

# Analisis Stabilitas Lereng Tanah Berbutir Kasar dengan Uji Model Fisik

**DIANA DESTRI SARTIKA, YUKI ACHMAD YAKIN**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
e-mail: dianadestri@gmail.com

## ABSTRAK

*Permasalahan mengenai kelongsoran sering dijumpai dalam rekayasa teknik sipil, masalah kelongsoran biasa dijumpai pada tanah lunak namun pada kenyataannya tanah pasir mempunyai potensi mengalami kelongsoran. Hal ini dikarenakan karakteristik dari tanah pasir yang memiliki pori besar dan menyebabkan tekstur tanah menjadi lepas. Berdasarkan hal tadi mengakibatkan stabilitas tanah menjadi buruk. Stabilitas tanah yang buruk menyebabkan mudahnya terjadi kelongsoran hal ini dikarenakan rendahnya kuat geser tanah. Oleh karena itu, untuk mengetahui kestabilan lereng maka dibuatlah pemodelan pada kasus ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tingkat kepadatan tanah dan kelandaian lereng terhadap kestabilan lereng. Metode yang digunakan pada analisis stabilitas lereng ini adalah menggunakan limit equilibrium method dan finite elemen method. Hasil nilai keamanan dari kedua metode tersebut dibandingkan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan nilai keamanan dari kedua metode tersebut.*

**Kata kunci:** *stabilitas lereng, kuat geser, model fisik*

## ABSTRACT

*Problems about sliding were frequently found in civil engineering, sliding usually found on soft soil but also could occur on sand soil. This problem occurred because of the characteristic of sand which has large void and caused the soil texture loose. That problem caused the stability become worst. Poor stability of soil make sliding could happen easier because the shear strength is poor. Therefore, the modelling was made to find the slope stability in this case. The purpose of this study is to find the effect of soil density and the sloping on slope stability. Methods used in this analysis were limit equilibrium method and finite element method. The safety factor from both methods then compared to find how big the difference of safety factor from both methods.*

**Keywords:** *slope stability, shear strength, physical models*

## 1. PENDAHULUAN

Tanah berbutir kasar merupakan tanah tidak berkohesi, tanah berbutir kasar yang digunakan pada pengujian ini adalah jenis pasir. Tanah pasir dicirikan dengan adanya ruang pori besar diantara butir-butirnya. Kondisi ini menyebabkan tanah menjadi bertekstur lepas dan gembur. Karakteristik tersebut membuat kestabilan tanah menjadi tidak baik. Satabilitas tanah yang buruk dapat menyebabkan kelongsoran, kelongsoran dapat terjadi dikarenakan kuat geser pasir yang rendah.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan uji model fisik. Selain itu pada percobaan ini juga digunakan tiga tingkat kepadatan tanah yang berbeda. Tingkat kepadatan ini adalah *very loose*, *very loose to loose* dan *loose*.

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui stabilitas lereng tanah berbutir kasar dengan tingkat kepadatan tanah yang berbeda dan pemberian beban secara bertahap.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Tanah Berbutir Kasar

Tanah berbutir kasar adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa pasir (*sand*) dan kerikil (*gravel*). Pasir halus merupakan pengecualian, karena sifat mekaniknya merupakan sifat transisi antara tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Sifat mekanik tanah berbutir kasar ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

a. Kepadatan, Ketahanan Geser Dan Kompresibilitas Tanah

Kepadatan ketahanan geser dan kompresibilitas tanah berbutir kasar sangat berhubungan erat dengan kepadatan butir-butir penyusunnya, yang dideskripsi sebagai lepas (*loose*), menengah (*medium, firm*), dan padat (*compact, dense*).

b. Ukuran butir dan distribusi besar butir

Dilihat dari pengaruh gaya geser butiran tanahnya, tanah berbutir halus lebih mudah menggelinding dibanding dengan tanah berbutir kasar, hal ini diakibatkan karena butiran tanah yang lebih kasar lebih kuat untuk saling mengikat.

### 2.2 Tanah Pasir

Tanah pasir merupakan tanah yang terbentuk dari batuan beku serta batuan sedimen yang memiliki butir kasar. Kapasitas serap air pada tanah pasir sangat rendah, hal ini disebabkan karena sebagian besar tanah pasir memiliki partikel tanah berukuran besar.

Berdasarkan ukuran butirannya tanah pasir memiliki ukuran yang berbeda sesuai dengan standar yang digunakan. Berdasarkan standar AASHTO, jenis tanah yang digolongkan pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm), sedangkan menurut standar USCS jenis tanah yang digolongkan pasir adalah tanah di mana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200 (0,075 mm). Pasir merupakan jenis tanah *non-cohesive*, yang mana mempunyai sifat lepas (*loose*) antara butiran-butirannya.

Tanah pasir bertekstur kasar, dicirikan adanya ruang pori besar diantara butir-butirnya. Kondisi ini menyebabkan tanah menjadi bertekstur lepas dan gembur. Melihat dari ciri-ciri tanah pasir tersebut dapat dengan mudah dijelaskan bahwa tanah pasir memiliki kemampuan mengikat air yang sangat rendah.

Tanah pasir memiliki nilai modulus elastisitas ( $E$ ) dan sudut geser ( $\phi$ ) seperti pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

**Tabel 1. Parameter Elastisitas Tanah**

Type of Soil	Young's Modulus, $E_s$		Poisson's Ratio
	MN/m <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	
Loose Sand	10,35-24,15	1.500-3.500	0,2-0,4
Medium	17,25-27,60	2.500-4.000	0,25-0,4
Dense Sand	34,50-55,20	5.000-8.000	0,3-0,45
Silty Sand	10,35-17,25	1.500-2.500	0,2-0,4
Sand and Gravel	69,00-172,50	10.000-25.000	0,15-0,35
Soft Clay	2,07-5,18	300-750	
Medium Clay	5,18-10,35	750-1500	0,2-0,5
Stiff Clay	10,35-24,15	1.500-3.500	

(Sumber: Meyerhoff, 1956)

**Tabel 2. Nilai Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )**

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam, $\phi$ (°)
Kerikil Kepasiran	35-40
Kerikil Kerakal	35-40
Pasir Padar	35-40
Pasir Lepas	30
Lempung Kelanauan	25-30
Lempung Kelanauan	20-25

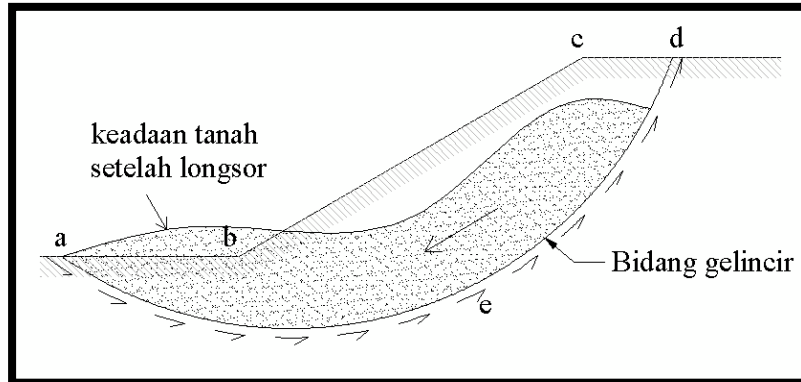
(Sumber: Das, B.M., 1994)

## 2.3 Stabilitas Lereng

### 2.3.1 Umum

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng dapat dibedakan menjadi dua, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami adalah lereng yang terbentuk sendiri oleh alam atau lingkungan, sedangkan lereng buatan adalah lereng yang dibuat oleh manusia yang dapat berupa pemotongan tebing atau pembangunan lereng.

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal, karena tidak datarnya permukaan serta karena faktor berat sendiri dari tanah dan gaya gravitasi. Jika komponen gaya berat yang terjadi cukup besar, dapat mengakibatkan longsor pada lereng tersebut. Kondisi ini dapat dicegah gaya dorong (*driving force*) tidak melampaui gaya perlawanan yang bersal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Kelongsoran lereng**  
(Sumber: Das, B.M., 1994)

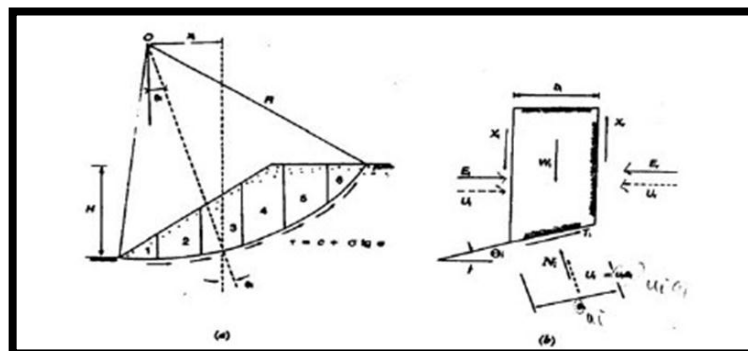
Proses menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan longsor yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan dinamakan dengan Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*).

### 2.3.2 Metoda dalam analisis stabilitas lereng

Menurut Hidayah, S., (2007) metode yang umum digunakan dalam analisis stabilitas lereng adalah metode irisan (*method of slices*). Metode ini dapat digunakan untuk berbagai kondisi yaitu:

- Jenis tanah ( $\phi - c$ ).
- Tanah berlapis.
- Bendungan yang terdiri dari beberapa jenis bahan.
- Ada rembesan air dalam tanah.
- Tanpa atau adanya pengaruh gempa.

Pada metode irisan, kelongsoran diasumsikan berbentuk busur lingkaran dan analisis penentuan faktor keamanan yang paling kritis dilakukan secara coba-coba (*trial and error*) untuk berbagai lingkaran dengan titik pusat dan jari jari.



**Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan**  
(Sumber: Craig, R.F., 1991)

Untuk irisan yang berada disebelah kiri dari titik O (atau disebelah yang membantu melongsorkan), sudut  $\alpha$  diberi tanda negatif. Dalam metode irisan dapat digunakan metode *Fellenius*.

#### a. Metode *Fellenius*

Cara ini dapat dipakai pada lereng-lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri atas beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur

di dasar elemen dapat dianggap garis lurus. Persamaan 1 menjelaskan tentang mencari nilai faktor keamanan lereng (sumber: Das, B.M., 1994).

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c + \mu_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \varphi_i}$$

... (1)

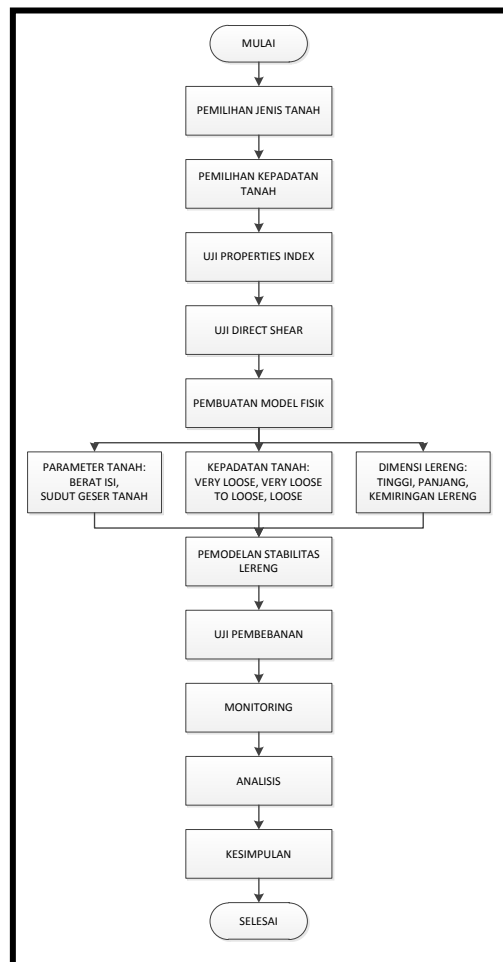
dimana:

- $F$  = faktor aman,
- $c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ ),
- $\varphi$  = sudut geser dalam tanah ( $^\circ$ ),
- $a_i$  = lengkung irisan ke-i (m),
- $w_i$  = berat irisan tanah ke-i (kN),
- $\mu_i$  = tekanan air pori ke-i (kN),
- $\varphi_i$  = sudut antara jari-jari lengkung dengan garis kerja massa tanah.

### 3. ANALISIS DATA

#### 3.1 Bagan Alir

Keseluruhan proses penelitian dari awal sampai dengan mendapatkan hasil penelitian yang direncanakan ditunjukkan bagan alir pada **Gambar 3**.



**Gambar 3. Bagan alir analisis stabilitas lereng dengan uji model fisik**

### **3.2 Pemilihan Kepadatan Tanah Pasir**

Tahapan ini merupakan penentuan tingkat kepadatan tanah pasir yang akan diuji dengan model fisik. Pemilihan ini berdasarkan ketersediaan bahan baku dan sifat tanah yang memenuhi spesifikasi kepadatan yang diinginkan.

### **3.3 Uji Sifat Fisis di Laboratorium**

Pada tahap ini yaitu proses pengujian sampel tanah yang akan digunakan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, dan *direct shear*. Harga sudut geser ( $\varphi$ ) akan diperoleh dari hasil uji *direct shear* dan akan digunakan dalam proses pembuatan model fisik. Tahapan pengujian akan dijelaskan sebagai berikut:

#### **3.3.1 Tahapan Persiapan Material**

Tanah yang akan digunakan adalah tanah pasir, oleh karena itu sebelum pengujian dilakukan maka diperlukan uji analisa saringan untuk mendapatkan jenis tanah yang kita inginkan. Tujuan dari analisa saringan adalah menentukan distribusi butiran suatu contoh tanah. Proses uji analisa saringan ini dilakukan berdasarkan standar ASTM D 421.

#### **3.3.2 Tahapan Pengujian *Index Properties Test***

Pada tahapan pengujian *index properties test* ini meliputi, pengujian kadar air, berat jenis, dan berat isi. Untuk pengujian kadar air ini dilakukan berdasarkan standar ASTM D 2216, untuk pengujian berat jenis dilakukan berdasarkan standar ASTM D 854, dan untuk pengujian berat isi dilakukan berdasarkan standar ASTM D 2937.

#### **3.3.3 Tahapan Uji Geser Langsung (*Direct Shear*)**

Pada proses pembuatan lereng diperlukan tiga jenis tingkat kepadatan tanah yang berbeda, yakni *very loose*, *very loose to loose*, *loose*. Untuk mendapatkan tiga tingkat kepadatan tersebut maka dibutuhkan pengujian uji geser langsung (*Direct Shear*). Pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM D-3080.

### **3.4 Pembuatan Model Fisik**

Tahap pembuatan model fisik ini yaitu tahapan pelaksanaan dari pembuatan model lereng dengan mengikuti acuan dari perencanaan yang sudah dibuat, seperti persiapan tanah pasir yang sudah dipadatkan dengan berbagai jenis tingkat kepadatan, lalu pembuatan lereng dengan tingkat kemiringan lereng landai yakni 1V : 2H . Untuk pembuatan model lereng akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Lakukan pembuatan garis bantu pada bagian akrilik depan dan samping kiri akrilik.
2. Lalu masukan pasir ke dalam bak uji. Jumlah pasir yang dimasukkan ke dalam bak uji yakni berdasarkan kalibrasi dari nilai berat isi tanah yang sudah didapat pada saat proses pengujian *direct shear*.
3. Masukan pasir berlapis dan padatkan pasir secara manual.
4. Setelah didapatkan model yang sesuai direncanakan maka lereng siap untuk dilakukan pembebanan.
5. Setelah dilakukan pembebanan maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengamatan. Pengamatan dilakukan dengan meninjau titik per titik tinjau yang sebelumnya telah dibuat. Lalu lakukan pencatatan seberapa besar penurunan yang terjadi.

### 3.5 Uji Model Fisi

Pada tahap ini, model fisik berupa lereng telah siap untuk dilakukan uji pembebanan dengan beban yang diberikan adalah beban bertahap. Untuk fase pembebanan perlu ada beberapa hal yang dipersiapkan yakni disiapkan beban yang terbuat dari beton berbentuk kubus dengan dimensi 15cmx15cmx15cm. Perletakan beban dilakukan diatas lereng dan ditambahkan secara bertahap. Setelah pembebanan dilakukan maka tahapan selanjutnya adalah dilihat penurunannya per titik. Pada uji model fisik ini akan diperoleh data-data berupa nilai penurunan lereng yang dapat dilihat dari bak pengujian. Setelah didapatkan data penurunan maka tahapan selanjutnya adalah mengolah data tersebut agar didapatkan bentuk keruntuhannya, setelah didapatkan bentuk keruntuhan maka kita dapat menganalisis kestabilan lereng.

### 3.6 Analisis Data Untuk Stabilitas Lereng

Parameter yang digunakan pada percobaan ini merupakan hasil percobaan di laboratorium, berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam percobaan:

#### a. Parameter *Very Loose*

Kadar air ( $w$ )	= 11,9 %
Berat Isi Tanah Pasir ( $\gamma$ )	= 1,236 gr/cm <sup>3</sup> = 12,36 kN/m <sup>3</sup>
Berat Jenis Tanah Pasir ( $G_s$ )	= 2,67 gr/cm <sup>3</sup>
Kuat geser tanah ( $\phi$ )	= 26,5 °

#### b. Parameter *Very Loose To Loose*

Kadar air ( $w$ )	= 11,9 %
Berat Isi Tanah Pasir ( $\gamma$ )	= 1,413 gr/cm <sup>3</sup> = 14,13 kN/m <sup>3</sup>
Berat Jenis Tanah Pasir ( $G_s$ )	= 2,67 gr/cm <sup>3</sup>
Kuat geser tanah ( $\phi$ )	= 29 °

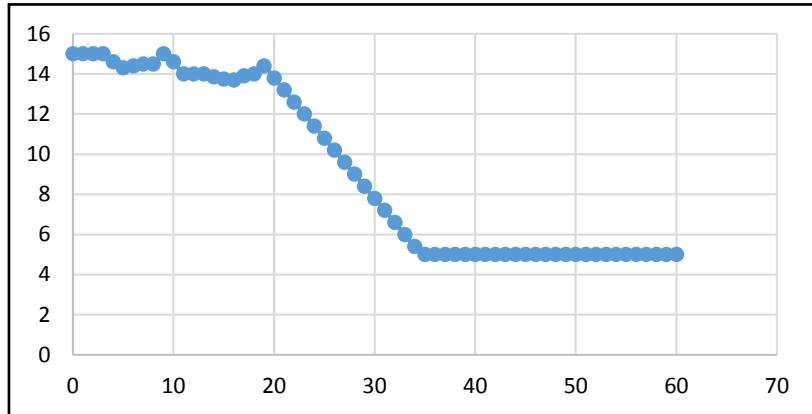
#### c. Parameter *Loose*

Kadar air ( $w$ )	= 11,9 %
Berat Isi Tanah Pasir ( $\gamma$ )	= 1,475 gr/cm <sup>3</sup> = 14,75 kN/m <sup>3</sup>
Berat Jenis Tanah Pasir ( $G_s$ )	= 2,67 gr/cm <sup>3</sup>
Kuat geser tanah ( $\phi$ )	= 32 °

### 3.7 Penurunan Lereng Untuk *Very Loose*, *Very Loose To Loose*, dan *Loose*

Pada pemodelan lereng digunakan pasir sebanyak 72306 gr untuk *very loose*, 82661 gr untuk *very loose to loose*, dan 86288 gr untuk *loose* yang merupakan hasil kalibrasi dari berat isi tanah. Setelah tahap pemodelan lereng selesai maka tahapan selanjutnya adalah tahap pembebanan untuk tahapan pembebanan, pembebanan dilakukan secara bertahap yakni beban pertama sebesar 3,123 kN /m<sup>3</sup>, 6,414 kN /m<sup>3</sup>, dan 9,523 kN /m<sup>3</sup>. Setelah melalui tahap pembebanan maka tahapan selanjutnya adalah tahapan pengamatan, pengamatan yang dilakukan adalah melihat besar penurunan yang terjadi yang diamati per titik tinjau yang sudah dibuat sebelumnya. Data penurunan ini selanjutnya diolah agar dapat terlihat pola keruntuhannya. Pola keruntuhan ini yang nanti akan dianalisis untuk didapatkan nilai *safety factor*. Sebagai kasus yang akan dibahas dalam analisis data ini adalah pada tingkat kepadatan *very loose sand*.

Setelah didapatkan pola keruntuhan maka tahapan selanjutnya adalah menghitung nilai *safety factor* menggunakan *limit equilibrium method* dan *finite element method*. Tidak hanya menghitung nilai *safety factor* pada kasus ini juga dilihat berapa besar penurunan yang terjadi di bagian kritis lereng berdasarkan pengamatan fisik di laboratorium.

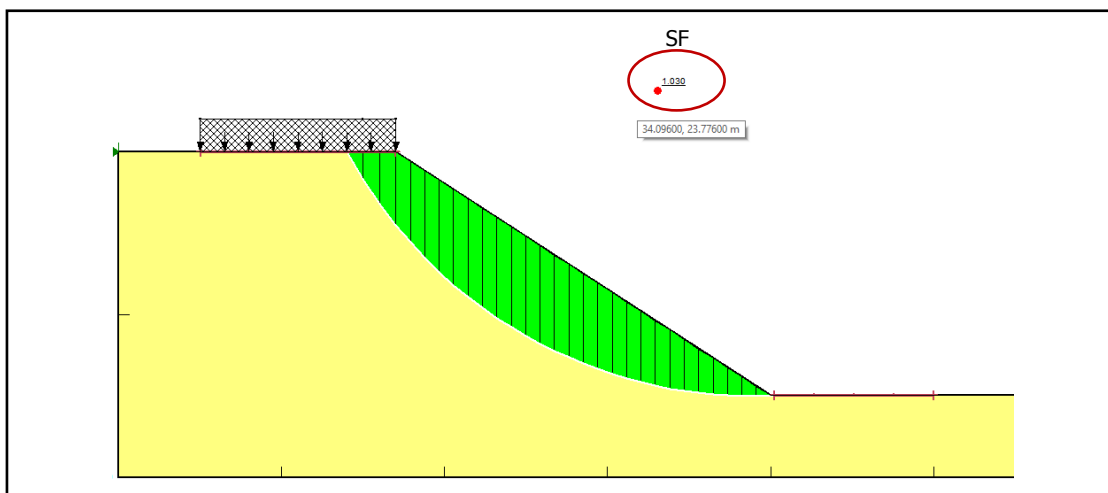


**Gambar 4. Pola keruntuhan untuk *very loose sand***

**Tabel 3. Penurunan Pada *Very Loose Sand***

Beban (kN/m <sup>2</sup> )	Penurunan (cm)
3,213	0,8
6,414	1
9,525	1,5

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di laboratorium dengan melihat model yang telah dibuat sebelumnya, maka didapat pola keruntuhan berdasarkan data penurunan yang terjadi, data penurunan ini dilihat dari titik tinjauan yang dijadikan acuan. Untuk pengamatan penurunan dilihat dari titik kritis terjadinya penurunan. Maka berdasarkan data penurunan yang terjadi dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang ditambahkan pada model lereng maka nilai penurunan semakin besar. Tidak hanya penurunan nilai faktor keamanan juga turut dianalisis. Nilai faktor keamanan dianalisis menggunakan dua metode, yakni *limit equilibrium method* dan *finite element method*. Untuk *limit equilibrium method* dapat dilihat bidang gelincir pada **Gambar 5** dan nilai faktor keamanan pada **Tabel 4**.



**Gambar 5. Bidang gelincir pada pembebanan 9,525 kN/m<sup>2</sup>**



**Tabel 4. Nilai Faktor Keamanan Lereng Berdasarkan *Limit Equilibrium Method***

Beban (kN/m <sup>2</sup> )	Nilai Faktor Keamanan
3,213	1,055
6,414	1,042
9,525	1,033

Berdasarkan data tabel diatas untuk tanah pasir dengan tingkat kepadatan *Very Loose* didapat nilai *safety factor* sebesar 1,033. Nilai *safety factor* yang didapat pada tanah dengan tingkat kepadatan tanah *Very loose* ini cukup kecil. Hal ini menyebabkan kondisi lereng berada pada kondisi tidak aman. Hal ini diambil berdasarkan prosedur mengenai faktor keamanan dari sebuah lereng yang tertera pada **Tabel 5**.

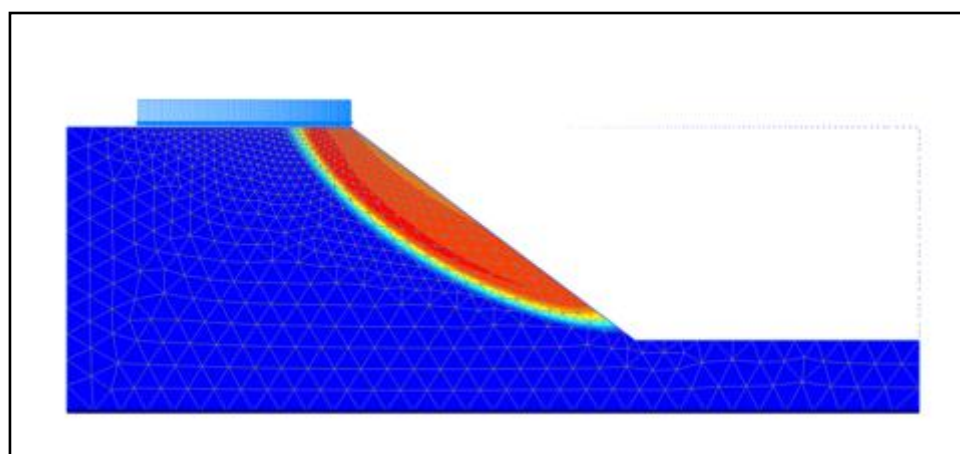
**Tabel 5. Faktor Keamanan Lereng**

Faktor Keamanan	Kejadian
$F < 1,07$	Lereng dalam kondisi tidak aman
$1,07 < F \leq 1,25$	Lereng dalam kondisi kritis
$F > 1,25$	Lereng dalam kondisi aman

**(Sumber : Bowles, Joseph E., 1997)**

Nilai *safety factor* yang terbilang kecil ini disebabkan oleh tingkat kepadatan tanah pasir yang bersifat renggang atau *loose*. Pada kondisi *loose*, ikatan antar butiran tanah menjadi renggang hal ini menciptakan pori yang terjadi cukup besar. Karena pori yang terjadi cukup besar maka tanah pasir akan mudah labil dan mengalami keruntuhan. Dengan nilai *safety factor* yang kecil ini maka diperlukan perbaikan tanah untuk meningkatkan nilai *safety factor* dari lereng itu sendiri.

Tidak hanya menggunakan *limit equilibrium method* namun pada kasus ini juga dilakukan verifikasi menggunakan *finite element method* menggunakan software PLAXIS 2D. Bidang gelincir dan nilai faktor keamanan lereng dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Gambar 6**.



**Gambar 6. Bidang gelincir pada pembebanan 9,525 kN/m<sup>2</sup>**

**Tabel 7. Nilai Faktor Keamanan Lereng Berdasarkan *Finite Element Method***

Beban (kN/m <sup>2</sup> )	Nilai Faktor Keamanan
3,213	1,01
6,414	1,00
9,525	0,99

Berdasarkan data tabel diatas untuk tanah pasir dengan tingkat kepadatan *very loose* didapat nilai *safety factor* sebesar 1,01 untuk pembebanan tahap pertama, 1,00 untuk pembebanan tahap kedua, dan 0,99 untuk pembebanan tahap ketiga. Nilai *safety factor* yang didapat pada tanah dengan tingkat kepadatan tanah *very loose* menggunakan metode *finite element method* ini cukup berbeda dengan apa yang dilakukan menggunakan *limit equilibrium method*. Jika dilihat maka kondisi lereng ini berada pada kondisi tidak aman. Hal ini diambil berdasarkan prosedur mengenai faktor keamanan dari sebuah lereng yang tertera pada **Tabel 8**.

**Tabel 8. Faktor Keamanan Lereng**

Faktor Keamanan	Kejadian
$F < 1,07$	Lereng dalam kondisi tidak aman
$1,07 < F \leq 1,25$	Lereng dalam kondisi kritis
$F > 1,25$	Lereng dalam kondisi aman

(Sumber : Bowles, Joseph E., 1997)

### 3.8 Perbandingan Nilai SF Hasil Analisa *Limit Equilibrium Method (LEM)* dan *Finite Element Method (FEM)*

**Tabel 9** memuat perbandingan hasil nilai keamanan dan penurunan yang didapat berdasarkan *limit equilibrium method* dan *finite element method* dengan kondisi tiga tingkat kepadatan tanah yang berbeda yaitu, *very loose*, *very loose to loose*, dan *loose* dapat dilihat pada **Tabel 9**.

**Tabel 9. Perbandingan Hasil SF Berdasarkan LEM dan FEM**

Beban (kN/m <sup>2</sup> )	Nilai SF (LEM)	Nilai SF (FEM)
3,213	1,033	0,999
6,414	1,129	1,04
9,525	1,250	1,13

Berdasarkan tabel perbandingan nilai *safety factor* yang didapat dari hasil analisa menggunakan *limit equilibrium method* dan *finite element* didapat nilai *safety factor* dimana semakin padat suatu tingkat kepadatan tanah maka nilai *safety factor* akan semakin besar namun dari segi nilai didapat hasil yang berbeda. Perbedaan nilai faktor keamanan diantara kedua metode mengakibatkan terjadi perbedaan kondisi lereng untuk tingkat kepadatan *very loose* dan *very loose to loose*, namun pada tingkat kepadatan *loose* didapat kondisi lereng yang sama yaitu kritis.

#### 4 KESIMPULAN

1. Semakin besar nilai kuat geser tanah ( $\varphi$ ) maka semakin padat kepadatan suatu tanah, semakin padat keadaan suatu tanah maka penurunan yang terjadi akan semakin kecil dan nilai *safety factor* akan semakin besar atau dalam kata lain keadaan lereng akan semakin stabil.
2. Pengaruh penambahan beban secara bertahap akan berpengaruh pada nilai penurunan dan *safety factor*. Semakin besar beban yang ditambahkan maka nilai penurunan akan semakin besar dan nilai *safety factor* akan semakin kecil.
3. Nilai *safety factor* yang kecil membuat kondisi lereng menjadi tidak aman dan membutuhkan perbaikan tanah.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Bowles, Joseph E. Alih Bahasa Oleh Silaban, Pantur. (1988). Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 (Edisi 4). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Craig, R. F. (1991). Mekanika Tanah, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1994). Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik), Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1994). Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik), Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Hidayah, Susi, Gratia dan Yohan. (2007). Program Analitis Stabilitas Lereng, Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.