

## PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR TANAH DAN TERASERING TERHADAP PERUBAHAN KESTABILAN LERENG

I G. N. Wardana

Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar  
E-mail : wardana@civil.unud.ac.id

**Abstrak** : Pembasahan tanah akibat air hujan menyebabkan pengurangan kekuatan tanah sejalan dengan bertambahnya kejenuhan tanah. Pengurangan kekuatan ini mengurangi stabilitas lereng yang dapat menyebabkan kelongsoran seperti yang terjadi pada musim hujan. Pada penelitian ini dilakukan simulasi lereng dengan menggunakan program Stable 2004 dengan melakukan analisis terhadap variasi geometri lereng serta terasering dan properties tanah yang berbeda. Pengaruh pembasahan disimulasikan dengan perubahan letak muka air tanah pada lereng. Pengaruh geometri lereng yang mengalami pembasahan, meliputi kemiringan lereng dan ketinggian lereng dan pengaruh gempa juga diperhitungkan pada kajian ini. Untuk mempermudah analisis, terasering dibagi menjadi 4 bagian kelompok yaitu T1, T2, T3 dan T4 yang mempunyai 1 sampai 4 teras. Lereng tanpa terasering disebut T0, kemiringan lereng bergerak dari 1:1, 1:2 dan 1:3 dengan jenis tanah yang berbeda (lempung, pasir dan variasi lempung-pasir). Hasil analisis kenaikan muka air tanah menyebabkan berkurangnya stabilitas lereng, untuk lereng dengan kemiringan 1:1, 1:2 dan 1:3 angka keamanannya bertambah besar dengan bertambahnya teras dari T1-T4, angka keamanan terbesar di dapat dari T4. Lereng pasir dengan kemiringan 1:1 kenaikan angka keamanan dengan terasering T1 sangat kelihatan, sedang untuk tipe T2,T3 dan T4 tidak jauh berbeda. Lereng pasir dengan kemiringan 1:2 dan 1:3 terasering T1-T4 rata-rata memberikan kenaikan angka keamanan sangat kecil. Lereng tanah lempung untuk gempa 0,25 g rata-rata memberikan pengurangan angka keamanan 43%, untuk gempa 0,45 g memberikan pengurangan 55%. Gempa 0,25 g pada tanah pasir memberikan pengurangan angka aman 50%, dan gempa 0,45 g sebesar 70%.

Kata Kunci: pembasahan lereng, geometri, terasering, gempa.

### THE EFFECTS OF DIFFERENT WATER LEVEL AND TERRACE UPON SLOPE STABILITY

**Abstract:** Drenched rain soil is a cause in reduction of the soil strength in line with increasing ground saturation. Reduction of this strength reduces the slope stability which can cause sliding during the rainy season. Research was conducted by carrying out simulations on slopes using a Stable 2004 Program on different slope geometries, number of terraces and soil properties. The effects of drenched rain soil were simulated by changing ground water levels. The effects of slope geometries including inclination and height of slopes and earthquake loads were considered in the analyses. To ease the analyses, the terraces were grouped into 4 which were T1, T2, T3, and T4 having 1, 2, 3 and 4 terraces respectively. The slope without terrace is referred as T0, the slope inclination changed from 1:1 to 1:2 and 1:3 with different type of soils (clay, sand and variation of clay-sand). The analysis results showed that the increase in ground water level resulted in the reduction of slope stability for the slope of 1:1, 1:2, and 1:3, the safety factors increased with increasing number of terraces and the highest was thus in T4. For Sandy slope of 1:1 with T1 terrace, the increase in safety factor was noticeable, while for T2, T3, and T4 types they were almost the same. Sandy slopes of 1:2 and 1:3 with terraces changing from T1 to T4 causes the average safety factor increase in slightly. Clay slope with earthquake loads of 0.25 g and 0.45 g gave the average reduction in safety factor of 43% and 55% respectively. The earthquake loads of 0.25 g and

0.45 g caused reductions on safety factors of sandy slopes by 50% and 70% respectively.

Keywords: drenched rain slope, geometry, terrace, earthquake

## PENDAHULUAN

Salah satu pemicu terjadinya peristiwa kelongsoran adalah karena hujan yang lebat sehingga terjadi pembasahan pada tanah yang mengakibatkan berkurangnya kekuatan geser tanah karena butir-butir tanah menyerap air. Penyerapan air ini seiring dengan waktu sampai terjadi jenuh sehingga tanah menjadi tidak stabil dan akhirnya terjadi kelongsoran, seperti yang terjadi di daerah Penelokan, Kintamani dan Lod Tunduh, Gianyar, dimana semua kelongsoran tersebut terjadi setelah adanya hujan yang lebat beberapa hari. Pada daerah kemiringan yang besar, untuk mengurangi kelongsoran dibuat sistem terasering. Perubahan kestabilan lereng akibat pembasahan air hujan seharusnya diperhitungkan sejak awal dengan besar curah hujan tertentu, untuk menentukan kondisi lereng yang paling kritis. Karena banyaknya kasus longsor akibat turunnya hujan, maka diperlukan suatu grafik hubungan antara perubahan tinggi muka air tanah dengan stabilitas lereng. Grafik ini memungkinkan untuk memprediksi secara cepat pengaruh perubahan muka air tanah dan stabilitas lereng. Sistem ini diharapkan menambah angka keamanan stabilitas terhadap longsor. Hal ini disebabkan oleh karena massa tanah yang akan bergerak berkurang oleh terbentuknya terasering tersebut.

## MATERI DAN METODE

### Infiltrasi

Air hujan yang sampai ke permukaan tanah yang tidak kedap air dapat bergerak ke dalam tanah akibat gaya gravitasi dan kapiler dalam suatu aliran yang disebut infiltrasi. Infiltrasi adalah proses masuknya air ke permukaan tanah, air yang telah ada di dalam tanah kemudian akan bergerak ke bawah oleh gravitasi dan disebut

dengan perkolasi. Kelongsoran lereng pada musim hujan, disebabkan terutama oleh infiltrasi air hujan ke dalam tanah yang menyebabkan tanah menjadi jenuh disertai perubahan pada karakteristik tanah terutama kekuatannya. Brand (1982) melaporkan bahwa faktor utama yang menyebabkan kelongsoran adalah berkurangnya *suction* (air pori negatif) sampai mencapai nol oleh infiltrasi. Hasil ini diperkuat oleh Ng et al (2001) yang menyimpulkan bahwa pada tanah dengan muka air yang dalam, infiltrasi hanya mengurangi *suction* tanah tanpa pengaruh yang berarti pada muka air tanah. Kuwano and Chen (1990) juga melaporkan bahwa kelongsoran yang terjadi pada tanah berlereng setelah hujan lebat, tidak hanya disebabkan oleh karena naiknya tegangan air pori seiring dengan naiknya permukaan air tanah, tetapi juga oleh berkurangnya kekuatan geser tanah akibat naiknya derajat kejenuhan tanah atau berkurangnya *suction* tanah. Berkurangnya *suction* tanah kelempungan akibat infiltrasi, secara umum pasti terjadi saat terjadi hujan. Air yang memasuki tanah yang kering berasal dari permukaan tanah, dengan jalan masuk yang tetap yaitu pori-pori tanah. Meskipun jumlah pori-pori dapat dianggap tetap, tetapi volume pori dapat berubah-ubah. Pada tanah lempung, swelling akibat pembasahan dapat mengurangi volume pori-pori tanah berukuran besar yang mempengaruhi laju infiltrasi dan kapasitas infiltrasi.

### Pengaruh Air Terhadap Karakteristik Tanah dan Stabilitas Lereng

Tanah adalah sistem liquid-in-solid dan bukan solid-in-liquid. Meskipun begitu, karakteristik tanah sangat dipengaruhi oleh kadar air yang ada di dalam tanah. Selain perubahan volume, karakteristik-karakteristik lain seperti kekuatan, kemampuan pampatan, plastisitas, dan konduktivitas hidrolik berubah drastis sesuai de-

ngan perubahan yang terjadi pada kadar air tanah.

Air tinggal di dalam rongga-rongga tanah; karena itu perubahan pada kadar air tanah dapat terjadi dari perubahan proporsi air dan udara di dalam rongga tanah atau dari perubahan volume rongga tanah. Air yang tinggal di dalam tanah, bertahan dari gaya gravitasi dan penguapan. Penyimpanan air ini, disebabkan oleh gaya kapiler yang timbul dari tegangan permukaan pada tempat pertemuan udara dan air di dalam rongga tanah, atau oleh gaya-gaya permukaan yang mengikat molekul-molekul air. Gaya-gaya kapiler tergantung dari ukuran rongga, dan gaya-gaya permukaan sesuai jumlah dan sifat permukaan dari butir-butir tanah. Penambahan air pada tanah akan menaikkan kadar air tanah sehingga menaikkan gaya tolak antar partikel yang mendorong terjadinya swelling pada tanah. Naiknya kadar air juga berarti mempengaruhi konsistensi tanah yang kemudian akan mempengaruhi kekuatan tanah. Pada umumnya semakin cair suatu tanah maka kekuatannya akan semakin menurun. Berkurangnya kadar air dengan pengeringan dapat mengubah susunan fabrik tanah, yang mengubah ukuran dan distribusi pori-pori tanah (Yong and Warkentin, 1975). Perubahan pada ukuran dan distribusi pori tanah akan mengubah kekuatan geser tanah, kompresibilitas, dan permeabilitas tanah. Perubahan volume dan perubahan kekuatan geser tanah dapat terjadi oleh proses pengeringan dan pembasahan (Indarto, 2000 dan Indarto dan Soemitro, 2001). Perubahan pada volume tanah berkaitan dengan perubahan kadar air tanah sementara perubahan kekuatan tanah dipengaruhi oleh keadaan air pori tanah yang mempengaruhi tegangan air pori tanah yang mempengaruhi besar dan kecilnya kuat geser efektif tanah.

### Kuat Geser

Kuat geser tanah biasanya ditentukan di laboratorium dengan melakukan tes terhadap spesimen tanah yang diambil

dari lapangan. Setelah itu dianalisis dengan teori yang digunakan. Ada dua teori yang sering digunakan yaitu teori leleh dan teori kegagalan. Teori leleh menyatakan bahwa kekuatan batas tanah dicapai setelah tanah mengalami leleh, yaitu ketika tanah dalam keadaan deformasi plastis. Sementara teori kegagalan menyatakan bahwa kuat batas tanah tercapai ketika tanah mulai kehilangan ketahanan gesernya atau beberapa saat setelah itu. Pada tanah lempung, kuat gesernya tidak hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan ukuran butirannya semata-mata tetapi juga pada faktor-faktor lain seperti konsistensi (kadar air), mineral lempung yang dikandung tanah (termasuk struktur, jenis *adsorbed cations* dan sifat-sifat khas mineral), dan susunan fabrik (dipengaruhi juga oleh kadar air) yang ada.

### Analisis Angka Keamanan Stabilitas Lereng

Gambaran mengenai keadaan stabil suatu lereng biasanya dinyatakan dalam bentuk angka keamanan, FS, yang didefinisikan sebagai hasil bagi antara dua kategori: kapasitas  $\sum Mr$  (jumlah gaya atau momen yang menahan) dan, permintaan  $\sum Md$  (jumlah gaya atau momen yang mendorong);

$$F_s = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \quad (1)$$

Prosedur desain kemudian menyatakan bahwa FS harus lebih besar atau sekurang-kurangnya sama dengan nilai yang diijinkan;  $FS \geq 1,25-1,50$ . Jika kriteria pada persamaan di atas dipenuhi, lereng dapat dinyatakan aman.

Nilai numerik dari angka keamanan tergantung kepada tiga variabel, yaitu beban dan perubahannya terhadap waktu, material lereng dan prosedur analisis yang digunakan. Setiap variabel mengandung beberapa derajat ketaktentuan yang menghasilkan ketaktentuan dalam nilai numerik FS. Hal inilah yang melatarbelakangi adanya nilai angka keamanan minimum yang biasanya diambil lebih besar atau sama dengan FS.

**Analisis Metode Keseimbangan Batas dengan Metode Irisan**

Asumsi dasar analisis dengan metode keseimbangan batas adalah bahwa kriteria leleh coulomb harus dipenuhi sepanjang permukaan longsor. Analisisnya dilakukan dengan memisahkan lebih dulu bentuk permukaan bidang longsor suatu lereng. Setelah itu dengan menggunakan syarat-syarat keseimbangan serta asumsi-asumsi yang diperlukan akan diperoleh besaran kuantitatif angka keamanan lereng tersebut. Dalam kajian ini digunakan program *Stable 2004* yang menggunakan metode ini dengan mengadopsi dua metode perhitungan yaitu metode Bishop yang disederhanakan dan metode Fellenius. Kedua metode ini dibuat berdasarkan metode keseimbangan batas dengan metode irisan, dimana massa tanah yang longsor dibagi-bagi menjadi beberapa irisan vertikal .

**Metode Fellenius**

Analisis stabilitas lereng cara Fellenius (1927), menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dari gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah:

$$F = \frac{\sum (cl + N_i \tan \phi)}{\sum W_i \sin \alpha_i} \tag{2}$$

Atau:

$$F = \frac{\sum (cl + (W_i \cos \alpha_i - u_i l_i) \tan \phi)}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

Bila terdapat pengaruh air pada lerengnya, tekanan air pori pada bidang longsor tidak berpengaruh pada jumlah momen penahan (Md) karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran.

**Metode Bishop yang Disederhanakan**

Pada metode ini, Bishop membuat sebuah penyederhanaan terhadap metodenya yang lebih teliti dengan mengabaikan gaya-gaya yang bekerja antar sisi-sisi irisan. Hal ini dilakukan karena Bishop berkesimpulan bahwa penyederhanaan ini

dapat dibuat dengan hasil yang cukup akurat, meskipun gaya-gaya antar irisan diabaikan (Chowdhury, 1978).

Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga mencapai kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman:

$$F = \frac{\sum \left[ c' l_i + (W_i - u_i h_i) \tan \phi' \left[ \frac{1}{\cos \alpha_i (1 + \tan \alpha_i \tan \phi' / F)} \right] \right]}{\sum W_i \sin \alpha_i} \tag{3}$$

Pemakaian faktor aman Bishop ini lebih sulit dibanding dengan metode Fellenius, karena nilai faktor aman F didapatkan dengan melakukan iterasi mengingat bahwa nilai F ada pada kedua sisi persamaan. Metode Bishop yang disederhanakan ini, memberikan hasil yang lebih mendekati hasil perhitungan dengan metode yang lebih teliti. Duncan and Wright (1980) menggarisbawahi bahwa untuk lereng yang mempunyai bidang longsor kritis membentuk busur lingkaran, angka keamanannya dapat dicari dengan menggunakan metode Bishop yang disederhanakan dengan hasil yang memuaskan dan dapat dipercaya.

**Pengaruh Gempa Terhadap Kestabilan Lereng**

Gempa bumi dapat mengakibatkan gerakan dan keruntuhan lereng alam maupun buatan. Oleh karena itu perlu diperhatikan dalam hitungan faktor aman lereng. Akibat lain dari gempa bumi adalah adanya *Liquefaction* pada massa tanah, terutama pada tanah-tanah granular, adanya perubahan tekanan air pori dan tegangan efektif dalam massa tanah dan timbulnya retak-retak vertikal yang dapat mereduksi kuat geser tanah.

Untuk memperhitungkan pengaruh gravitasi akibat gempa, hal yang sering dilakukan dalam analisis stabilitas lereng adalah dengan menggunakan konstanta numerik yang biasanya disebut koefisien gempa ( $k_g$ ). Koefisien ini diberikan dalam persen dari gravitasi. Sebagai contoh, koefisien gravitasi 10% (0,1g) sering diguna-

kan dalam hitungan. Jadi, gaya-gaya dinamis dianggap sebagai gaya statis, yang kadang-kadang disebut *pseudostatic analysis*. Analisis Stabilitas Lereng yang paling sederhana adalah analisis pendekatan *Pseudostatik*, dimana efek dari gempa digantikan akselerasi horizontal atau vertikal konstan. Bentuk yang paling umum dari analisis *Pseudostatik* adalah dengan mengganti gaya percepatan gempa horizontal dan vertikal menjadi gaya Statis  $F_k$  dan  $F_v$ .

$$F_k = \frac{a_k \cdot W}{g} = k_k \cdot W \quad \text{dan} \quad F_v = \frac{a_v \cdot W}{g} = k_v \cdot W$$

dimana:

$a_k$  = percepatan pseudostatik horizontal;

$a_v$  = percepatan pseudostatik vertikal;

$k_k$  = koefisien pseudostatik horizontal;

$k_v$  = koefisien pseudostatik vertikal;

$W$  = berat dari masa tanah yang runtuh.

*Magnitude* dari percepatan pseudostatik harus mempunyai kaitan dengan kekuatan dari gerakan tanah yang akan terjadi. Maka faktor keamanan menjadi:

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Gempa}} \quad (4)$$

$$= \frac{c l_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta + F_k \sin \beta] \tan \phi}{(W - F_v) \sin \beta + F_k \cos \beta}$$

dimana:

$c$  = kohesi tanah ( $\text{kg/cm}^2$ );  $\phi$  = sudut geser dalam tanah ( $^\circ$ );  $l_{ab}$  = panjang bidang keruntuhan (m).

## Metode Penelitian

### Material

Tanah yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah bervariasi antar kohesi tanah dengan sudut gesek dalam. Untuk tanah dengan kohesi tinggi berarti tanah itu dominan lempung, sedangkan untuk tanah dengan sudut gesek besar artinya tanah itu dominan pasir. Kohesi tanah lempung akan diambil dari lempung lunak, medium, dan kaku, sedangkan untuk pasir diambil data dari pasir lepas, sedang, dan padat. Di samping itu juga akan divariasikan antara pasir dan lempung.

## Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi terhadap lereng tanah kelempungan yang mengalami pembasahan oleh infiltrasi air hujan. Simulasi ini dikerjakan terhadap beberapa geometri dan kondisi pembasahan yang berbeda dengan bantuan program Stable. Pada simulasi ini ada beberapa pembatasan yang perlu dilakukan untuk menyederhanakan persoalan yang kompleks di lapangan supaya simulasi dapat dilakukan, terutama penyederhanaan infiltrasi dan kedalaman pembasahan, selain pembatasan geometri lereng dan metode analisis yang dilakukan. Karena parameter yang kompleks maka diperlukan beberapa pembatasan dalam analisis ini, yaitu tanah adalah homogen isotropis sehingga laju infiltrasi sama pada setiap titik yang bersesuaian, pembasahan yang terjadi berdasarkan kedalaman tanah.

## Geometri lereng

Geometri lereng yang ditinjau dalam hal ini ada tiga yaitu berdasarkan ketinggian, sudut kemiringan lereng dan perubahan geometri dengan membuat trap terasering. Pada hal ketinggian ada 2 jenis ketinggian: 10 meter dan 15 meter. Sementara kemiringan lereng berdasarkan ratio tinggi : panjang yaitu 1:1, 1:2, 1:3. Untuk terasering akan dibagi dalam 2 bagian, 3 bagian, dan 4 bagian teras. Kemiringan dan ketinggian lereng ini akan dikombinasi sehingga mencapai 6 geometri. Selanjutnya akan dianalisis dengan perubahan muka air tanah.

## Pembasahan Tanah

Dalam penelitian ini untuk menyederhanakan geometri lereng yang dipakai maka digunakan model dengan pembasahan ditinjau terhadap kedalaman, artinya kedalaman pembasahan ditentukan lebih dahulu dengan mengabaikan lamanya waktu yang dibutuhkan air resapan untuk membasahi tanah dengan kedalaman tersebut. Dalam hal ini ditinjau setiap kedalaman 0,2H dengan perubahan muka air tanah yang tetap. Perubahan karakteristik tanah

akibat pembasahan dengan jarak rentang dari keadaan awal sampai kondisi jenuh 100%. Di bawah ini diberikan model simulasi lereng awal serta akhir dengan perubahan muka air tanah setiap 0,2 H meter.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Propertis Tanah**

Pada penelitian ini dipergunakan berbagai macam propertis tanah mulai dari tanah lempung lunak sampai tanah pasir. Besaran masing-masing dari propertis tanah terdiri atas kohesi, sudut geser, dan berat jenis tanah. Untuk variasinya dibuat kombinasi dari tanah lempung lunak sampai kaku dengan pasir lepas sampai padat dan diperoleh 15 macam propertis tanah seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1 Propertis tanah**

| No. | Jenis Tanah  | C kN/m <sup>2</sup> | φ <sub>o</sub> ° | γ <sub>o</sub> kN/m <sup>3</sup> |
|-----|--------------|---------------------|------------------|----------------------------------|
| 1   | L. Lunak     | 18                  | 0                | 12                               |
| 2   | L. Sedang    | 48                  | 0                | 15                               |
| 3   | L. Kaku      | 100                 | 0                | 17                               |
| 4   | Pasir Lepas  | 0                   | 28               | 14                               |
| 5   | Pasir Sedang | 0                   | 32               | 16                               |
| 6   | Pasir Padat  | 0                   | 38               | 20                               |
| 7   | LL --- PL    | 18                  | 28               | 13                               |
| 8   | LL --- PS    | 18                  | 32               | 15                               |
| 9   | LL ---- PP   | 18                  | 38               | 18                               |
| 10  | LS --- PL    | 48                  | 28               | 14                               |
| 11  | LS --- PS    | 48                  | 32               | 15                               |
| 12  | LS --- PP    | 48                  | 38               | 18                               |
| 13  | LK --- PL    | 100                 | 28               | 15                               |
| 14  | LK --- PS    | 100                 | 32               | 16                               |
| 15  | LK --- PP    | 100                 | 38               | 18                               |

Sumber Braja (1990)

Keterangan: LL = Lempung Lunak, LS = Lempung Sedang, LK = Lempung Kaku, PL = Pasir Lepas, PS = Pasir Sedang, PP = Pasir Padat.

**Pengaruh Geometri Lereng yang Mengalami Pembasahan Terhadap Stabilitas**

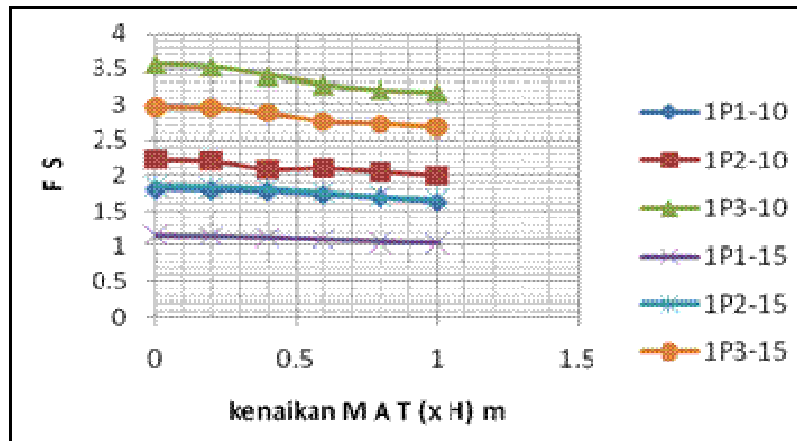
Pengaruh geometri di sini adalah ketinggian lereng serta kemiringannya. Pada penelitian ini akan dianalisis 2 buah ketinggian lereng 10 m dan 15 meter dengan kemiringan 1:1, 1:2, dan 1:3. Semua variasi geometri tersebut akan mengalami proses pembasahan air hujan yaitu perubahan muka air tanah dari dasar sampai puncak lereng. Pada kondisi ini ketinggian muka air tanah dibagi menjadi 5 bagian (0 m, 0,2H m, 0,4H m, 0,6H m, 0,8H m dan 1H m). Di bawah ini akan diberikan hasil

nilai safety factor (Fs) untuk masing-masing kondisi geometri tanah.

**Tanah Lempung :**

Nilai angka keamanan lereng (FS) untuk kelandaian 1:1, 1:2, dan 1:3 akibat perubahan ketinggian muka air tanah bawah lereng dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari grafik pada Gambar 1 terlihat bahwa nilai FS semakin besar akibat perubahan kemiringan suatu lereng yang semakin landai. Semakin tinggi muka air tanah dari dasar lereng akan memperkecil angka ke-amanan lereng. Untuk pengaruh ketinggian lereng dimana yang dicoba adalah tinggi 10 meter dan 15 meter, pada kelandaian yang sama lereng yang lebih tinggi mempunyai angka keamanan yang lebih rendah yang dapat dilihat pada grafik.

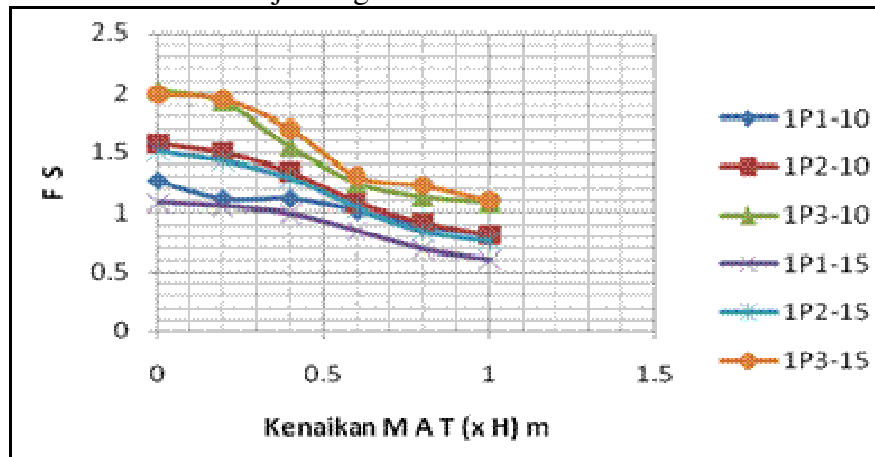


Gambar 1 Nilai FS akibat perubahan muka air tanah bawah lereng lempung sedang

**Tanah Pasir:**

Tanah pasir dibedakan menjadi pasir lepas, pasir sedang dan pasir padat. Pada Gambar 2 di bawah ini disajikan grafik

nilai FS (safety factor) lereng dengan kelandaian 1:1, 1:2, 1:3 perubahan muka air tanah pada lereng dan depan lereng.



Gambar 2 Nilai FS akibat perubahan m a t bawah lereng pasir sedang

Pengaruh kenaikan muka air tanah pada lereng pasir pada umumnya menurunkan angka keamanan lereng. Untuk pengaruh kelandaian makin landai angka keamanan makin besar pada lereng yang mengalami pembasahan. Faktor ketinggian lereng juga berpengaruh terhadap angka keamanan lereng dimana semakin tinggi lereng angka keamanan semakin berkurang. Untuk kombinasi tanah, (properties tanah yang lain) perilaku perubahan angka keamanan lereng hampir sama.

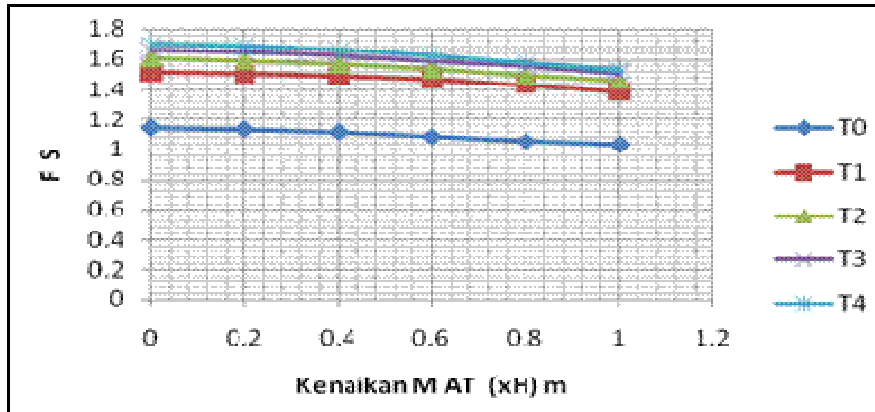
lima bagian untuk melihat pengaruhnya terhadap stabilitasnya. Semua kondisi lereng tersebut akan mengalami proses pembasahan (perubahan muka air tanah dari bawah ke puncak lereng). Geometri lereng dibuat 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan ketinggian 10 meter dan 15 meter.

**Pengaruh Terasering Lereng yang Mengalami Pembasahan Terhadap Stabilitas**

Terasering pada lereng dibuat menjadi dua bagian, tiga bagian, empat bagian, dan

**Geometri lereng 1:1 Tanah Lempung Sedang**

Pada Gambar 3 diberikan nilai FS lereng pada jenis tanah lempung sedang dengan variasi jumlah terrace yaitu dari T0-T4. Pengaruh terasering T1 dan T4 yaitu memberikan peningkatan angka keamanan lereng yang cukup nyata.

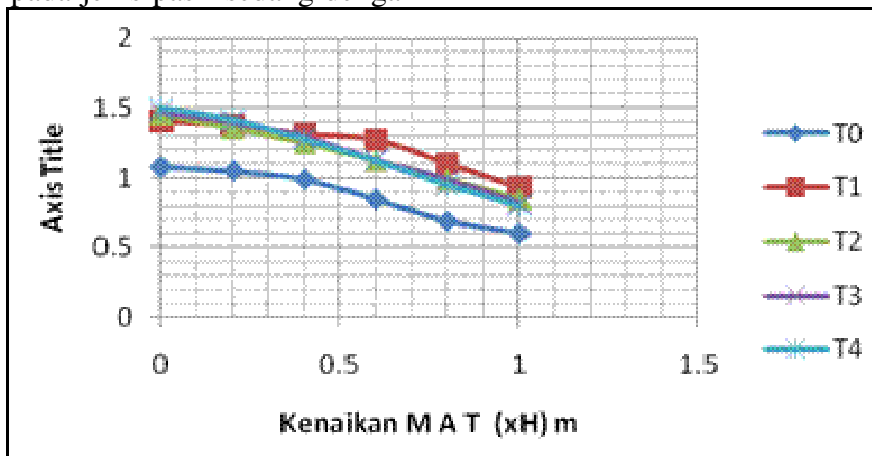


Gambar 3 Nilai FS lereng terasering lempung sedang

**Geometri lereng 1:1 Tanah Pasir Sedang**

Pada Gambar 4 ditunjukkan nilai FS lereng 1:1 pada jenis pasir sedang dengan

variasi jumlah terrace yaitu dari T0-T4. Pengaruh T1 sangat memberikan peningkatan nilai FS.



Gambar 4 Nilai Fs lereng 1:1 dengan terasering pasir sedang

**Geometri lereng 1:2 Tanah Pasir Sedang**

Nilai FS pada tanah pasir sedang diberikan pada Gambar 5. Pengaruh terasering T1, T2, dan T3 cukup jelas sedangkan T4 berimpit dengan T3 artinya terasering T4 sedikit sekali mempengaruhi nilai angka keamanan lereng. Untuk geometri 1:3 tanah pasir pengaruh terasering sama dengan geometri 1:2.

SNI 03-1726-2003 dimana Bali termasuk wilayah gempa 5. Untuk akselerasi tanah 0,45 g diberikan untuk mengantisipasi gempa yang lebih besar sampai 7,8 skala richter.

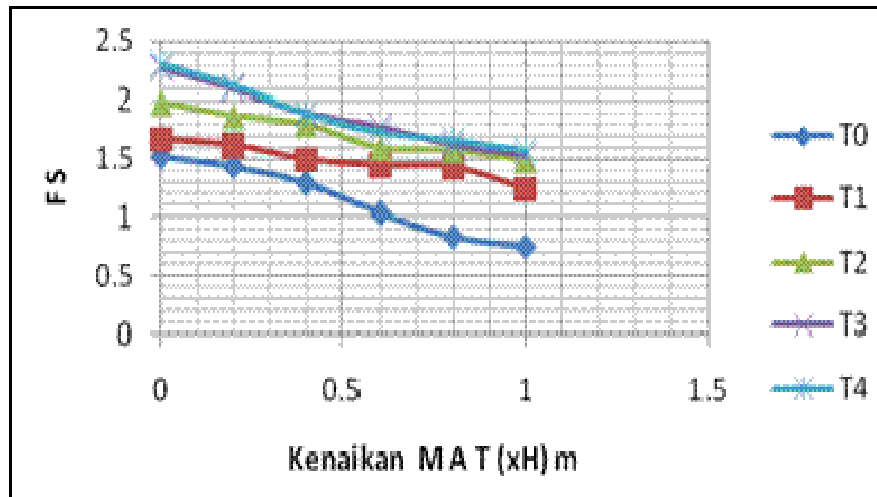
Gambar 6 dan 7 masing-masing menunjukkan nilai Fs pada tanah lempung dan tanah pasir. Pada tanah Lempung, pengaruh gempa 0,25 g menurunkan FS sampai 39%, dan untuk gempa 0,45 g menurunkan angka keamanan lereng 53,8%.

**Pengaruh Gempa Pada Lereng yang Mengalami Pembasahan Terhadap Stabilitas**

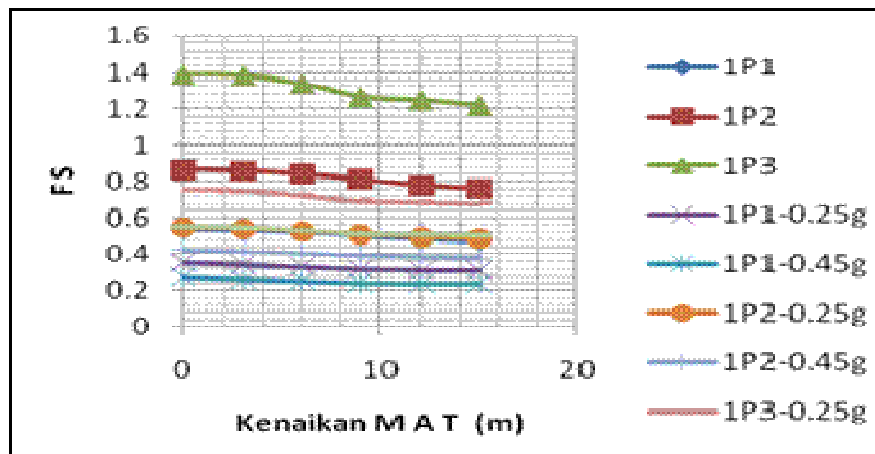
Gempa yang akan ditinjau pada lereng yang mengalami pembasahan adalah gempa dengan akselerasi 0,25 g dan 0,45 g. Gempa 0,25 g diberikan sesuai dengan

Pengaruh gempa 0,25 g pada lereng pasir mengurangi angka keamanan lereng sampai 50%, untuk gempa 0,45 g akan menurunkan angka keamanan lereng pasir sampai 72 %.

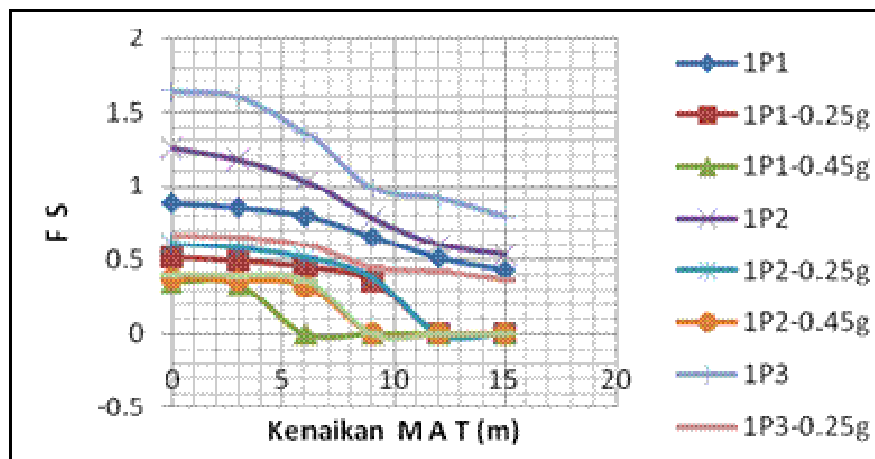




Gambar 5 Nilai Fs lereng 1:2 dengan terasering pasir sedang



Gambar 6 Nilai Fs akibat gempa 0,25 g dan 0,45 g Lempung



Gambar 7 Nilai Fs akibat gempa 0.25 g dan 0,45 g tanah pasir

**SIMPULAN**

Pengaruh geometri lereng yang mengalami pembasahan, meliputi kemiringan lereng dan ketinggian lereng. Untuk pengaruh kemiringan, semakin curam lereng se-

makin kecil angka keamanan lereng. Untuk pengaruh ketinggian semakin tinggi lereng angka keamanan semakin kecil. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa untuk lereng dengan kemiringan 1:1, 1:2 dan 1:3 angka keamanannya bertambah

besar dengan bertambahnya teras dari T1-T4, angka keamanan terbesar di dapat dari T4. Lereng pasir dengan kemiringan 1:1, kenaikan angka keamanan dengan terasering T1 sangat kelihatan, sedang untuk tipe T2, T3 dan T4 tidak jauh berbeda. Lereng pasir dengan kemiringan 1:2 dan 1:3 terasering T1 sampai T4 rata-rata memberikan kenaikan angka keamanan. Lereng tanah lempung untuk gempa 0,25 g rata-rata memberikan pengurangan angka keamanan 43%, untuk gempa 0,45 g memberikan pengurangan 55%. Gempa 0,25 g pada tanah pasir memberikan pengurangan angka aman 50%, dan gempa 0,45 g sebesar 70%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Putra, A. D., (2008). Analisis dan Justifikasi Faktor-Faktor Pemicu Kelongsoran Lereng. Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi Universitas Lampung, 17-18 November 2008.
- Bowles, (1986) Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah, Erlangga, Jakarta
- Brand, E. W., (1981). *Some Thoughts on Rain Induced Slope Failure. Proceedings of The Tenth International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Stocklom, Swedia, Vol 3, 15-19 June.
- Braja M. Das, (1990). *Principles of Foundation Engineering*, PWS-KENT Publishing Company Boston.