

## PENGARUH DRAINASE HORIZONTAL PADA STABILITAS LERENG DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Togani Cahyadi Upomo<sup>1)</sup>, Rini Kusumawardani<sup>2)</sup>, Untoro Nugroho<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
email: togani.cahyadi@mail.unnes.ac.id

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
email: rini.kusumawardani@mail.unnes.ac.id

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
email: untoro.nugroho@mail.unnes.ac.id

### *Abstract*

*The horizontal drains have been commonly used for slope stabilization. The effects of the horizontal drain analyzed by finite element method and the slope stability is evaluated by the global safety factor using simplified bishop method. The conclusions are obtained : firstly, the horizontal drains can more effective for lower the water table and increase the safety factor; second, the length of horizontal drains influence of the safety factor. The longer of horizontal drain can increase the safety factor.*

**Keywords:** *safety factor, horizontal drain, slope stability*

## 1. PENDAHULUAN

Tanah longsor sering terjadi di Indonesia. Umumnya, tanah longsor terjadi pada musim hujan di wilayah perbukitan atau pegunungan, sehingga dapat dikatakan bahwa air merupakan pemicu utama dari terjadinya longsor.

Pada saat longsor, air akibat adanya hujan menyusup kedalam tanah melalui pori-pori tanah sehingga menyebabkan seluruh pori-pori tanah terisi air atau tanah dalam kondisi jenuh. Kuat geser tanah dalam kondisi jenuh ini akan berkurang karena naiknya tekanan air pori. Apabila kuat geser yang terjadi lebih besar dari kuat geser maksimum tanah maka akan terjadi kelongsoran.

Menurut Rahardjo, Ong, Rezaur, & Leong (2007), tanah homogen pada lereng yang mempunyai permeabilitas rendah akan lebih aman terhadap hujan dengan durasi yang pendek. Durasi hujan pada suatu wilayah akan berbeda-beda. Pada penelitian Kristo, Rahardjo, & Satyanaga (2017), kecenderungan durasi hujan di Singapura pada tahun 1985-2009 semakin meningkat. Hal ini akan menurunkan kestabilan lereng. Menurut Liu & Li (2015), variasi dan muka air tanah akan mempengaruhi stabilitas dari lereng. Berdasarkan para peneliti tersebut maka keberadaan air pada pori tanah lereng sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng.

Untuk menjaga stabilitas lereng akibat pengaruh dari tekanan air pori, maka diperlukan drainase dalam lereng. Pada artikel ini akan dilakukan simulasi metode elemen hingga untuk mengetahui pengaruh drainase horizontal pada lereng dengan terhadap stabilitas lereng. Untuk mengetahui stabilitas lereng digunakan metode keseimbangan batas dengan metode bishop yang disederhakan.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### 2.1. Persamaan Laplace

Untuk menyelesaikan analisa rembesan, digunakan persamaan penentu Laplace dua dimensi sebagai berikut :

$$\frac{\partial^2 h_t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h_t}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

dengan :

ht = total head (L)

x = koordinat x (L)

z = koordinat z (L)

Untuk menyelesaikan persamaan tersebut dapat menggunakan metode grafis, metode analitis, metode analog, ataupun model numeris.

### 2.3. Metode Bishop Yang Disederhanakan

Faktor keamanan dari lereng didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan geser yang menahan dengan tegangan yang menggerakkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (2)$$

Dengan :

$\tau$  = tahanan geser maksimum

$\tau_d$  = tahanan geser yang terjadi

F = Faktor keamanan

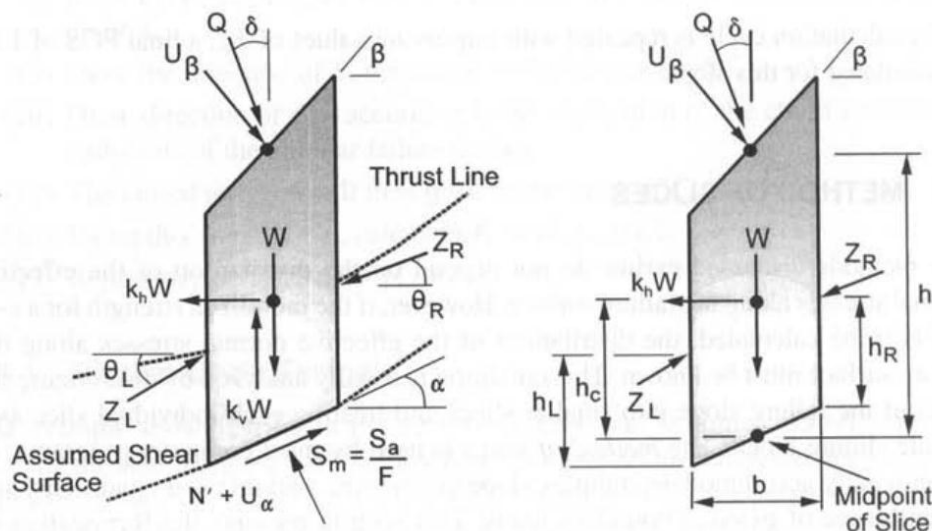
Pada metode bishop, perhitungan didasarkan pada keseimbangan gaya arah X dan keseimbangan momen. Metode Bishop ini hanya bisa digunakan untuk bidang longsor melingkar. Untuk perhitungan pada metode Bishop, lereng akan dibagi menjadi pias-pias dimana masing-masing pias diperhitungkan. Gambar 1 menunjukkan skema gaya yang terjadi.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (c + N' \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n A_5 - \sum_{i=1}^n A_6 + \sum_{i=1}^n A_7} \quad (3)$$

$$A_5 = (W(1 - k_v) + U_\beta \cos \beta + Q \cos \delta) \sin \alpha \quad (4)$$

$$A_6 = (U_\beta \sin \beta + Q \sin \delta) \left( \cos \alpha - \frac{h}{R} \right) \quad (5)$$

$$A_7 = k_h W \left( \cos \alpha - \frac{h_c}{R} \right) \quad (6)$$



Gambar 1. Gaya Pada Pias (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002)

F = faktor keamanan

$S_a$  = kuat geser tanah

$S_m$  = kekuatan yang termobilisasi

$U_\alpha$  = tekanan air pori

$Z_L$  = gaya antar pias pada sisi kiri

$Z_R$  = gaya antar pias pada sisi kanan

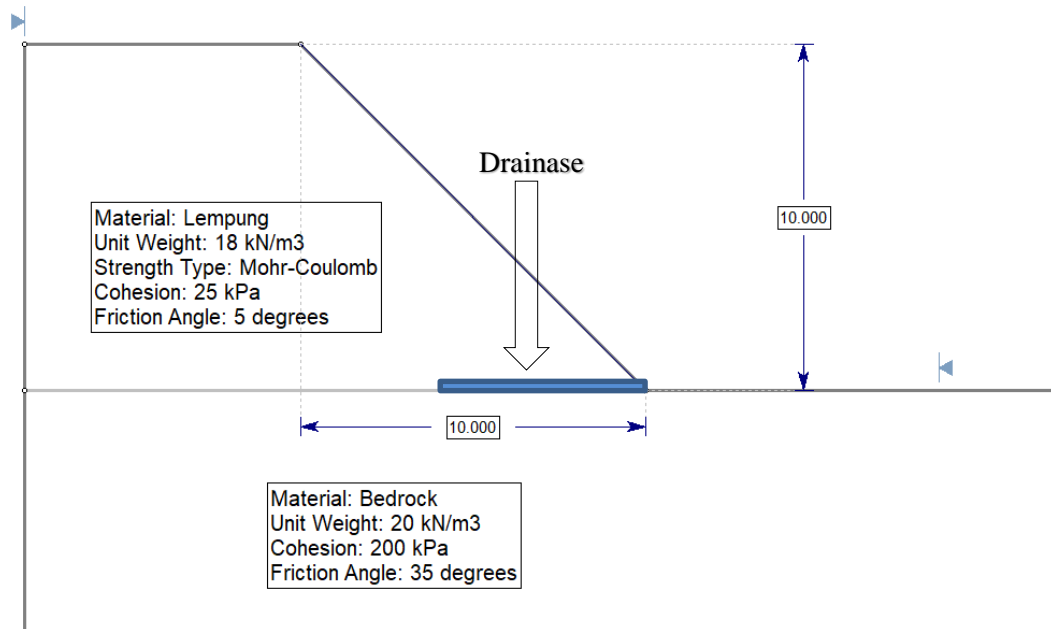
$\theta_L$  = sudut gaya pada sisi kiri pias

$\theta_R$  = sudut gaya pada sisi kanan pias

$U_{\beta}$	= tekanan air	$h_L$	= tinggi ke gaya $Z_L$
$W$	= berat masing-masing pias	$h_R$	= tinggi ke gaya $Z_R$
$N'$	= gaya normal efektif	$\alpha$	= kemiringan pada dasar pias
$Q$	= beban luar	$\beta$	= kemiringan pada puncak pias
$k_v$	= koefisien gempa vertikal	$\delta$	= sudut kemiringan beban luar
$k_h$	= koefisien gempa horizontal	$b$	= lebar pias
		$h$	= tinggi rata-rata pias
		$h_c$	= tinggi pada titik berat pias

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mensimulasikan drainase pada lereng dengan kemiringan  $V : H = 1 : 1$  dan tinggi lereng 10 m seperti pada gambar 2. Posisi muka air tanah dianggap konstan yaitu pada kedalaman 1 m. Drainase diletakkan pada kaki lereng, sedangkan panjang drainase akan disimulasikan. Parameter tanah dalam analisa dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 2. Model Lereng

Tabel 1. Parameter Tanah dalam Perhitungan

No	Parameter	Satuan	Nilai
<b>Tanah Lempung</b>			
1	Berat Isi Tanah	$kN/m^3$	18
2	Kohesi	$kN/m^2$	25
3	Sudut Geser	derajat	5
4	Permeabilitas	cm/detik	$1 \times 10^{-5}$
<b>Bedrock</b>			
1	Berat Isi Tanah	$kN/m^3$	20
2	Kohesi	$kN/m^2$	200
3	Sudut Geser	derajat	35
4	Permeabilitas	cm/detik	$1 \times 10^{-12}$

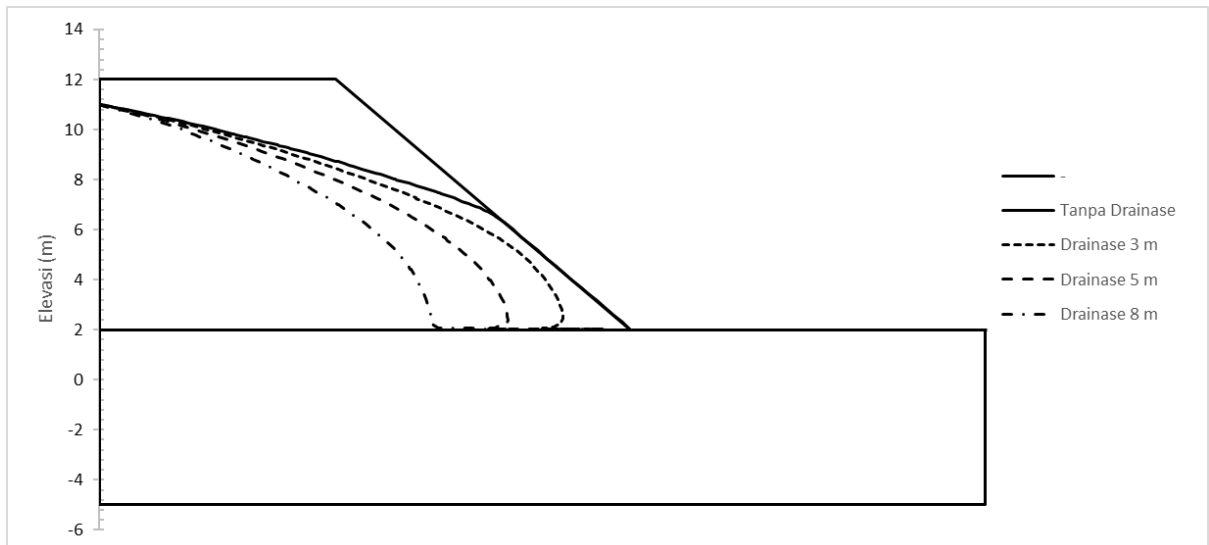
### 4. HASIL PENELITIAN

#### 4.1. Pola Aliran Garis Freatis

Garis freatis disimulasikan dengan perbedaan panjang drainase yang terletak pada kaki lereng. Hasil simulasi pada gambar 2 menunjukkan lereng dengan drainase 8 meter

mempunyai garis freatis yang paling rendah dibandingkan dengan tanpa drainase, drainase 3 m serta drainase 8 m. Penurunan cukup signifikan terjadi di dekat drainase.

Berkurangnya tinggi garis freatis ini akan berpengaruh terhadap tekanan air pori yang terjadi. Semakin rendah garis freatis maka tekanan air pori yang terjadi akan semakin kecil.



**Gambar 2.** Garis Freatis Pada Lereng

#### 4.2. Faktor Keamanan Lereng

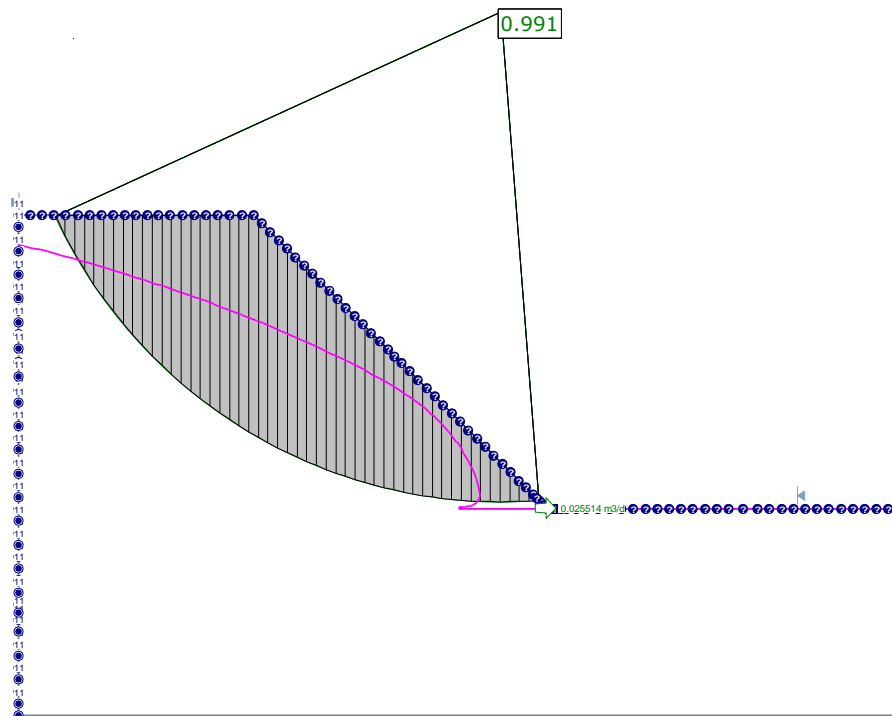
Analisa faktor keamanan menggunakan metode Bishop yang disederhakan. Selanjutnya dibuat menjadi pias-pias yang sama besar. Selanjutnya, pada masing-masing pias dihitung gaya-gaya yang terjadi.

Berdasarkan hasil perhitungan, lereng tanpa drainase mempunyai faktor keamanan sebesar 0.975. Faktor keamanan menunjukkan drainase dengan panjang 8 m mempunyai nilai faktor keamanan lebih tinggi yaitu sebesar 1.028. Sedangkan drainase dengan panjang 3 m dan 5 m mempunyai faktor keamanan sebesar 0.991 dan 1.008.

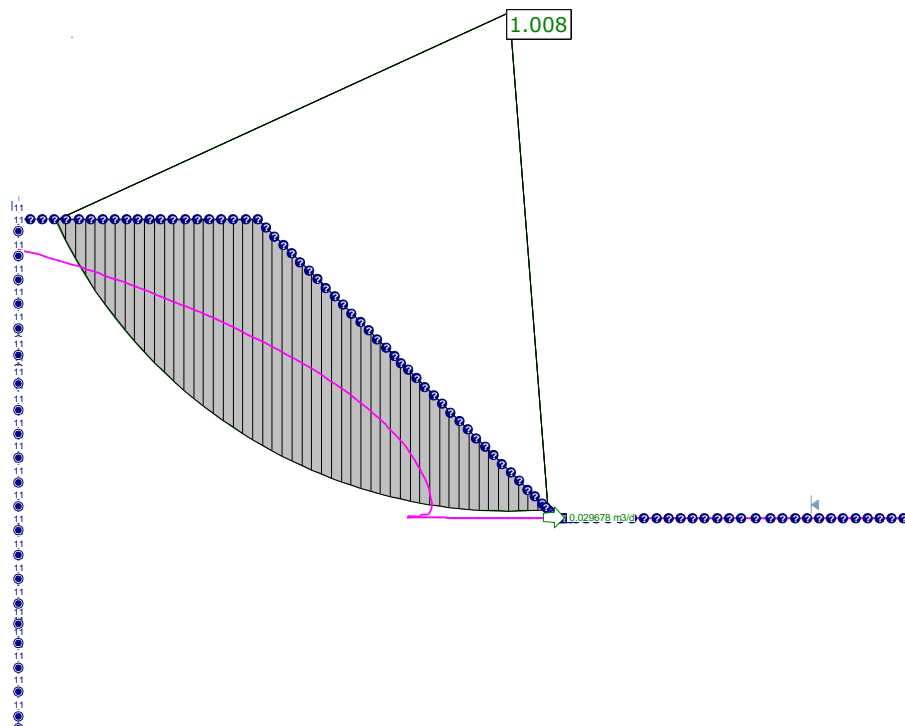
Hasil perhitungan tersebut menunjukkan kenaikan faktor keamanan tidak terlalu signifikan,



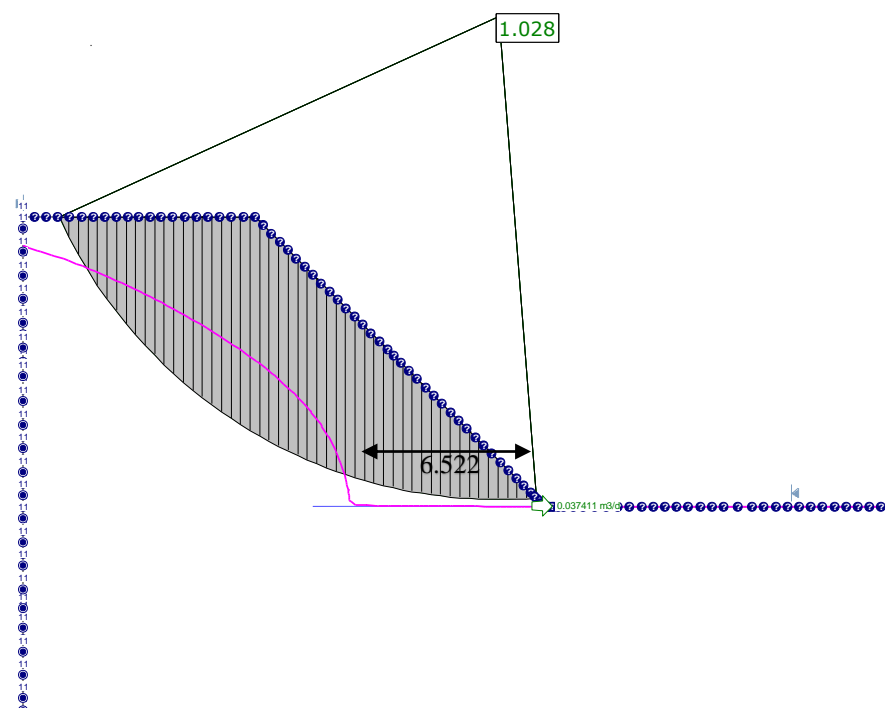
**Gambar 3.** Faktor Keamanan Lereng Tanpa Drainase (FK = 0.975)



**Gambar 4.** Faktor Keamanan Lereng dengan Panjang Drainase 3 m (FK = 0.991)



**Gambar 5.** Faktor Keamanan Drainase Panjang Drainase 5 m (FK = 1.008)



**Gambar 6.** Faktor Keamanan Drainase Panjang Drainase 5 m (FK = 1.028)

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, lereng homogen dengan tinggi 10 m dan kemiringan lereng  $V : H = 1 : 1$ , drainase pada lereng dengan panjang 8 m akan menambah faktor keamanan lereng yaitu dari 0.975 menjadi 1.028.

Hasil perhitungan menunjukkan perbedaan panjang drainase dapat mengubah pola aliran maupun garis freatisnya. Semakin panjang drainasinya maka, garis freatis akan menurun.

## 6. REFERENSI

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2002). *Slope Stability and Stabilization Method* (Second Edi). New York: John Wiley & Sons, INC.
- Liu, Q. Q., & Li, J. C. (2015). Effects of water seepage on the stability of soil-slopes. In *IUTAM Symposium on the Dynamics of Extreme Events Influenced by Climate Change (2013)* (pp. 29–39).
- Kristo, C., Rahardjo, H., & Satyanaga, Al. (2017). Effect of variations in rainfall intensity on slope stability in Singapore. *International Soil and Water Conservation Research*, 5, 258–264.
- Rahardjo, H., Ong, T. H., Rezaur, R. B., & Leong, E. C. (2007). Factors Controlling Instability of Homogeneous Soil Slopes under Rainfall. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133(12), 1532–1543.  
<https://doi.org/10.1061/ASCE1090-02412007133:121532>