

# PENGARUH BEBAN DINAMIS DAN KADAR AIR TANAH TERHADAP STABILITAS LERENG PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR

Yulvi Zaika, Syafi'ah  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang  
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail : [civil@brawijaya.ac.id](mailto:civil@brawijaya.ac.id)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah beban dinamis dan kadar air berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Untuk tujuan tersebut dilakukan pemodelan lereng di laboratorium dengan pembebanan dinamis berupa getaran yang berasal dari *shieve shaker*. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan variasi sudut yaitu 65°, 70°, 75°, 80° dan pada kondisi kadar air OMC dan plastis. Dari hasil penelitian dengan menggunakan beban dinamis didapatkan pola kelongsoran lereng (*Slope Failure*). Sebagai verifikasi digunakan juga program Plaxis. Dari hasil perhitungan dan uji laboratorium menunjukkan kecenderungan yang sama bahwa sudut kritis semakin besar pada saat kadar air semakin besar. Pengaruh beban dinamis juga menyebabkan perubahan sudut kritis pada lereng.

**Kata kunci** : lereng, longsor, stabilitas lereng, beban dinamis

## PENDAHULUAN

Lereng adalah kenampakan permukaan alam yang memiliki beda tinggi. Apabila beda tinggi dua tempat tersebut dibandingkan dengan jarak lurus mendatar, akan diperoleh besarnya kelerengan (*slope*). Bentuk lereng tergantung pada proses erosi gerakan tanah dan pelapukan. Lereng memiliki parameter topografi yang terbagi dalam dua bagian, yaitu kemiringan lereng dan beda tinggi relief.

Stabilitas lereng sangat erat kaitannya dengan longsor atau gerakan tanah yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Pergerakan tanah ini terjadi karena perubahan keseimbangan daya dukung tanah dan akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru. Longsoran umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya karena ada penambahan beban pada permukaan lereng dan berkurangnya daya ikat antara butiran tanah relief.

Beberapa parameter penting sebagai pemicu tanah longsor antara lain

adalah kemiringan lereng. Semakin besar sudut lereng semakin besar pula daya dorong disebabkan meningkatnya tegangan geser berbanding terbalik dengan tegangan normal berupa kekuatan penahan. Selain itu adanya beban dinamis juga akan berpengaruh terhadap besarnya sudut kemiringan tersebut. Didaerah yang mempunyai pengaruh beban dinamis yang tinggi, maka sudut kemiringan lerengnya harus lebih kecil jika dibandingkan dengan daerah yang pengaruh beban dinamisnya rendah. Beban dinamis dapat berupa gempa maupun kegiatan manusia (lalu lintas kendaraan).

Apabila terjadi gempa bumi, maka pertama-tama yang merasakan getaran adalah tanah disekeliling pusat gempa. Getaran akibat gempa kemudian disebarkan kesegala penjuru sampai pada ke lokasi pencatat gempa di permukaan tanah.

Selama getaran menjalar dari pusat gempa sampai ke permukaan tanah, maka faktor tanah sebagai penghantar getaran mempunyai peran yang sangat penting. Kondisi geologi dan kondisi tanah tertentu, akan menyebabkan respon tanah akibat

beban dinamis menjadi berlainan. Untuk keperluan tersebut, maka disini akan diadakan sebuah penelitian dengan pembuatan model tes lereng pada tanah campuran lempung pasir pada beberapa kondisi kadar air yang akan menyelidiki perubahan sudut kemiringan kritis suatu lereng ketika diberi beban dinamis. Disini juga akan diselidiki pola keruntuhan serta menentukan angka keamanan (*safety factor*) pada model lereng

Pengertian tanah longsor sebagai respon yang merupakan faktor utama dalam proses geomorfologi akan terjadi di mana saja di atas permukaan bumi, terutama permukaan relief pegunungan yang berlereng terjal, maupun permukaan lereng bawah laut. Tanah longsor didefinisikan sebagai tanah longsor batuan atau tanah di atas lereng permukaan kearah bawah lereng bumi disebabkan oleh gravitasi/gaya berat.

Kejadian tanah longsor di Indonesia pada akhir-akhir ini menunjukkan gejala peningkatan. Dengan penyebab yang hampir sama. Penyebab utama adalah curah hujan yang tinggi pada akhir-akhir dan kejadian gempa pada beberapa tempat yang memicu peristiwa kelongsoran tanah. Sebagai contoh di Dusun Mogol, Desa Legoksari, Kecamatan Tawangmangu, Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah terjadi pada hari Rabu, 26 Desember 2007 sekitar jam 3.00 WIB. Kelongsoran terjadi didahului terjadinya curah hujan yang tinggi, kondisi geologi, perubahan penggunaan lahan, kondisi hidrologi dan kemiringan lereng. Hal yang sama juga terjadi di beberapa tempat di Indonesia seperti di Jombok adalah sebuah desa di wilayah kecamatan Ngantang, kabupaten Malang Jawa Timur dan kelongsoran terjadi terus menerus setiap musim hujan.

Berbeda dengan kelongsoran yang terjadi di Padang, Sumatera Barat tahun 2009 dan Desa Cikangkareng dan Desa Pamoyanan, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Cianjur Selatan, Jawa Barat

pada 2 September 2009 yang terjadi pasca gempa yang melanda daerah tersebut.

Berdasarkan fakta-fakta tersebutlah dasar dari model skala kecil dari lereng di lapangan dibuat.

## METODE

### Uji Dasar

Langkah pertama sebelum memulai penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap bahan dasarnya terlebih dahulu. Tanah lempung kepasiran dibuat dari campuran tepung kaolin 60% dan pasir 40%.

**Tabel 1.** Metode pengujian sifat fisik tanah dan sifat mekanis tanah

No	Jenis Pengujian	Kode SNI
1	Berat Jenis Tanah	03-1964-1990
2	Batas Plastis Tanah	03-1966-1990
3	Kepadatan Tanah Maksimum dengan Kadar Air Optimum	03-2832-1992
4	Uji Triaxial	03-4813-1998

### Model Tes

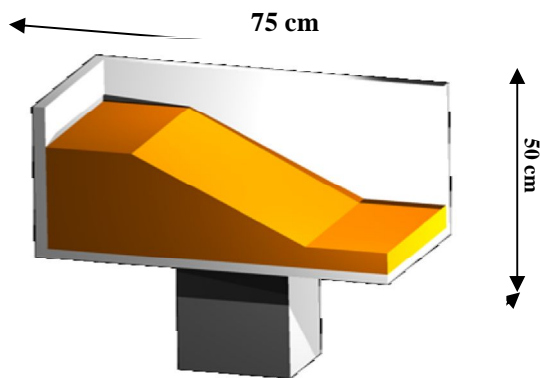
Langkah-langkah percobaan pada model test yaitu:

1. Mempersiapkan tanah dalam keadaan plastis dan OMC
2. Memasukkan per bagian tanah ke dalam bak kemudian diratakan dengan *rolling pin* sebanyak 3 lapis.
3. Membuat kemiringan lereng dengan sudut yang telah ditentukan.
4. Memasang sensor pengukur frekuensi pada tanah model.
5. Memberi getaran pada model dengan menggunakan vibrator pada frekuensi yang telah di tentukan.
6. Melakukan pengamatan terhadap model test
7. Pengamatan dilakukan sampai model test mulai terjadi longsor.

### Alat dan Sensor Getar

Uji getar pada penelitian ini menggunakan shive shaker yang memiliki skala dari 1 sampai 8, sehingga getarannya

dapat diubah dan disesuaikan dengan kebutuhan. Percepatan getarnya diatur seragam sehingga perambatan gelombang di lapangan dapat disimulasikan dengan baik. Kotak uji coba yang digunakan merupakan kotak kayu dilengkapi dengan kaca pada 2 sisinya untuk melihat bentuk dan posisi lereng. Berikut adalah model penempatan dan ukuran kotak uji dan lereng :



**Gambar 1.** Model penempatan dan ukuran kotak uji dan lereng

Sensor yang digunakan merupakan sensor getar yang menghasilkan getaran sinusoidal. Sensor ini memiliki sensitivitas sebesar 800 mV/g dengan percepatan pada skala 4 yaitu  $2,573 \text{ m/s}^2$  untuk arah X dan  $2,573 \text{ m/s}^2$  untuk arah Z.

Hasil Uji Dasar Tanah adalah sbb:

1.  $G_s$  : 2.49
2. PL : 26%
3. W (OMC) : 20%
4.  $C$  :  $13 \text{ kN/m}^2$ ;  $\phi = 2.4^\circ$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari percobaan laboratorium diperoleh sudut kritis dari lereng untuk kondisi dengan getaran dengan kadar air OMC dan batas plastis. Berdasarkan data tanah dan sudut kritis lereng dibuat verifikasi dengan program dengan ukuran 100X model laboratorium.

### Hasil Perhitungan Program

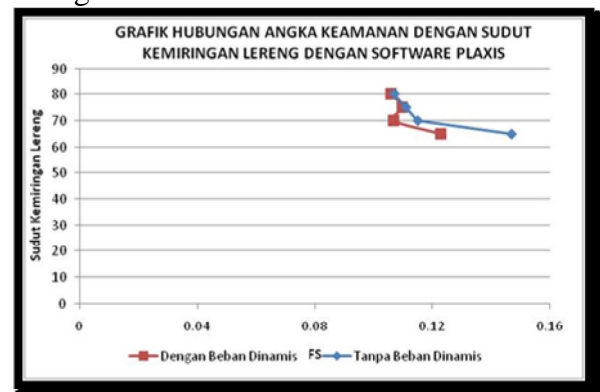
**Tabel 2.** Perhitungan Plaxis pada kondisi OMC

Sudut Kemiringan Lereng	Angka Keamanan Tanpa Beban Dinamis	Angka Keamanan dengan Beban Dinamis
60	0,147	0,145
70	0,115	0,107
75	0,111	0,11
80	0,107	0,106

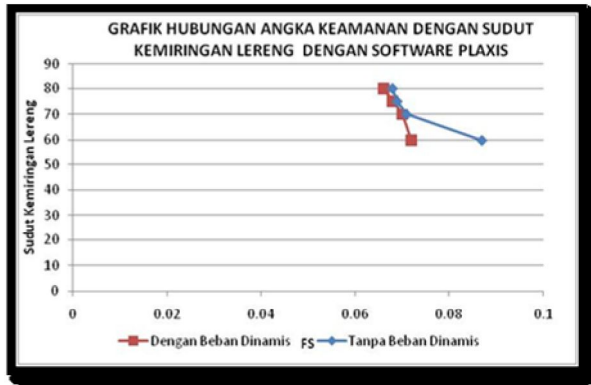
**Tabel 3.** Perhitungan Plaxis pada kondisi Plastis

Sudut Kemiringan Lereng	Angka Keamanan Tanpa Beban Dinamis	Angka Keamanan dengan Beban Dinamis
65	0,087	0,072
70	0,071	0,070
75	0,069	0,068
80	0,068	0,066

Nilai – nilai angka keamanan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3** didapat dengan cara memasukkan nilai kohesi, sudut geser tanah, density yang berasal dari penelitian tetapi pola bidang longsor yang digunakan adalah bidang longsor teoritis. Dari perhitungan faktor keamanan pada kondisi OMC lebih besar dari faktor keamanan pada kondisi plastis. Angka keamanan pada saat tidak diberikan beban dinamis besar dibandingkan angka keamanan pada saat diberikan beban dinamis. Dapat dikatakan bahwa kadar air dan getaran akan berpengaruh pada tingkat stabilitas lereng tersebut.



**Gambar 2.** Grafik hubungan angka keamanan dengan sudut kemiringan lereng kondisi OMC dari perhitungan Plaxis



**Gambar 3.** Grafik hubungan angka keamanan dengan sudut kemiringan lereng kondisi Plastis dari perhitungan Plaxis

Dari gambar di atas terlihat bahwa angka keamanan semakin menurun seiring dengan bertambahnya sudut kemiringan lereng. Selain itu angka keamanan menjadi semakin turun akibat adanya beban dinamis pada lereng. Kadar air juga berpengaruh terhadap angka keamanan. Pada keadaan kadar air optimum, angka keamanan lebih besar daripada keadaan kadar air pada kondisi plastis.

#### Perhitungan dengan Metode Irisan

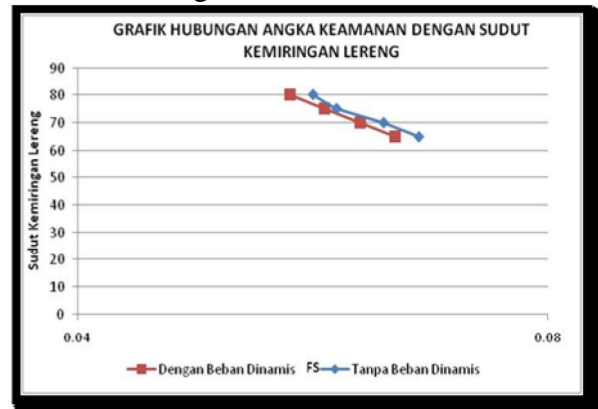
**Tabel 4.** Perhitungan metode irisan pada kondisi OMC

Sudut Kemiringan Lereng	R (cm)	Angka Keamanan Tanpa Beban Dinamis	Angka Keamanan dengan Beban Dinamis
60	0,4674	0,089	0,082
70	30,134	0,087	0,079
75	54,532	0,080	0,078
80	85,629	0,076	0,074

**Tabel 5.** Perhitungan metode irisan pada kondisi Plastis

Sudut Kemiringan Lereng	R (cm)	Angka Keamanan Tanpa Beban Dinamis	Angka Keamanan dengan Beban Dinamis
65	44,811	0,069	0,067
70	56,554	0,066	0,064
75	75,22	0,062	0,061
80	92,393	0,060	0,058

Nilai – nilai angka keamanan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5** didapat dengan cara memasukkan nilai kohesi, sudut geser tanah, density yang berasal dari penelitian tetapi pola bidang longsor yang digunakan adalah bidang longsor yang terjadi pada saat penelitian. Dari perhitungan faktor keamanan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5** dapat dilihat bahwa tingkat stabilitas lereng menurun berbanding terbalik dengan peningkatan sudut kemiringan lereng. Angka keamanan pada saat tidak diberikan beban dinamis besar dibandingkan angka keamanan pada saat diberikan beban dinamis. Sehingga dapat dikatakan bahwa getaran akan berpengaruh pada tingkat stabilitas lereng tersebut.



**Gambar 4.** Grafik hubungan angka keamanan dengan sudut kemiringan lereng kondisi OMC dari perhitungan metode irisan



**Gambar 5.** Grafik hubungan angka keamanan dengan sudut kemiringan lereng kondisi Plastis dari perhitungan metode irisan

Dari gambar di atas terlihat bahwa angka keamanan semakin menurun seiring dengan bertambahnya sudut kemiringan lereng, selain itu angka keamanan menjadi semakin turun akibat adanya beban dinamis pada lereng. Kadar air juga berpengaruh terhadap angka keamanan. Pada keadaan kadar air optimum, angka keamanan lebih besar daripada keadaan kadar air pada kondisi plastis.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Kadar air berpengaruh pada perubahan stabilitas lereng dimana semakin besar kadar airnya maka angka keamanannya semakin rendah. Sehingga untuk menjadi aman sudut lereng kritisnya harus lebih kecil (lereng lebih landai)
2. Pengaruh beban dinamis ditunjukkan dengan semakin tidak amannya lereng dengan kemiringan yang sama tanpa beban dinamis.
3. Semakin besar sudut kemiringan lereng, angka keamanan semakin kecil.
4. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam analisa stabilitas lereng dengan menggunakan teori kesetimbangan batas dan menggunakan Program FEM

### Saran

Masalah skala untuk verifikasi harus diperhatikan karena mempengaruhi hasil perhitungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1991. *Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Cetakan ke dua. Alih Bahasa Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc, Ph.D; Ir. Indrasurya B Mochtar M.Sc, Ph.D. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Das, Braja M. 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 2. Alih Bahasa Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc, Ph.D; Ir. Indrasurya B Mochtar M.Sc, Ph.D. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hardiyatmo, Harry C. *Mekanika Tanah 1*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Harry C. *Mekanika Tanah II*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

J. Bojorque, G. De Roeck. *Determination of The Critical Seismic Acceleration Coefficient in Slope Stability Analysis Using Finite Element Methods*, Belgium

<http://sirrma.bppt.go.id/home/rapid-assessment/>.

Longsor Cibinong (diakses tanggal 14 November 2010)

<http://sirrma.bppt.go.id/home/rapid-assessment/>.

Longsor Karanganyar (diakses tanggal 14 November 2010)

Nelson, Stephen A. 2004. *Slope Stability, Triggering Events, Mass Wasting Events*. Tulane University

S. Basu. 2005. *Seismic Slope Stability Analysis By Method of Vertical Slices*, India