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis kestabilan lereng adalah sebagai berikut:

- Lereng di lokasi penelitian merupakan lereng tanah dengan ketinggian 35 m dengan sudut kemiringan lereng 61°. Material lereng terdiri dari 3 jenis yang tersusun berlapis-lapis. Pada lapisan I material *peat* dengan ketebalan 2 m, lapisan II material *sand* dengan ketebalan 5 m dan lapisan III material *clay* memiliki ketebalan 28 m.
- Faktor yang mempengaruhi terjadinya kelongsoran adalah geometri lereng yang tidak aman, tingginya curah hujan hingga menyebabkan lereng dalam kondisi jenuh atau setengah jenuh, kemudian adanya gaya luar yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu faktor getaran yang disebabkan oleh gempa.
- Dari hasil pengujian sampel di laboratorium diperoleh data sifat fisik dan mekanik masing-masing material.
 - Pengujian sifat fisik sampel *peat*, berat jenis = 1,801, berat isi = 1,101 gram/cm³, berat isi kering = 0,654 gram/cm³, berat isi jenuh = 1,983 gram/cm³, kadar air =

67,422 % sedangkan sifat mekanik sampel *peat*, kohesi = 6,567 KN/m² dan sudut geser dalam 39°.

2) Pengujian sifat fisik sampel *sand*, berat jenis = 2,65, berat isi = 1,981 gram/cm³, berat isi kering = 1,409 gram/cm³, berat isi jenuh 5,251 gram/cm³, kadar air = 40,63 % sedangkan sifat mekanik sampel *peat*, kohesi = 0 KN/m² dan sudut geser dalam 30°.

3) Pengujian sifat fisik sampel *clay*, berat jenis = 2,67, berat isi = 1,635 gram/cm³, berat isi kering = 1,256 gram/cm³, berat isi jenuh 4,366 gram/cm³, kadar air = 30,188 % sedangkan sifat mekanik sampel *peat*, kohesi = 53,495 KN/m² dan sudut geser dalam 24,986°.

d. Nilai faktor keamanan (FK) hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *simplified bishop methode* :

1) Hasil analisis stabilitas lereng menggunakan *software* tambang.

a) Stabilitas lereng tanpa memasukkan nilai getaran gempa:

- FK pada kondisi asli = 1,040
- FK pada kondisi jenuh = 0,755
- FK pada kondisi kering = 1,388

b) Stabilitas lereng dengan memasukkan nilai getaran gempa dengan menggunakan *software* tambang:

- FK pada kondisi asli = 0,599
- FK pada kondisi jenuh = 0,340
- FK pada kondisi kering = 0,742

2) Hasil analisis stabilitas lereng secara manual:

Analisis stabilitas lereng secara manual menggunakan

simplified bishop methode hanya bisa dilakukan tanpa memasukkan faktor getaran gempa, hasilnya sebagai berikut:

a) FK pada kondisi asli = 1

b) FK pada kondisi jenuh = 0,7

c) FK pada kondisi kering = 1,3

e. Jenis longsoran yang berpotensi pada lereng penelitian adalah longsoran busur, dimana longsoran busur hanya terjadi pada lereng dengan material batuan lemah atau tanah.

f. Perbaikan stabilitas lereng dengan mengurangi kemiringan lereng dengan mengubah kemiringan lereng dari 61° menjadi 42° dapat menaikkan nilai FK lereng dimana dari hasil analisis *software* tambang nilainya 1.403 dan dari analisis manual nilainya 1,39, dimana menurut Joseph E. Bowles (1984) lereng tersebut sudah pada kondisi aman.

2. Saran

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

a. Perlunya perhitungan dan penanganan kelongsoran lebih lanjut, guna meningkatkan faktor aman lereng agar lereng dalam kondisi aman dan stabil.

b. Perbaikan stabilitas lereng masih berpedoman dari FK pada kondisi asli, bukan pada kondisi terburuk yaitu kondisi jenuh dengan memasukkan nilai getaran gempa dikarenakan nilai FK yang terlalu kecil pada kondisi jenuh dan kondisi jenuh dengan memasukkan nilai getaran gempa sehingga jika dilakukan pengurangan kemiringan lereng akan memotong bagian lereng yang cukup banyak, jadi untuk perkuatan lereng membutuhkan perkuatan yang lebih dari hasil analisis oleh peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, M.G., Richard K.S., 1987. *Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*, John Wiley and Sons.
- Arief, Saifuddin. 2008. “Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan”. Buku kompilasi tidak diterbitkan.
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Agam. Data Curah Hujan Kabupaten Agam Tahun 2006-2016. Lubuk Basung: BMKG.
- Bishop, A.W., 1955. *The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique*, Vol 5. London.
- Bowles, J. E., 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, McGraw-Hill Book Company, USA.
- Braja, M.Das. 1995. *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jilid 1,2. Erlangga. Jakarta.
- Cherianto, Octovian. 2010. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop*. Jurnal Penelitian Sipil Statik.
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Agam. 2017. *Peta Geologi Kabupaten Agam*. Lubuk Basung.
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Agam. 2017. *Peta Hidrogeologi Kabupaten Agam*. Lubuk Basung: K-ESDM
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Agam. 2017. *Peta Rawan Bencana Sesar, Longsor, dan Letusan Gunung Api Kabupaten Agam*. Lubuk Basung:K-ESDM
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Agam. 2017. *Peta Topografi Kabupaten Agam*. Lubuk Basung.K-ESDM
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Agam. 2017. *Peta Zonasi Gempa Indonesia*. Lubuk Basung:K-ESDM
- GEO-SLOPE International Ltd. Calgary, Alberta, Canada. Online, www.geo-slope.com, Diakses 5 September 2017.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H. C, 2010, *Teknik Pondasi 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hoek, Evert & John Bray. 1981. *Rock Slope Engineering*. 3rd. (ed). London: Taylor & Francis Routledge.
- Karnawati, D., 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada.
- Rahim, Azhary. 2015. *Analisis Kestabilan Lereng Untuk Menentukan Geometri Lereng Pada Area Penambangan Muara Tiga Besar Selatan PT Bukit Asam (Persero)*, Tbk. Padang: Universitas Negeri Padang.

Saptono, Singgih. 2012. "*Pengembangan Metode Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Karakterisasi Batuan di Tambang Terbuka Batubara*". Disertasi tidak diterbitkan. Bandung: ITB.

Wyllie, Duncan C., & Christopher W. Mah. 2004. *Rock Slope Engineering: Civil and Mining*. 4rd. (ed). New York: Spoon Press. London.

Zakaria, Zulfiadi. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng*. Bandung: Universitas Padjadjaran.