

# STUDI PENENTUAN FAKTOR KEAMANAN STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN METODE FELLINIUS DAN BISHOP PADA DINDING PENAHAN BATU KALI DI JL. RAYA BEJI PUSKESMAS KOTA BATU

Jefrianus Mau<sup>\*</sup>), Nawir Rasidi<sup>\*\*</sup>), Ikrar Hanggara<sup>\*\*\*</sup>)

Program Studi Teknik sipil, Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

---

## Abstract

Longsor merupakan bencana yang sering terjadi di wilayah kota Batu, intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan kondisi lereng tidak stabil sehingga terjadinya longsor di wilayah Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor keamanan terkecil pada lereng tersebut.

Analisis kestabilan lereng ini dilakukan menggunakan metode Fellinius dan Bishop yang dalam proses analisisnya dilakukan menggunakan tabel perhitungan manual. Dari hasil analisis metode Fellinius menghasilkan  $FK = 0,41$ ,  $FK = 0,30$ ,  $FK = 0,34$  dan untuk hasil analisis metode Bishop menghasilkan  $FK = 0,34$ ,  $FK = 0,32$ ,  $FK = 0,09$  menunjukkan lereng di lokasi tersebut dalam keadaan yang rawan longsor dimana  $FK < 1,5$  kemudian dilakukan perbaikan menggunakan dinding penahan tipe gravitasi dan di analisis menggunakan metode Fellinius dan Bishop sehingga dapat di peroleh nilai faktor keamanan (FK) 3,2 untuk metode Fellinius dan 3,9 untuk metode Bishop yang menunjukkan kondisi lereng dalam keadaan stabil.

**Kata kunci:** *Kestabilan lereng, faktor keamanan, Fellinius, Bishop*

## Abstract

Landslides are frequent disasters in the region Batu, the intensity of heavy rainfall causing unstable slope conditions so that the occurrence of landslides in the area of Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu. The purpose of this study was to determine the safety factor of the smallest on the slope. Slope stability analysis is done using methods Fellinius and Bishop are in the process of the analyst performed using manual calculation table. From the analysis methods Fellinius produce  $FK = 0.41$ ,  $FK = 0.30$ ,  $FK = 0.34$  and for the results of the analysis methods Bishop generate  $FK = 0.34$ ,  $FK = 0.32$ ,  $FK = 0.09$  show slopes in the location of the landslide-prone state where  $FK < 1.5$  then be repaired using gravity type retaining wall and analyzed using methods Fellinius and Bishop so that they could get the value of the safety factor (FK) for methods Fellinius 3.2 and 3.9 for Bishop method that shows the condition of the slopes in a stable condition.

**Keywords:** *slope stability, safety factor, Fellinius, Bishop*

## PENDAHULUAN

Stabilitas tanah pada lereng dapat terganggu akibat pengaruh alam, iklim dan aktivitas manusia. Longsor terjadi karena ketidak-seimbangan gaya yang

bekerja pada lereng atau gaya didaerah lereng lebih besar daripada gaya penahan yang ada di lereng tersebut. Kerusakan yang ditimbulkan akibat longsor ini bukan hanya kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasitas

umum, hilangnya lahan-lahan pertanian, korban jiwa, akan tetapi kerusakan secara tidak langsung melumpuhkan kegiatan ekonomi dan pembangunan daerah yang terkena bencana.

- 
- \*) Mahasiswa Email Korespondensi :  
Maujefrianus03@gmail.com  
\*\*) Pembimbing 1, 2 dan penguji

Pemilihan lokasi Lereng Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu sebagai studi kasus pada penelitian ini dilatar belakangi oleh terjadinya longsor pada beberapa titik dikawasan tersebut yang disebabkan oleh peningkatan intensitas air hujan akibat perubahan iklim dan mengakibatkan tanah menjadi jenuh sehingga kekuatan tanah berkurang. Kawasan Lereng Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu merupakan area yang sedang dikembangkan khusus dalam pembangunan perumahan, ruko, dan lain-lain. Pembangunan daerah ini terletak pada daerah yang mempunyai elevasi bidang yang berbeda-beda yang secara sadar maupun tidak, telah menambah beban pada bagian atas lereng yang mengakibatkan perubahan keseimbangan pada lereng.

Tujuan dari penelitian ini adalah

Untuk mengetahui parameter tanah di lokasi penelitian, mengetahui kestabilan lereng di lokasi penelitian berdasarkan perhitungan faktor keamanan dengan menggunakan metode Fellinius dan Bishop, mengetahui dimensi dinding penahan untuk mampu mengatasi bahaya kelongsoran, mengetahui kontrol stabilitas dinding penahan tanah sehingga stabil terhadap geser dan guling.

Dengan kondisi yang terjadi pada lereng Jl. Raya Beji Puskesmas tersebut

maka penulis ingin menganalisa lereng tersebut menggunakan metode perhitungan analisis kestabilan lereng untuk mengetahui faktor keamanan pada lereng tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti tertarik untuk melakukan studi mengenai:

“Studi Penentuan Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Metode Fellinius dan Bishop Pada Penahan Dinding Batu Kali Di Jl.Raya Beji Puskesmas Kota Batu”

Lereng adalah bidang miring yang menghubungkan bidang-bidang lain yang mempunyai elevasi yang berbeda. Lereng terbentuk secara alamiah maupun dengan bantuan manusia. Ditinjau dari jenisnya, secara umum lereng terbagi atas 3 bagian yaitu :

- Lereng alam yaitu lereng yang terjadi akibat proses-proses alamiah, misalnya lereng pada perbukitan.
- Lereng yang dibuat dalam pada tanah asli misalnya bilamana tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air irigasi
- Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan misalnya tanggul atau bendungan urugan tanah.

Pada ketiga jenis lereng ini kemungkinan untuk terjadi longsor selalu ada, karena dalam setiap kasus tanah yang tidak rata akan menyebabkan komponen gravitasi dari berat memiliki kecenderungan untuk meng-gerakkan massa tanah dari elevasi lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah.

Menurut Varnes (1978, dalam Hansen, 1984) longsoran (*landslide*) dapat diklasifikasikannya menjadi: jatuhan (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*) dan nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak bentang lateral (*lateral spread*), dan gerakan majemuk

(*complex movement*). Gerakan tanah berupa longsor (*landslide*) merupakan bencana yang sering membahayakan. Longsor seringkali terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, serta tingkat kelembaban (*moisture*) tinggi, tumbuhan jarang (lahan terbuka) dan material kurang kompak. Faktor lain untuk timbulnya longsor adalah rembesan dan aktifitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi . (Zakaria, 2011)

**Faktor- faktor yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Lereng**

Faktor-faktor penyebab lereng rawan longsor meliputi faktor internal (dari tubuh lereng sendiri) maupun faktor eksternal (dari luar lereng), antara lain::

- a) Cuaca / Iklim
- b) Ketidakseimbangan Beban di Puncak dan di Kaki Lereng
- c) Vegetasi / Tumbuh-tumbuhan
- d) Naiknya Muka Air tanah
- e) Pengelolaan Lingkungan

**Faktor Keamanan Lereng**

Banyak rumus perhitungan Faktor Keamanan lereng (material tanah) yang diperkenalkan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng ini. Rumus dasar Faktor Keamanan (Safety Factor, F) lereng yang diperkenalkan oleh Fellinius, Bishop dan kemudian dikembangkan adalah : (Lambe & Whitman, 1969; Parcher & Means, 1974) :

Rumus dasar Faktor keamanan

lereng:  $\tau = c + \sigma \tan \theta$

$$F_s = \frac{\text{Gaya yang menghambat gerak}}{\text{Gaya yang meningkatkan gerak}}$$

Faktor Keamanan(FK) lereng terhadap longSORan tergantung pada ratio antara kekuatan geser tanah ( $\tau_f$  ) dan tegangan geser yang bekerja ( $\tau_d$ ).

$$F.K = \frac{\tau_f}{\tau_d} \dots\dots\dots > 1 \text{ stabil \& } > 1 \text{ longsor}$$

**Tabel 1.** Hubungan faktor keamanan lereng dan intensitas longsor(Bowles,1989)

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian/Intensitas longsor
F kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (lereng labil)
F antara 1,07 – 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
F diatas 1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Sumber Analisis PSBA UGM 200

**Analisa Faktor Keamanan Lereng**

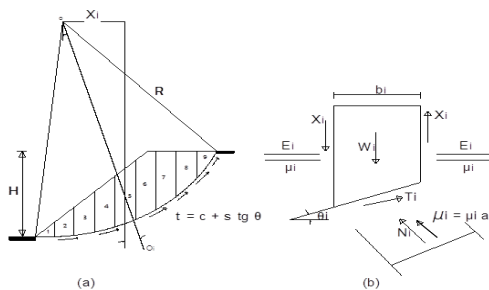
Data yang diperlukan dalam suatu perhitungan analisa faktor keamanan sederhana untuk mencari nilai F (faktor keamanan lereng) adalah sebagai berikut

- a. Data lereng (terutama diperlukan untuk membuat penampang lereng) meliputi: sudut lereng, tinggi lereng, atau panjang lereng dari kaki lereng ke puncak lereng.
- b. Data mekanika tanah
  - sudut geser dalam ( $\phi$ ; derajat)
  - Berat isi tanah basah ( $\gamma_{wet}$ ; g/cm3 atau kN/m3 atau ton/m3)
  - kohesi (c; kg/cm2 atau kN/m2 atau ton/m2)
  - kadar air tanah ( $\omega$ ; %)

**Metode Fellinius (1927)**

Metode Fellenius (*Ordinary Method of Slice*) diperkenalkan pertama oleh Fellenius (1927,1936) menjelaskan bahwa gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan FK dihitung dengan keseimbangan momen. Fellenius

mengemukakan metodenya dengan menyatakan asumsi bahwa keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor berbentuk lingkaran (sirkuler) dengan titik O sebagai titik pusat rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal  $W$  bekerja ditengah-tengah slice. Diasumsikan juga bahwa resultan gaya-gaya antar irisan pada tiap irisan adalah sama dengan nol, atau dengan kata lain bahwa resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan.



**Gambar 1.** Gaya yang bekerja pada metode Fellenius

- ✓ Rumus Fellenius yang di pengaruhi oleh air tanah

$$F = \frac{\sum c \alpha_i + (W_i \cos \theta_i - \mu_i \alpha_i) \tan \varphi}{\sum W_i \sin \theta_i}$$

Dimana:

- $F$  = faktor aman
- $c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\varphi$  = sudut gesek dalam (derajat)
- $\alpha_i$  = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m)
- $\mu_i$  = tekanan air pori pada irisan ke-i ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\theta_i$  = sudut bidang gelincir pada tiap irisan (derajat)

- ✓ Rumus Fellenius tanpa air tanah

$$F = \frac{c.L + \tan \varphi (W_i \cos \alpha_i)}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

Dimana:

- $F$  = faktor aman
- $c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\varphi$  = sudut gesek dalam (derajat)
- $\alpha_i$  = sudut bidang gelincir pada tiap irisan (derajat)
- $W_i$  = berat tiap irisan tanah pada irisan ke-i (kN)
- $L$  = Lebar irisan (m)

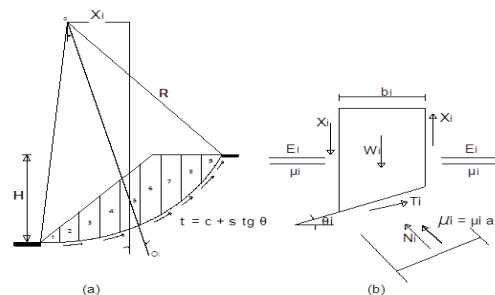
- ✓ Rumus Tekanan air pori ( $\mu$ )

$$\mu = \gamma_w \cdot h$$

(Sumber Hary Christady Hardiyatmo)

### Metode Bishop

Metode Bishop adalah Metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana, Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955)



**Gambar 2.** Gaya yang bekerja pada metode Bishop

- ✓ Rumus Bishop :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + (W_i - \mu_i b_i) \operatorname{tg} \varphi'] \frac{1}{\cos \theta_i (1 + \operatorname{tg} \theta_i \operatorname{tg} \varphi' / F)}}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$

Dimana:

F = faktor aman

c' = kohesi tanah efektif (kN/m<sup>2</sup>)

φ' = sudut gesek dalam efektif (o)

b<sub>i</sub> = lebar irisan ke-i (m)

W<sub>i</sub> = berat irisan tanah ke-i (kN)

μ<sub>i</sub> = tekanan air pori irisan ke-i (kN/m<sup>2</sup>)

θ<sub>i</sub> = sudut yang didefinisikan (derajat)

✓ Rumus Tekanan air pori (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h \quad (2.7)$$

Dimana:

μ = Tekanan air pori (Kn/m<sup>3</sup>)

γ<sub>w</sub> = Berat jenis air (Kn/m<sup>3</sup>)

h = Tinggi muka air (m)

(Sumber Hary Christady Hardiyatmo)

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan survey lapangan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan konstruksi terutama kerusakan pada dinding penahan lereng yang terdapat di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu. Setelah dilakukan identifikasi kegagalan konstruksi yang terjadi pada lokasi penelitian dilanjutkan dengan penyelidikan tanah. Dilanjutkan dengan menganalisa data tanah, data tersebut nantinya akan digunakan sebagai acuan perhitungan analisis stabilitas lereng menggunakan metode Fellinius dan Bishop untuk mengetahui faktor keamanan terkecil pada lokasi lereng tersebut.

### Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian yang di Analisis yaitu Lereng yang terletak Di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu.

### Pengumpulan data

Beberapa cara yang dibutuhkan untuk memperoleh data, yaitu antara lain:

a. Data primer

b. Data Sekunder

### Analisis Data

Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Langkah perhitungan stabilitas lereng secara manual metode Fellinius

b. Langkah perhitungan stabilitas lereng secara manual metode Bishop

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Peninjauan dilakukan pada lereng yang memiliki ketinggian 5m dengan lebar 23 meter. Dan hanya meninjau satu lapisan tanah.

Dimana:

h = 5m

L = 23m

P = 8,7m (panjang bidang longsor lereng dari kaki lereng ke puncak)

Jenis konstruksi dinding penahan :

Tipe batu kali

### Data Tanah

Untuk keperluan perhitungan stabilitas lereng, diperlukan data tanah di lapangan. Dalam penelitian ini digunakan data tanah yang terletak di lokasi lereng jalan beji puskesmas kota Batu. Kondisi geologi tanah pada sekitar lokasi dikategorikan sebagai tanah lempung/berkohesi. Parameter tanah yang perlu diketahui untuk melakukan perhitungan adalah:

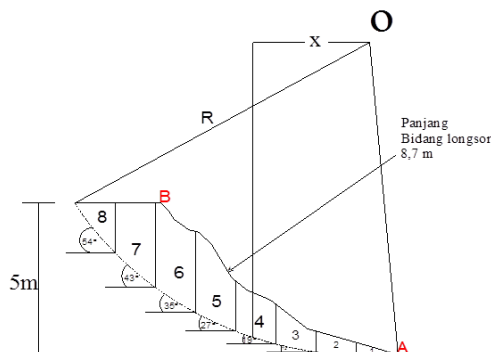
- Kohesi (c) dan sudut gesek (φ) didapatkan dengan melakukan pengujian Triaksial (*Triaxial Test*) di Laboratorium Mekanika Tanah POLOTEKNIK NEGERI MALANG.
- Perhitungan FK menggunakan metode Fellinius dan Bishop

**Tabel 2.** Sampel tanah hasil pengujian Laboratorium

Jenis	Tanah I	Tanah II	Rerata=
			$\frac{\text{Tanah I} + \text{Tanah II}}{2}$
Kohesi	0.374	0.369	0.372
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Sudut geser dalam	4.26°	4.76°	4,51°
Berat jenis	2,63	2,64	2,635
	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
Kadar air	47,56	63,66	55,61

Nilai/angka dari  $c$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$  yang digunakan untuk perhitungan metode Fellenius dan Bishop adalah rerata dari tabel sampel tanah Tanah I dan Tanah II.

**Perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius dan Bishop untuk mendapatkan FS terkecil pada Lereng Di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu**



**Gambar 3.** Penampang lereng dengan irisan serta bidang gelincir yang dipakai untuk perhitungan faktor keamanan.

a) Perhitungan FK cara sayatan (Fellenius) Pada kondisi Eksisting.

1. Untuk tinggi muka air tanpa tekanan air pori FK = 0,41(lereng labil)
2. Untuk tinggi muka air normal 0,50 m FK = 0,30 (lereng labil)
3. Untuk tinggi muka air banjir 2,50m FK = 0,35 (lereng labil)

b) Perhitungan stabilitas lereng metode Bishop pada kondisi Eksisting.

1. Untuk tinggi muka normal 0,50m FK = 0,34 (lereng labil)
2. Untuk tinggi muka air banjir 2,50m FK = 0,32 (lereng labil)
3. Untuk tinggi muka air tanpa tekanan air pori FK = 0,09 (lereng labil)

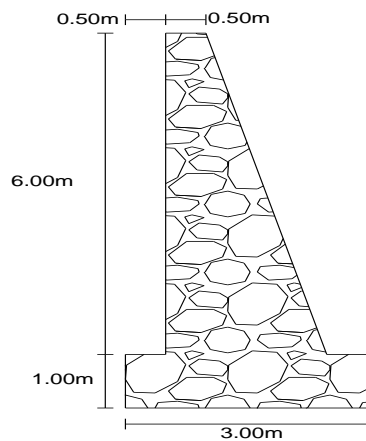
Berdasarkan hasil Perhitungan kestabilan Lereng menggunakan metode Fellenius dan Bishop, Lereng di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu tergolong Lereng yang sangat labil hal ini dapat dilihat pada tabel perhitungan manual Metode Fellenius dan Bishop dimana FK dari Lereng tersebut < 1,5 dengan kondisi Lereng yang sangat labil ini maka perlu dillakukan perencanaan ulang dinding penahan tanah untuk mengatasi/mengstabilkan kembali kondisi lereng di daerah tersebut.

### Perencanaan Dinding Penahan

Dinding penahan tanah yang direncanakan adalah jenis dinding penahan gravitasi (Gravity wall). Dinding ini biasanya terbuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu kali. Untuk mencapai stabilitasnya hanya mengandalkan berat sendiri.

❖ Data Perencanaan dengan dimensi :

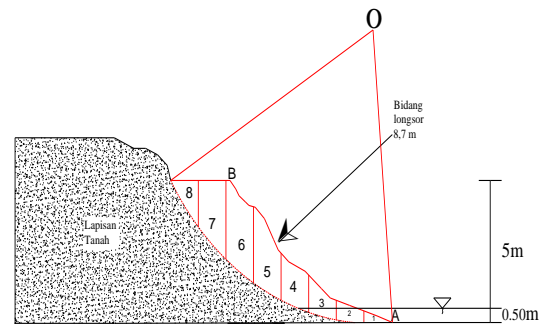
Tinggi Total (H+D) = 7,00 m  
 Tinggi Dinding Penahan (H) = 7,00 m  
 Lebar Bawah (B) = 3,00 m  
 Lebar Atas (B') = 0,5 m  
 Kedalaman pondasi (Df) = 1,00 m



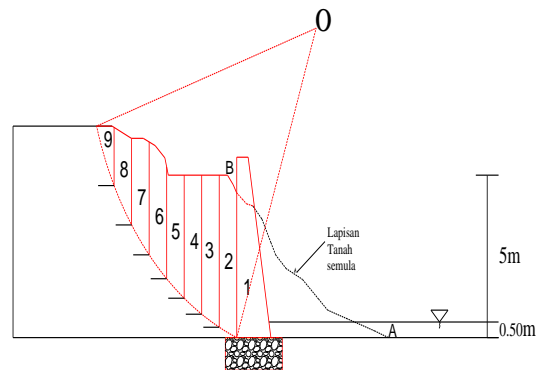
**Gambar 4.** Dimensi Dinding Penahan Tanah

**Faktor Keamanan Terhadap Kuat Dukung Tanah, Geser dan Guling**

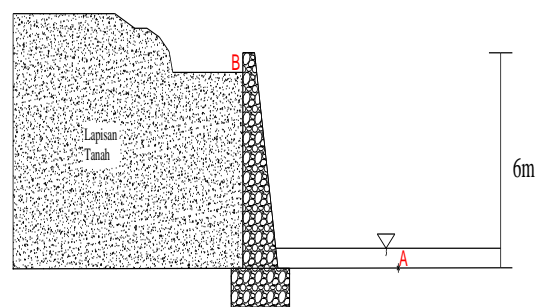
- a. Terhadap geser  $1,6 > 1,5$  ... (Ok)
- b. Terhadap guling  $3,5 > 1,5$ ....(Ok)
- Perhitungan stabilitas dinding penahan menggunakan metode Fellenius dan Bishop  
 Setelah di lakukan perhitungan dinding penahan yang aman terhadap guling dan geser maka dilakukan perhitungan ulang FK terhadap stabilitas dinding penahan untuk mengatasi bahaya kelongsoran dengan menggunakan Metode Fellenius dan Bishop. Hasil perhitungan di peroleh FK metode Fellenius = 3,2 dan FK dari metode Bishop = 3,9



**Gambar 5.a.** Kondisi awal permukaan lereng serta irisan-irisannya.



**Gambar 5.b.** Penampang lereng yang dipasang konstruksi dinding penahan serta irisan-irisannya.



**Gambar 5.c.** Penampang lereng yang dipasang konstruksi dinding penahan  
 Ket: **Gambar A** merupakan kondisi awal permukaan lereng, **Gambar B** merupakan kondisi lereng yang di pasang konstruksi dinding penahan , dan **Gambar C** merupakan kondisi

lereng yang sudah pasang dan kondisi sungai yang mengalami pelebaran.

### Kesimpulan

Nilai parameter geser tanah yang di peroleh adalah hasil uji geser langsung menggunakan Triaksial (*Triaxial test*) dari Lab. Mekanika tanah Politeknik Negeri Malang:  $\gamma = 2,635 \text{ Kg/m}^2$ ,  $c = 0,372 \text{ Kg/m}^2$ ,  $\phi = 4,51^\circ$

FK terkecil yang dihasilkan oleh metode Fellinius: untuk tinggi muka air norma 0,50m FK = 0,41, untuk tinggi muka air bankir 2,5m FK = 0,30 dan untuk tanpa muka air tanah FK = 0,35

FK terkecil yang dihasilkan oleh metode Bishop: untuk tinggi muka air normal 0,50m FK = 0,34, untuk tinggi muka air 2,5m FK = 0,32, untuk tanpa muka air tanah FK = 0,09. Hasil perhitungan metode Fellinius dan Bishop menunjukkan lereng pada lokasi dalam kondisi sangat labil. Maka perlu dilakukan perbaikan lereng dengan merencanakan ulang dimensi dinding penahan untuk mengstabilkan kembali lereng tersebut.

Dimensi dinding penahan yang direncanakan:  $h_{total} = 7,00\text{m}$ ,  $L_{bawah} = 3,00\text{m}$ ,  $L_{atas} = 0,50\text{m}$ ,  $D_f = 1,00\text{m}$

Setelah dinding penahan stabil terhadap geser dan guling di lakukan perhitungan FK ulang menggunakan metode Fellinius dan Bishop pada dinding penahan agar stabil terhadap longsor dan di dapatkan FK = 3,2 untuk metode Fellinius dan untuk metode Bishop di dapatkan

Bagi peneliti selanjutnya diharapkan peneliti selanjutnya dalam melakukan penelitian yang sama disarankan untuk menggunakan program-program yang berkaitan dengan stabilitas lereng seperti Geoslope, Rocscience slide 6.0 agar mempermudah perhitungan.

### Daftar Pustaka

- (Zakaria, 2011) . *Patahan, rekahan dan liniasi*
- Anwar & Kesumadharna, 1991. Hirnawan, 1993, 1994. *Faktor-faktor yang mempengaruhi Gerakan Tanah.*
- Bishop, A.W., 1955. *The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5.* London
- Karnawati, D.(2005), *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan upaya penanggulannya,* Jurusan T. Geologi FT. UGM, Yogyakarta
- Varmes, (1978, dalam Hansen, 1984) *Klasifikasi Longsor (Landslide)*
- Hardiyatmo, H.C (2006). *Penanggulangan Tanah Longsor dan Erosi*