

PENGARUH KADAR AIR TERHADAP KUAT GESER PADA TANAH LANAU

Endaryanta

Staf Pengajar Fakultas Teknik UNY

ABSTRACT

Landslide disaster such as bank slide or embankment slide often occurs. This it begins with a simple problem, that is infiltration of rain water into soil causing the decrease of soil strength resulting in collapse. The research tries to explain the water influence at the shear strength of soil to find out how much water content may induce soil collapse.

This experimental research was conducted in the soil laboratory using mud from Imogiri, Bantul conditioned in several water contents (from 10% to 50%) and direct shear tests were then applied. This experiment would produce ϕ (internal soil shear angle), c (soil cohesion), and finally slide off soil safety factor (F).

This research has resulted:

1. at a low water content (10%) the ϕ soil is low, the ϕ increases by increasing the water content, but the next increase of water content causes a decrease of ϕ . The maximum ϕ (32.5°) reaches at 23% of water content.
2. at a low water content (10%) the c soil is low, the c increases by increasing the water content, but the next increasing of water content causes a decrease of c . The maximum c (0.076 kg/cm^2) reaches at 22% of water content.
3. at a low water content (10%) the F soil is low, the ϕ increases by increasing the water content, but the next increasing of water content causes a decrease of F . The maximum F reaches at 21% of water content.

Key words : mud, soil, water content, shear strength, cohesion, land slide.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sudah sering kita lihat di mass media beragam bencana alam, misalnya tanah longsor mulai dari tebing jalan longsor, lereng pemukiman longsor, timbunan tanah (sampah busuk) longsor menimpa pemukiman penduduk sehingga timbul korban jiwa dan harta seperti yang menimpa penduduk Jawa Barat belum lama ini. Semua ini berawal dari persoalan sederhana yaitu akibat air hujan yang berinfiltrasi ke dalam tanah yang menyebabkan kekuatan (geser) tanah berkurang sehingga

melampaui batas/limit keruntuhan. Kondisi ini mengakibatkan tanah tidak mampu mendukung dirinya sendiri dan bangunan di atasnya. Proses turunnya kekuatan (geser) tanah ini sebenarnya dapat diamati dengan membuat suatu eksperimen di laboratorium dengan mengukur tahapan turunnya kuat geser tanah setiap tahapan penambahan kadar air dalam tanah. Sifat tanah lanau yang tidak berkoheesi atau sedikit berkoheesi ini menjadi menarik untuk diteliti perilakunya terhadap kemungkinan longsor akibat air di dalamnya. Dicoba meneliti tanah lanau dengan uji geser langsung di laboratorium.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa nilai parameter kuat geser tanah yaitu sudut gesek intern tanah (ϕ) tanah lanau yang pematatannya cara standar dengan beragam variasi kadar air tanah ?.
2. Berapa nilai parameter kuat geser tanah yaitu Kohesi tanah (c) tanah lanau yang pematatannya cara standar dengan beragam variasi kadar air tanah?.

C. Tujuan Penelitian

1. menganalisis nilai parameter kuat geser tanah yaitu sudut gesek intern tanah ϕ pada beragam kadar air.
2. mengetahui nilai parameter kuat geser tanah yaitu kohesi tanah c pada beragam kadar air (dari 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%).
3. mengetahui potensi (atau factor aman) terhadap longsor pada tebing tanah pada beragam kadar air.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Longsoran Tanah

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal misalnya tebing tanah, akan rawan terhadap longsoran. Hal ini disebabkan komponen gravitasi (yang menggerakkan tanah ke bawah) melampaui perlawanan geseran oleh tanah pada bidang longsornya (Hardiyatmo,1994). Analisis tentang hal ini disebut analisis stabilitas lereng tanah. Analisis ini penting untuk proyek : jalan raya, jalan kereta api, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan sebagainya.

Terzaghi,1950 (Hardiyatmo,1994) menyebutkan bahwa penyebab longsornya lereng tanah terjadi akibat 2 faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Contoh

faktor eksternal misalnya orang memper-tajam kemiringan tebing. Contoh faktor internal misalnya: bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng tanah karena masuknya air hujan.

Beberapa pengertian dasar perlu ditulis di sini yaitu tanah lanau, kadar air, uji laboratorium untuk mengukur ϕ dan c tanah.

B. Tanah lanau

Tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, dan endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bed rock*)(Hardiyatmo,1999). Tanah tersusun dari 3 bagian yaitu bagian butiran, air dan udara. Untuk keperluan tertentu, beberapa negara membuat standar untuk tanah, misalnya ASTM (Amerika), BS (Inggris) dan UCS (umum). Dari segi ukuran diameter butiran, ASTM menyebut lempung (<0,005 mm), lanau (0,075 ~ 0,05 mm), dan pasir (>0,075 mm).

C. Kadar Air Tanah

Kadar air menyatakan berat air yang terkandung dalam tanah dibanding berat butiran (berat kering) tanah. Bila tanah dipadatkan, maka hasil kepadatannya tergantung dari tenaga pematatannya dan kadar airnya (Wesley,1977). Kadar air juga mempengaruhi nilai sudut gesek intern tanah ϕ dan kohesi c tanah. Penambahan kadar air tanah cenderung mengurangi kuat geser tanah (Bowless,1988:23). Air akan menimbulkan tekanan hidrostatik dan juga pelunakan yang menyebabkan penurunan kekuatan tanah.

Kenyataan di atas diperkuat dengan hasil uji pematatan di laboratorium yang membuktikan bahwa pada awalnya penambahan kadar air tanah akan meningkatkan kepadatan tanah sampai mencapai

maksimum, kemudian penambahan air berikutnya justru akan menurunkan kepadatan tanah (Dunn, dkk.,1980).

D. Sudut Gesek Intern (ϕ) dan kohesi (c) Tanah

ϕ dan c tanah merupakan parameter kuat geser tanah yang penting di bidang teknik sipil. Nilai parameter ini dapat diperoleh dengan uji laboratoris diantaranya dengan uji triaksial, uji kuat tekan bebas, dan uji geser langsung (*direct shear test*).

Menurut Meyerhoff, 1956 (Hardiyatmo, 1999:215), semakin padat suatu tanah, nilai sudut gesek intern tanah (ϕ) nya juga makin besar. Perbedaan nilai sudut gesek intern tanah bisa mencapai 3° sampai 4° (Craig,1976). Kondisi tingkat kepadatan tanah ini dipengaruhi oleh salah satunya ialah faktor kadar airnya. Dengan berubahnya nilai ϕ dan c tanah maka potensi longsor tebing tanah akan berubah.

E. Angka Aman Longsor Tanah

Menurut Hardiyatmo(1994), faktor aman (F) terhadap longsor tanah ialah: Jika lerengnya tak berhingga, tanpa rembesan maka :

$$F = \frac{c}{H \cdot \gamma \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \alpha} + \frac{\tan \phi}{\tan \alpha}$$

sedangkan jika ada rembesan maka:

$$F = \frac{c}{H \cdot \gamma_{sat} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \alpha} + \frac{\gamma' \tan \phi}{\gamma_{sat} \tan \alpha}$$

Tinggi kritis tanah (F=1) tanpa rembesan

$$\text{ialah : } H_c = \frac{c}{\gamma \cdot \cos^2 \alpha (\tan \alpha - \tan \phi)}$$

Jika lerengnya terbatas maka tinggi kritis

$$H_c \text{ ialah : } H_c = \frac{4 \cdot c}{\gamma} \left\{ \frac{\sin \beta \cdot \cos \phi}{1 - \cos(\beta - \phi)} \right\}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Variabel yang Diteliti

1. Variabel Terikat:
 - a. Kadar air tanah, dikendalikan dengan cara ditetapkan 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.
 - b. Jenis tanah, dikendalikan dengan cara ditetapkan jenis lanau dengan distribusi ukuran butir tertentu.
 - c. Cara pemadatan tanah-uji, dikendalikan dengan cara ditetapkan menggunakan tenaga pemadatan yang sama.
2. Variabel Bebas:
 - a. Nilai sudut gesek intern tanah ϕ ,
 - b. Nilai kohesi tanah c.
 - c. Angka aman longsor tanah F.

B. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini ialah tanah di Imogiri, dengan sample tanah lanau di sekitar sungai Opak di Imogiri. Penentuan sample ditempuh dengan *purposive sampling* dengan alasan pertimbangan ekonomi. Jumlah sample diambil sebanyak 30 buah (6 buah x 5 sel).

C. Instrumen Penelitian

Penelitian eksperimen ini ditempuh dengan tes/pengujian di laboratorium Mekanika tanah menggunakan instrumen sebagai berikut.

1. Saringan tanah & hidrometer untuk menguji distribusi ukuran butir tanah.
2. Timbangan & oven untuk uji kadar air.
3. Satu set alat uji geser langsung /*direct shear test*.

D. Desain dan Urutan Eksperimen

Desain eksperimen dipilih model deskriptif dan komparatif, yaitu mencari

Pengaruh Kadar Air terhadap Kuat Geser pada, (Endaryanta)

nilai dan membandingkan nilai sudut gesek intern tanah ϕ dan kohesi c pada beragam variasi kadar air tanah.

Desain eksperimen disusun dalam table berikut:

Kadar air tanah	10%	20%	30%	40%	50%
Φ yang diperoleh	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5
Kadar air tanah	10%	20%	30%	40%	50%
C yang diperoleh	C1	C2	C3	C4	C5
Kadar air tanah	10%	20%	30%	40%	50%
F yang diperoleh	F1	F2	F3	F4	F5

Urutan eksperimennya adalah seperti berikut.

1. mengambil tanah lanau di lapangan,
2. mencari distribusi ukuran butir dengan analisis saringan dan hidrometer.
3. mengukur kadar air tanah awalnya.
4. mengatur kadar air tanah dengan nilai tertentu : 10%,20%,30%,40%,50%.
5. memadatkan tanah yang diuji dengan pemadatan yang sama.
6. melakukan uji geser tanah dengan lebih dulu menkonsolidasikan. Dilakukan pada beragam kadar air dan 3 macam tegangan normal. Digunakan prinsip hitungan:

$$\text{Tegangan geser } \tau = \frac{P_{maks}}{A} \text{ dan } \tau = c + \sigma \cdot tg\phi$$

Tegangan normal

dengan c = kohesi, N = beban normal.

P_{maks} = Gaya geser maksimum = bacaan dial gaya geser x angka kalibrasi proving ring.

7. mengolah data sampai diperoleh hasil berupa sudut gesek intern tanah ϕ dan kohesi c tanah-uji.

E. Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa nilai sudut gesek intern tanah (ϕ) kohesi tanah c , dan angka aman long-

sor (F). Data disajikan dalam bentuk grafik, dan uji hypotesis terhadapnya menggunakan Anava (jika statistiknya parametrik) atau Friedman Test (jika non parametrik) (Syahri Alhusin, 2003). Sebelum uji hipotesis dilakukan dulu uji homogenitas varian dan uji normalitas sebaran datanya.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian tentang tanah lanau ini dilakukan dengan mengambil sampel tanah lanau di sekitar sungai Opak di Imogiri, Bantul. Sampel tanah ini selanjutnya dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UNY di Yogyakarta untuk dilakukan berbagai pengujian.

B. Data Penelitian

Data mentah penelitian yang penting berupa bacaan dial beban geser. Data lainnya ialah data yang berkaitan dengan properti tanah misalnya kadar air tanah,

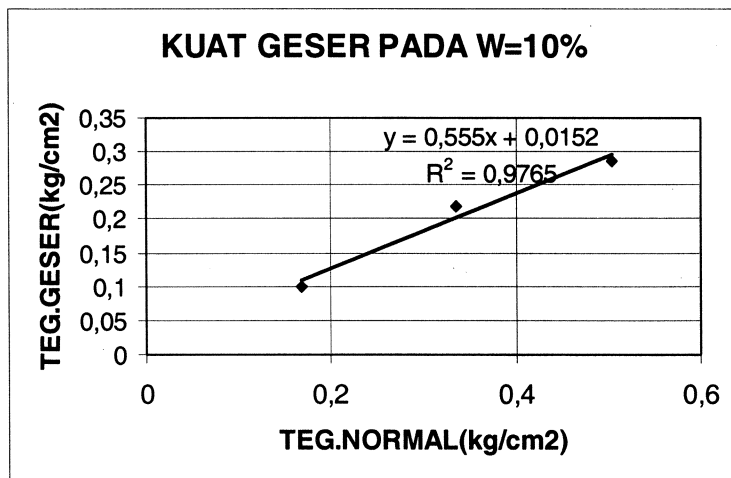
Pengaruh Kadar Air terhadap Kuat Geser pada (Endaryanta)

distribusi ukuran butir tanah. Data beban geser dan gaya normal diolah menjadi data seperti tabel-1 berikut. Jika dibuat grafik terlihat di gambar-1.

Pada kadar air lainnya akan diperoleh grafik yang mirip, tetapi berbeda persamaan garis regresinya, yaitu sebagai berikut (untuk sample nomor 1).

Tabel 1. Tabel Nilai Tegangan Geser tanah (kg/cm²)

		Kadar Air				
		10%	20%	30%	40%	50%
Tegangan Normal σ (kg/cm ²)	0,1678	0,09999	0,1773	0,1863	0,1363	0,0727
		0,1227	0,1818	0,1454	0,1409	0,0773
	0,3357	0,2182	0,3091	0,3045	0,2363	0,1818
		0,2227	0,2727	0,2500	0,2272	0,1727
	0,5035	0,2863	0,4090	0,3999	0,3409	0,2409
		0,3091	0,3772	0,3545	0,3272	0,2363



Gambar 1. Grafik Hubungan Tegangan Normal dan Geser pada Kadar air 10%.
Sampel 1

Pengaruh Kadar Air terhadap Kuat Geser pada, (Endaryanta)

- Kadar air 10%, $y = 0,555x + 0,0152$
- Kadar air 20%, $y = 0,6902x + 0,0668$
- Kadar air 30%, $y = 0,6363x + 0,0833$
- Kadar air 40%, $y = 0,6095x + 0,0333$
- Kadar air 50%, $y = 0,5011x - 0,0031$

Berdasarkan grafik (persamaan regresi) di atas diperoleh nilai sudut gesek intern tanah (ϕ) dan kohesi tanah (c), yang nilainya seperti ditabelkan berikut ini.

C. Pembahasan

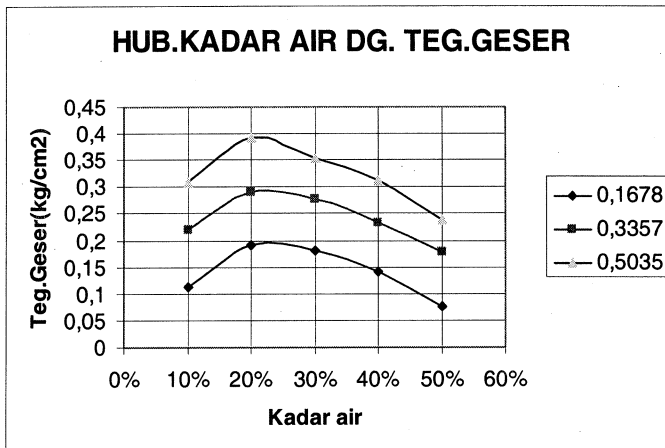
1. Hubungan Tegangan Geser, Kadar Air dan Tegangan Normal.

Jika grafik-grafik pada hasil pengujian digabung maka didapat gambar-2 berikut. Dari gambar itu terlihat bahwa :

1. Makin tinggi Tegangan Normal maka makin tinggi pula Tegangan Geser yang bisa dikerahkan oleh tanah.
2. Makin tinggi Tegangan Normalnya maka Kadar air optimumnya (w_{opt}) makin mengecil.

Tabel 2. Tabel Nilai ϕ dan c tanah hasil pengujian.

Kadar air	ϕ (derajat)		Cohesi (c) (kg/cm^2)	
	10%	29,03	29,04	0,0152
20%	34,61	30,20	0,0668	0,0819
30%	32,47	31,92	0,0833	0,0409
40%	31,36	29,03	0,0333	0,0455
50%	26,62	25,34	0,00	0,0031



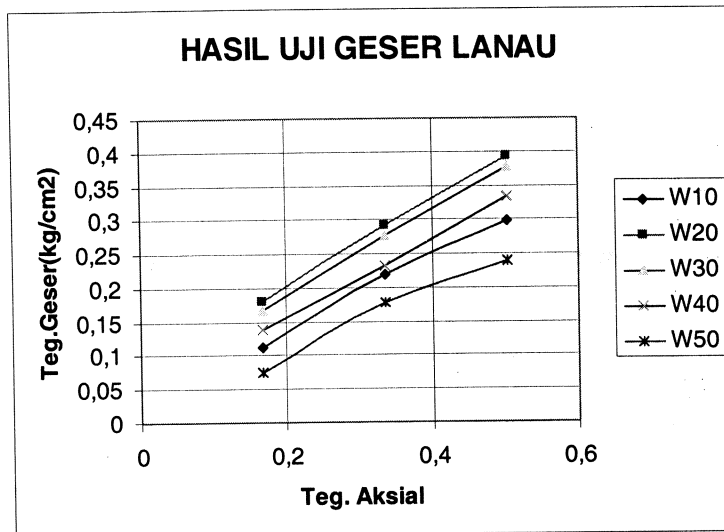
Gambar 2. Grafik hubungan Tegangan Geser dan Kadar air pada beberapa Tegangan Normal

2. Hubungan Tegangan Geser dengan Kadar Air.

Hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

berlebih sehingga air menjadi pelicin saja, sehingga butir tanah mudah tergelincir terhadap butir tanah lainnya.

Sebaliknya, pada kadar air sangat sedikit (misalnya 10%) maka kuat geser



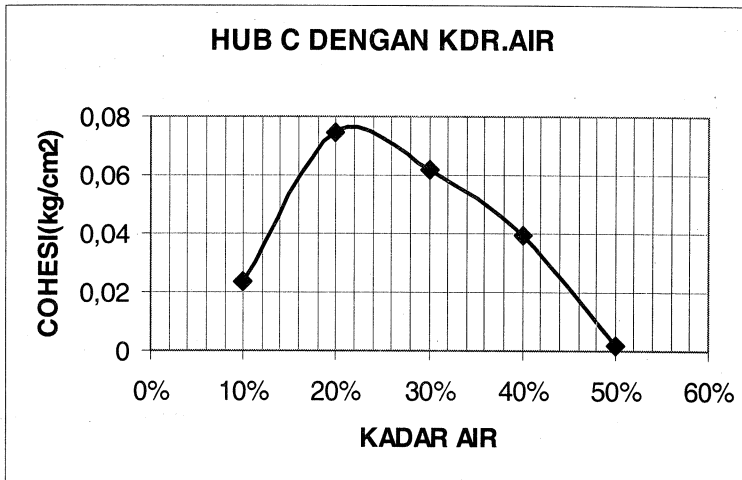
Gambar 3. Grafik Hubungan Tegangan Geser, Tegangan Normal dan Kadar Air

Dari gambar tersebut terlihat bahwa Kuat geser tertinggi diperoleh ketika kadar air 20%, disusul 30%, 40%, 10% lalu 50%. Jadi, pada kadar air terlalu sedikit atau malahan terlalu banyak maka kuat gesernya rendah. Hal ini bisa dimengerti karena pada kadar air tinggi (misalnya 50%) maka semua pori berisi air bahkan

juga rendah karena sebagian pori masih berisi udara, bidang kontak antar butir tanah kurang, kohesi yang timbul akibat air sangat kecil, akibatnya kuat gesernya kecil juga.

3. Hubungan kohesi (c) dengan Kadar Air

Hal ini dapat dilihat pada grafik berikut.



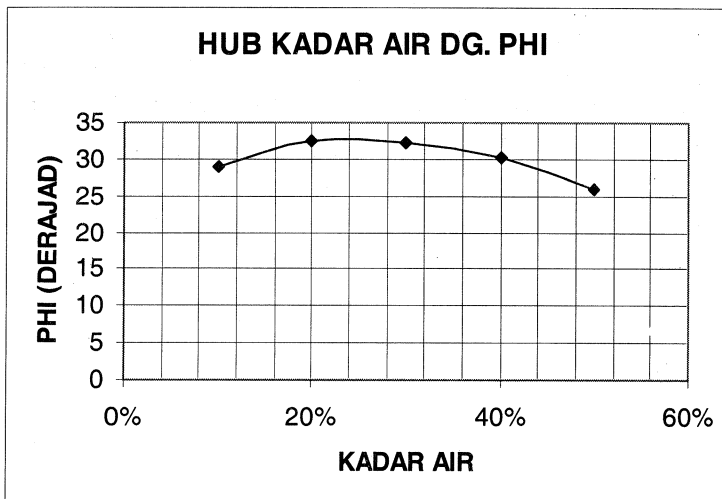
Gambar 4. Grafik Hubungan kohesi dengan kadar air

Dari grafik terlihat bahwa pada kadar air kecil (misal 10%) nilai Kohesinya kecil. Pada penambahan kadar air berikutnya akan menaikkan kohesi, tetapi penambahan kadar air berikutnya (sampai misalnya 45%) justru akan menurunkan nilai Kohesi tanah. Pada penelitian ini kohesi tertinggi

0,076 kg/cm² dicapai ketika kadar airnya sekitar 22%.

4. Hubungan Sudut Gesek Intern Tanah (ϕ) dan Kadar Air Tanah

Hubungan ini bisa dilihat dari grafik berikut.



Gambar 5. Grafik Hubungan ϕ dengan Kadar Air

Dari grafik tersebut terlihat bahwa pada kadar air rendah (10%), kalau ditambah air maka nilai ϕ akan naik, lalu naik lagi, dan kalau ditambah air lagi maka justru akan menurunkan nilai ϕ tanah. Hal ini disebabkan karena pada kadar air optimum air akan makin mempererat ikatan antar butir tanah, sedang pada saat kadar air banyak maka air menjadi pelicin. Pada penelitian lanau ini nilai ϕ tertinggi $32,5^\circ$ dicapai saat kadar airnya sekitar 23%.

5. Hubungan Faktor Aman longsor dengan Kadar Air Tanah

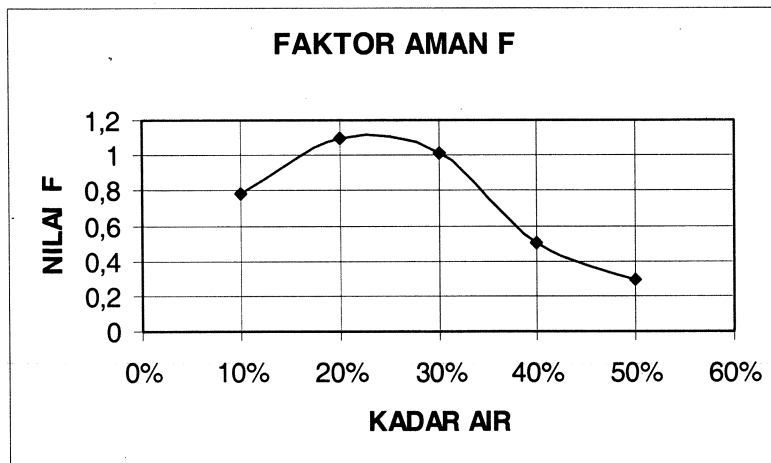
Aplikasi pada analisis longsor tanah terhadap lereng terbatas dengan data misalnya : tinggi lereng $H=250$ cm, berat volume tanah γ , berat volume jenuh γ_{sat} , $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$, sudut miring lereng $\alpha = 40^\circ$, maka faktor aman F terhadap longsor:

$$F = \frac{c}{H \cdot \gamma \cdot \cos^2 \alpha \cdot \text{tg} \alpha} + \frac{\text{tg} \phi}{\text{tg} \alpha} \quad (\text{tak jenuh}),$$

$$F = \frac{c}{H \cdot \gamma_{sat} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \text{tg} \alpha} + \frac{\gamma' \cdot \text{tg} \phi}{\gamma_{sat} \cdot \text{tg} \alpha} \quad (\text{jenuh})$$

- pada $w=10\%$ maka $\gamma = 1,59 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $c=0,0235 \text{ kg/cm}^3$, $\phi = 29,035^\circ$, maka F sebesar = 0,782
- pada $w=20\%$ maka $\gamma = 1,79 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $c=0,0743 \text{ kg/cm}^3$, $\phi = 32,41^\circ$, maka F sebesar = 1,094
- pada $w=30\%$ maka $\gamma = 1,93 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $c=0,0621 \text{ kg/cm}^3$, $\phi = 32,195^\circ$, maka F sebesar = 1,012
- pada $w=40\%$ maka $\gamma_{sat} = 1,996 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $\gamma' = 0,996 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $c=0,0394 \text{ kg/cm}^3$, $\phi = 30,195^\circ$, maka F sebesar = 0,506
- pada $w=50\%$ maka $\gamma_{sat} = 1,98 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $\gamma' = 0,98 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $c=0,00155 \text{ kg/cm}^3$, $\phi = 25,98^\circ$, maka F sebesar=0,294.

Jika dibuat grafik diperoleh :



Gambar 6. Grafik Hubungan Faktor Aman Longsor (F) dengan Kadar air

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Pada lanau dengan kadar air rendah atau tinggi, nilai sudut gesek intern tanah ϕ adalah rendah. Nilai ϕ tertinggi ($32,5^\circ$) dicapai ketika kadar airnya menengah (23%).
2. Pada lanau dengan kadar air rendah atau tinggi, nilai kohesi tanah c adalah rendah. Nilai kohesi tertinggi ($0,076 \text{ kg/cm}^2$) dicapai ketika kadar airnya menengah (22%).
3. Pada lanau dengan kadar air rendah atau tinggi, nilai factor aman terhadap longsor (F) adalah rendah. Nilai F tertinggi dicapai ketika kadar airnya menengah (21%).

B. DISKUSI

Uji di laboratorium dilakukan sesuai prosedur (duplo) sebanyak 30 kali, dan diperoleh 5 data untuk 5 kondisi. Data yang sangat sedikit ini menjadikan hasil penelitian ini tidak digeneralisir untuk semua jenis lanau di semua tempat karena masing-masing jenis lanau punya karakter yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowless, JE., 1988. *Analisis dan Desain Pondasi-Jilid-1(Terjemahan)*, 1991. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Craig, RF., 1976. *Soil Mechanic*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.ltd.
- Dunn, Anderson, Kiefer, 1980. *Fundamental of Geotechnical Analysys*. Canada : John Wiley & Sons Inc.
- Hardiyatmo, 1994. *Mekanika Tanah -1*. Jakarta :Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, 1999. *Mekanika Tanah -2*. Jakarta :Gramedia Pustaka Utama.
- Shirley, LH., 1987. *Geoteknik dan Mekanika Tanah*. Bandung : Nova.
- Sukamto, 1995. *Metodologi Penelitian Eksperimen*. Yogyakarta : Lemlit UNY.
- Syahril Alhusin, 2003. *Aplikasi Statistik dengan SPSS-10*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wesley, 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Penerbit PU.

C. KETERBATASAN

Penelitian ini hanya terbatas menurut uji geser langsung untuk lanau saja yang sedikit tercampur pasir halus dari sungai Opak di Imogiri, Bantul. Hasil uji mungkin berbeda jika pengujiannya memakai cara lain atau lanaunya berasal dari tempat lain misalnya dari sungai Progo yang lanaunya tercampur lempung.

D. IMPLIKASI

Fenomena yang didapat dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada tanah lanau jika kadar airnya sangat sedikit atau terlalu banyak maka mudah terjadi longsor. Hal ini menjadi pertimbangan kalau membuat tanggul atau galian di tanah lanau, perlu dilakukan perkuatan pada tebing tebingnya misalnya dengan pasangan batu.

E. SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan tanah lanau dari daerah lain yang campurannya lempung missal lanau sungai Progo, atau bahan tanah lainnya misalnya pasir atau lempung. Jumlah benda uji perlu ditambah agar hasil lebih akurat.