

PENGARUH KADAR AIR TERHADAP KESTABILAN LERENG (KAMPUS POLITEKNIK NEGERI PADANG)

Silvianengsih

Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang

E-mail: silvianengsih@rocketmail.com

Liliwarti

Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang

E-mail: liliwarti@yahoo.co.id

Satwarnirat

Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang

E-mail: satwarnirat_1966@yahoo.com

ABSTRACT

Effect of water flow or seepage is very important factor in determining the stability of the slope, especially on the clay.

In this paper, the soil analyzed in the Polytechnic of Padang, and soil samples taken at the edge of the slope.

Soil samples taken were disturb sample. Laboratory test carried out by the addition of water content variation into the soil samples , the addition of water content starting from the below and above the Liquid Limit. The addition of water content in soil samples starting from 40%, 45%, 50%, 55% and 60%, in each variation do the test of shear strength and slope stability analysis with Geoslope software.

The analysis result obtained the value of Liquid limit is 66 % and the classification of the soil is MH-OH (clay-silt). If the moisture content of the soil above 40 %, the value of shear strength drops drastically followed by the decline value of the safety factor of the slope. The decline value of the safety factor of the slope reaches 77 %.

Keywords: *water content, soil, slope stability*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan tanah longsor akhir akhir ini menjadi hangat dibicarakan, salah satu faktor pemicu utama gerakan tanah adalah air. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan. Ancaman tanah longsor biasanya terjadi pada musim hujan.

Hujan dengan intensitas yang tinggi dan waktu yang lama merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya longsor.

Kampus Politeknik Negeri Padang terletak pada lereng bukit, dengan banyaknya pertumbuhan pembangunan gedung gedung sarana dan prasana menyebabkan meningkatnya beban yang bekerja pada lereng, dan intensitas curah hujan yang tinggi, maka untuk pertimbangan kedepannya perlu antisipasi terhadap bencana tanah longsor. Untuk itu perlu adanya kajian yang mendasar mengenai perubahan karakteristik tanah pada lokasi tersebut terhadap kestabilan lereng.

Maka perlu adanya tinjauan pengaruh kadar air yang dikandung tanah terhadap kestabilan suatu lereng

2. STUDI PUSTAKA

Kestabilan suatu lereng dipengaruhi oleh banyak faktor, Terzaghi (1950) membagi penyebab longsor terdiri dari, akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah (Hardiyatmo, 2002). Pengaruh dalam yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi dari luar atau gempa bumi,

contohnya bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng. Pengaruh yang datang dari dalam diantaranya,

1. Pengaruh Iklim

Di dekat permukaan tanah, kuat geser tanah berubah dari waktu ke waktu bergantung pada iklim. Beberapa jenis tanah mengembang saat musim hujan dan menyusut saat musim kemarau, sehingga kekuatan geser tanah mengalami perubahan.

2. Pengaruh Air

Pengaruh aliran air atau rembesan menjadi faktor yang sangat penting dalam menentukan stabilitas lereng. Erosi permukaan lereng dapat menyebabkan terkikisnya tanah permukaan yang mengurangi tinggi lereng, sehingga menambah stabilitas lereng. Sebaliknya erosi yang memotong kaki lereng dapat menambah tinggi lereng, sehingga mengurangi stabilitas lereng. Pengaruh air yang meresap kedalam tanah juga sangat mempengaruhi kestabilan suatu lereng. Besarnya air yang meresap kedalam tanah sangat dipengaruhi oleh nilai koefisien permeabilitas tanah tersebut.

Perubahan kekuatan geser tanah akibat perubahan / pengaruh air telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya,

Noormalasari dan Susanto 2000, meneliti tentang Perilaku Tanah Ekspansif dan metode perbaikan di Lipo Cikarang menyatakan peningkatan kadar air pada tanah ekspansif tidak saja menyebabkan penurunan kuat geser, tetapi juga pengembangan volume yang menyebabkan retakan pada bangunan dan bergelombangnya perkerasan jalan secara tidak merata.

Tjokorda Gde Suwarsa Putra dkk 2010, meneliti tentang analisa stabilitas lereng pada badan jalan dengan perkuatan dinding penahan tanah. Berdasarkan hasil analisa kemantapan lereng dengan menggunakan cara analitis, yaitu dengan Metode Irisan Bishop yang disederhanakan diketahui bahwa nilai rata-rata

keamanan lereng pada kontur alami < 1 sehingga memerlukan dinding penahan tanah. setinggi lereng tersebut yaitu 8 meter. Pada lereng bagian atas badan jalan untuk mencapai keamanan sebesar 2,056 memerlukan dinding 1,5 meter.

Iqbal sy dkk 2013, meneliti bidang gelincir lereng di Lumbang Bukit dengan menggunakan geolistrik, hasil memperlihatkan bahwa pada Bidang gelincir pada kedua lintasan pengukuran diduga lapisan batugamping (*limestone*) dan berada pada kedalaman sekitar 6,72 m – 10,0 m dari permukaan tanah untuk lintasan I dan pada kedalaman 6,72 m – 10,8 m untuk lintasan II dengan kemiringan lereng pada kedua lintasan $\pm 35^\circ$. Tipe gerakan tanah yang terjadi pada kedua lintasan berdasarkan pola bidang gelincir yang berbentuk rata dari permukaan tanah adalah gelinciran jenis translasi.

Sri Haryantisri dkk 2010, meneliti analisis pengaruh karakteristik hujan terhadap gerakan lereng, hasil penelitian menunjukkan gerakan atau deformasi lereng oleh hujan deras durasi pendek (Model Hujan II) sangat kecil, sehingga bisa dikatakan hujan deras durasi pendek tidak berpengaruh pada gerakan atau deformasi lereng. Karakteristik hujan yang paling berpengaruh pada lereng adalah hujan normal 20 mm yang terjadi selama 61 hari (model hujan IV), yang menyebabkan gerakan atau deformasi lereng terbesar, yaitu sebesar 1,01 m pada hari ke-43.

2.1 Jenis jenis Keruntuhan Lereng

Longsoran merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, terjadinya longsor pada lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut.

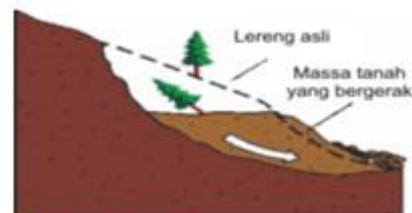
Ada 6 jenis tanah longsor, (Bakornas, 2007).

1. Longsoran Translasi, Longsoran translasi adalah ber - geraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.



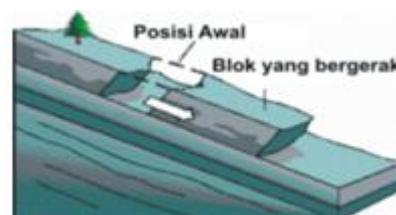
Gambar 2.1. Gambar longsor Translasi (Bakornas, 2007).

2. Longsoran Rotasi, Longsoran rotasi adalah bergerak - nya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.



Gambar 2.2. Gambar longsor Rotasi (Bakornas, 2007).

3. Pergerakan Blok, Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu.



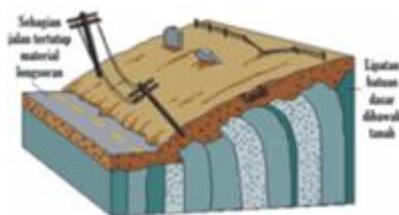
Gambar 2.3. Gambar Pergerakan Blok (Bakornas, 2007).

4. Runtuhan Batu, Runtuhan batu terjadi ketika sejum - lah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas.



Gambar 2.4. Gambar Runtuhan Batu (Bakornas, 2007).

5. Rayapan Tanah, Rayapan Tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali.



Gambar 2.5. Gambar rayapan tanah (Bakornas, 2007).

6. Aliran Bahan Rombakan, Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya.



Gambar 2.6. Gambar Aliran Bahan Rombakan. (Bakornas, 2007).

2.2. Stabilitas Lereng

Permukaan tanah yang miring disebut lereng, apabila perlawanan terhadap geser dari tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \dots\dots\dots(1)$$

τ : tegangan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah

τ_d : tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor

F : faktor keamanan

Menurut teori Mohr-Coulomb, tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah disepanjang bidang longsornya, dinyatakan oleh:

$$\tau = c + \sigma \cdot tg \varphi \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

c : kohesi tanah, σ : tegangan normal, φ : sudut geser dalam

Tegangan geser yang te

rjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban lain pada bidang longsornya.

$$\tau_d = c_d + \sigma \cdot tg \varphi_d \dots\dots\dots(3)$$

c_d dan φ_d adalah kohesi dan sudut gesek dalam yang terjadi

jadi:

$$F = \frac{c + \sigma \cdot tg \varphi}{c_d + \sigma \cdot tg \varphi_d} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk memberikan faktor aman terhadap masing masing komponen:

$$F_c = \frac{c}{c_d} \dots\dots F_\varphi = \frac{tg \varphi}{tg \varphi_d} \dots\dots\dots(5)$$

F_c : faktor aman pada komponen kohesi,

F_φ : faktor aman pada komponen gesekan.

Peningkatan tekanan air pori positif selama curah hujan tinggi menyebabkan stabilitas lereng turun, karena tegangan efektif tanah ($\sigma' = \sigma_n - u_w$) dan kuat geser tanah turun akibat tekanan air pori yang semakin positif. Hal tersebut terjadi sebaliknya ketika tekanan air pori positif turun atau tekanan air pori turun yang terjadi pada musim panas, sehingga tegangan efektif tanah dan stabilitas lereng meningkat. Ho dan Fredlund (1982) dalam Abramson et al. (1996) mengemukakan bahwa peningkatan kuat geser

tanah akibat tekanan air pori negatif dapat dilihat dalam Persamaan 1.

$$\tau = c' + (u_a - u_w) \tan \phi' \dots\dots\dots(6)$$

dengan

c : kohesi total tanah (kN/m²),

c' : kohesi efektif (kN/m²),

$(u_a - u_w)$: *matric suction* (kN/m²),

Untuk menghitung kestabilan suatu lereng dapat dilakukan secara analitis atau dengan bantuan software geoslope.

2.3 Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan.

Noormalasari dan Susanto 2000, meneliti tentang Perilaku Tanah Ekspansif dan metode perbaikan di Lipo Cikarang menyatakan peningkatan kadar air pada tanah ekspansif tidak saja menyebabkan penurunan kuat geser, tetapi juga pengembangan volume yang menyebabkan retakan pada bangunan dan bergelombangnya perkerasan jalan secara tidak merata.

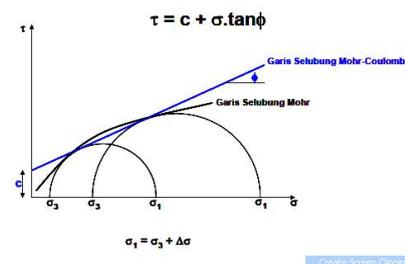
Yudayana 2001, Pengaruh variasi tegangan air pori negatif terhadap perubahan tegangan geser pada lempung kaolinit. Secara umum hasilnya menunjukkan bahwa saat *drying* tegangan geser tanah naik, sedang saat *wetting* tegangan geser tanah mengalami penurunan

Sholihin 2005, meneliti tentang Perilaku potensi mengembang dan kuat geser tanah lempung ekspansif akibat siklus basah dan kering. Hasil studi menunjukkan bahwa terjadi penurunan persentase mengembang dan tekanan mengembang tanah lempung ekspansif apabila jumlah siklus berulang basah kering meningkat. Sebaliknya, kuat geser tanah lempung ekspansif akan meningkat setelah melewati siklus berulang basah-kering yang cukup tinggi. Harga parameter kekuatan geser tanah dapat ditentukan dengan pengujian di laboratorium

dengan melakukan uji : Triaxial, Direct Shear, Kuat Tekan Bebas, Uji Vane Shear Test

2.3.1 Uji Triaxial

Uji triaksial merupakan bentuk pengujian yang dapat diandalkan dalam menentukan parameter tegangan geser. Parameter parameter geser / sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) didapatkan dari penggambaran diagram mohr.



Gambar 2.7. Hubungan Antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser . (Hardiyatmo, 2002)

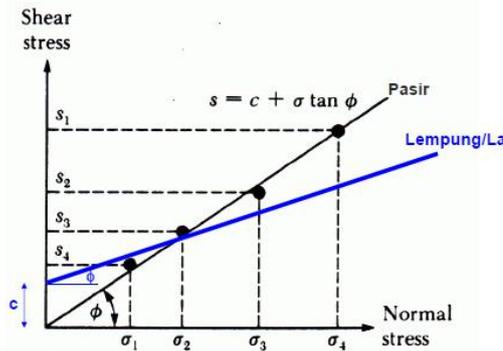
2.3.2 Direct Shear test (Uji Geser Langsung)

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah. Kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan.

Menurut Mohr Coulomb, Tegangan geser tanah adalah kombinasi antara Tegangan normal dan tegangan geser

Coulomb (1976) mendefinisikan :

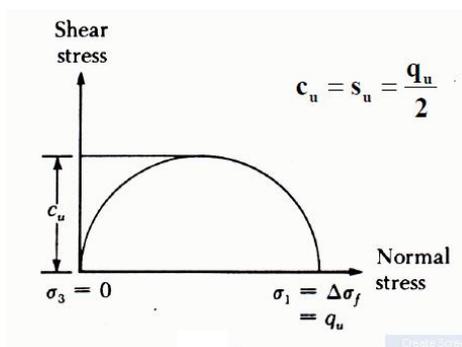
$$\tau = c + \sigma.tg\phi$$



Gambar 2.8. Hubungan antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser (Hardiyatmo, 2002)

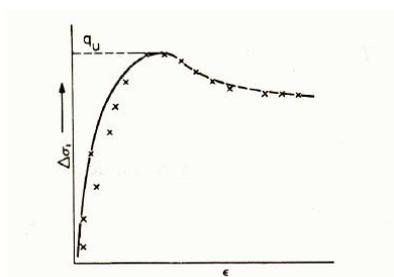
2.3.3 Uji Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)

Uji tekan bebas termasuk hal yang khusus dari uji triaksial *unconsolidated-undrained* (tak terkonsolidasi-tak terdrainase). Kondisi pembebanan sama dengan yang terjadi pada uji triaksial, hanya tegangan selnya nol ($\sigma_3 = 0$).



Gambar 2.9. Lingkaran Mohr pada uji Kuat Tekan Bebas. (Hardiyatmo, 2002)

Gambar 2.9. menjelaskan uji kuat tekan bebas, tegangan sel (tegangan keliling) $\sigma_3 = 0$ dan tegangan utama mayor (σ_1) = $\Delta\sigma = qu$



Gambar 2.10 Hubungan antar Regangan dan Tegangan (Hardiyatmo, 2002)

Gambar 2.10 menjelaskan hubungan antara regangan dan tegangan (tegangan deviator), puncak dari kurva adalah nilai dari kuat tekan bebas (qu)

2.3.4 Vane Shear Test

Vane test adalah suatu cara untuk mengukur kekuatan geser setempat pada tanah. Mengukur kekuatan geser tanah dengan *vane shear test* akan menghasilkan momen torsi yang bekerja pada saat terjadinya keruntuhan (*failure*). Alat pengukur ini kita dapat menentukan momen torsi yang bekerja pada saat terjadi keruntuhan (*failure*). Dari momen torsi ini kita dapat menentukan kekuatan geser dari tanah yang diperiksa, yaitu kekuatan geser *Undrained*, yaitu :

$$CU = \frac{T}{3,14 \left(\frac{d^2 h}{2} + \left(\frac{d^3}{6} \right) }$$

dimana :

CU = Kuat geser *Undrained*,

T = momen torsi,

d = diameter baling-baling

h = tinggi baling-baling

2.4. Geoslope

SLOPE/W adalah salah satu komponen dalam paket lengkap produk geoteknik yang disebut *GeoStudio*. *Slope/W* didesain dan dibuat untuk menganalisis stabilitas struktur tanah pada suatu lereng dengan menggunakan berbagai metode berdasarkan pada konsep kesetimbangan batas (*limit equilibrium*).

Langkah-langkah perhitungan stabilitas tebing dengan menggunakan program *GeoStudio Slope/W Analysis* adalah sebagai berikut:

- a. Mendefinisikan Permasalahan
- b. Penentuan Metode Analisis
- c. Penyelesaian Masalah
- d. Melihat Hasil Perhitungan

Dari Hasil perhitungan didapat informasi sebagai berikut :

Menampilkan bidang gelincir permukaan, dengan juga memperlihatkan angka keamanannya.

- a. Memerlihatkan kontur dengan angka keamanan tertentu.
- b. Menampilkan *free body diagram* dan poligon kekuatan dari sebuah irisan pada bidang gelincir minimum.
- c. Grafik hasil perhitungan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb sample*) dengan lokasi kampus Politeknik Negeri Padang.

3.2 Proses Penambahan air

- a. Sampel tanah yang sudah dikeringkan dilakukan penambahan kadar air secara bertahap yaitu mulai dibawah kadar air *Liquid Limit* dan diatas kadar air *Liquid Limit*. Penambahan air mulai dari 40%, 45 %, 50%, 55%, dan 60% .



Gambar 3.1. Sampel tanah dalam kotak uji.

- b. Benda uji dидiamkan selama 3 hari, dan selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanis tanah (untuk setiap variasi kadar air) diantaranya,

- Kadar air
- Kuat Tekan bebas (*unconfined compressive strenght*)
- Triaxial
- Vane shear test

3.2 Pengukuran Kemiringan lereng

Pengukuran kemiringan lereng dilakukan dengan menggunakan GPS dan inklinometer

3.3 Analisa Kestabilan lereng dengan menggunakan software geoslope

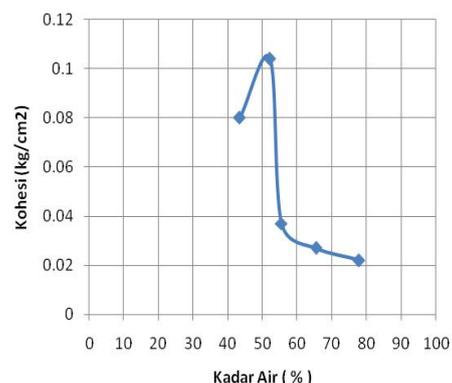
4. HASILDAN PEMBAHASAN

Berdasarkan nilai sifat fisis tanah kampus Politeknik Negeri Padang, maka tanah dapat di klasifikasikan menurut USCS (*Unifide Soil Classification Systim*). Maka tanah termasuk jenis MH-OH yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi

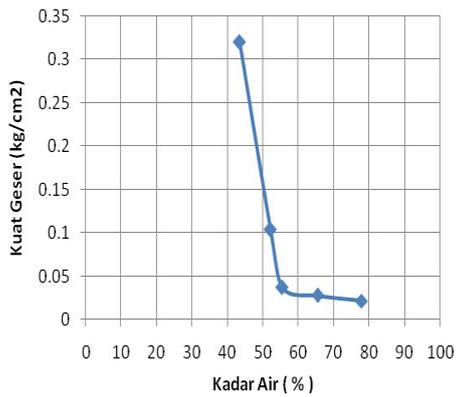
4.1 Hasil uji kuat geser tanah setelah penambahan air.

Tabel 4.1. Kadar air dan kohesi tanah

KA (%)	Kohesi (kg/cm ²)	Kuat geser tanah (kg/cm ²)
43.37	0.08	0.32
52.063	0.104	0.10
55.412	0.037	0.04
65.428	0.027	0.03
77.76	0.022	0.02

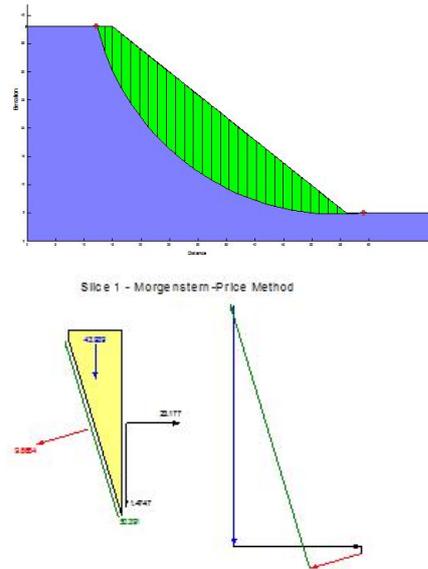


Gambar 4.1. Hubungan antara kadar air dan kohesi



Gambar 4.2. Hubungan antara kadar air dan kuat geser tanah.

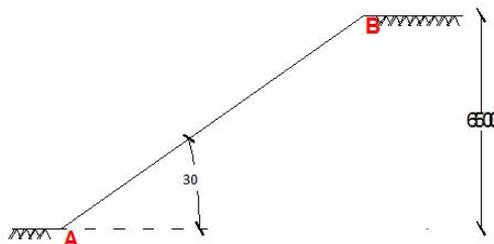
Gambar 4.2, menunjukkan bahwa kadar air diatas 40% kuat geser tanah menurun.



Gambar 4.4. Bidang longsor dengan kadar air 43.370 % (variasi 1)

4.2. Analisa kestabilan lereng

4.2.1 Pengukuran kemiringan dan tinggi lereng dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS), dan sudut kemiringan lereng menggunakan clinometers.



Gambar 4.3. Kondisi lereng

Kemiringan lereng yaitu 30⁰, dan tinggi lereng 660 m.

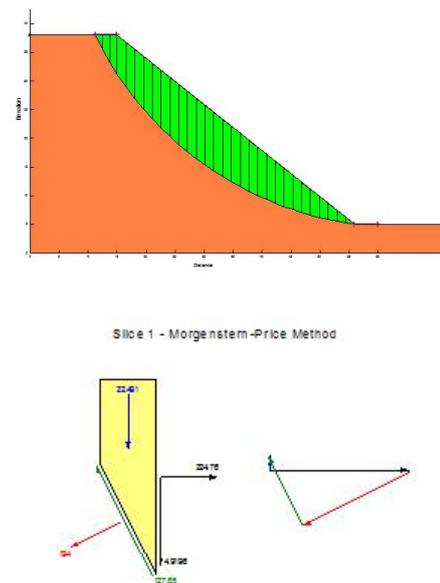
4.2.2 Analisa kestabilan lereng dengan Geoslope,

a. Variasi 1 dengan kadar air 43.370 %

Faktor keamanan = 0.7094

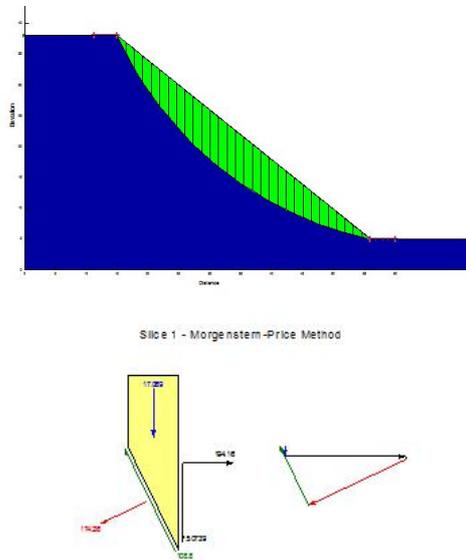
b. Variasi 2 dengan kadar air 52 %

Faktor keamanan = 0.21768



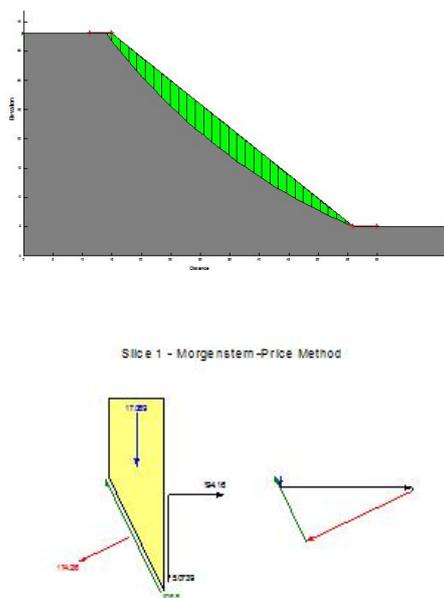
Gambar 4.5. Bidang longsor dengan kadar air 52 % (variasi 2)

c. Variasi 3 dengan kadar air 55.4 %
 Faktor keamanan = 0.10665



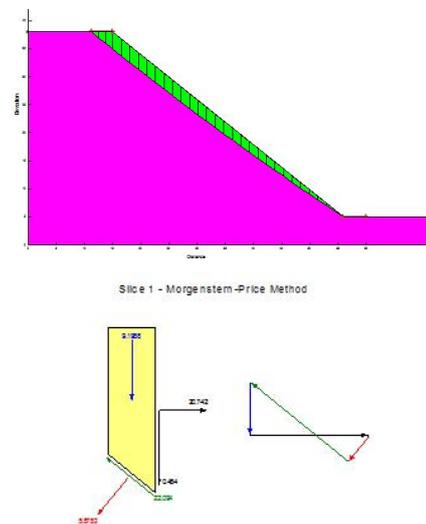
Gambar 4.6. Bidang longsor dengan kadar air 55.4 % (variasi 3)

d. Variasi 4 dengan kadar air 65.428 %
 Faktor keamanan = 0.11982



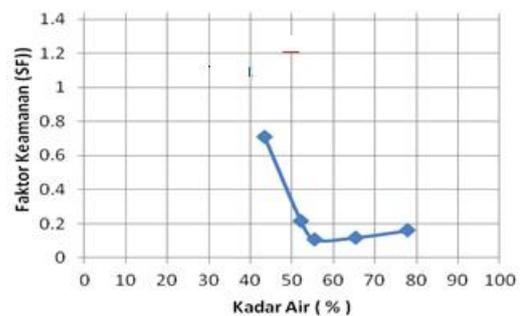
Gambar 4.7. Bidang longsor dengan kadar air 65.428 % (variasi 4)

e. Variasi 5 dengan kadar air 77.758 %
 Faktor keamanan = 0.16023



Gambar 4.8. Bidang longsor dengan kadar air 77.758 % (variasi 5)

Hasil analisa kestabilan lereng memperlihatkan bahwa dengan bertambahnya air, faktor keamanan turun secara drastis



Gambar 4.9 memperlihatkan bahwa penambahan air diatas 40 %, faktor keamanan lereng secara signifikan menurun. Hal ini sejalan dengan penurunan nilai kohesi tanah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Menurut klasifikasi tanah klasifikasi tanah USCS, tanah di kampus Politeknik Negeri Padang termasuk jenis MH-OH yaitu tanah lempung-lanau dengan plastisitas tinggi.

2. Nilai kuat geser tanah lempung-berlanau (MH-OH), turunjika kadar air tanah > 40%.
3. Faktor keamanan lereng juga mengalami penurunan apa bila kadar air sudah mencapai 40 %.

5.2 Saran

- a. Penurunan nilai kohesi dan kuat geser sebaiknya dibandingkan dengan tanah asli.
- b. Perlu adanya pengujian sampel tanah asli

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2003, *Annual Book of ASTM Standards*, section 4, volume 04.08 Soil and Rock.
- Bakornas PB, 2007 Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia <http://www.bnpb.go.id/uploads/migration/pubs/470.pdf>
- Fernandez, 2007 Kajian Karakteristik Lempung Bobonaro Di Propinsi Nusa Tenggara Timur.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Liu, C and Jac B 2003, *Soil Propertis, Testing Measurement and evaluation*, Prentice Hall International, Inc, New Jersey.
- Indarto dkk, 2000 Pengaruh siklus Pengeringan dan Pembasahan terhadap kelakuan tegangan Geser tanah Kelempungan, Prosiding Pertemuan ilmiah tahunan geoteknik –IV INDO-GEO 2000
- Sholihin 2005, Perilaku potensi mengembang dan kuat geser tanah lempung ekspansif akibat siklus basah dan kering.
- <http://ebursa.depdiknas.go.id/pustaka/harvester/index.php/record/view/2968>
- Yudayana 2001, Pengaruh variasi tegangan air pori negatif terhadap perubahan tegangan geser pada lempung kaolinite.
- <http://ebursa.depdiknas.go.id/pustaka/harvester/index.php/record/view/296>