

## ANALISIS STABILITAS LERENG SPILWAY BENDUNGAN GONDANG KABUPATEN KARANGANYAR MENGGUNAKAN PROGRAM GEO SLOPE DAN METODE FELLENIUS

Anto Budi Listyawan<sup>1</sup>, Qunik Wiqoyah<sup>2</sup>, Rizqi Aziza Rahmawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Pabelan, Kartasura, Tromol Pos 1, Surakarta, Jawa Tengah

\*Email: Anto.Budi@ums.ac.id

### Abstrak

Setiap permukaan di bumi tidak selalu berbentuk datar atau mempunyai perbedaan elevasi dari tempat satu ke tempat yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Seperti di daerah Bendungan Gondang Karanganyar terdapat sebuah lereng spillway sandaran kanan yang belum mempunyai perkuatan. Hal tersebut dapat mengakibatkan kelongsoran saat terjadi hujan deras. Maka diperlukannya analisa lereng ini dengan menggunakan metode fellenius secara manual dan program GeoStudio SLOPE/W 2007. Dari hasil analisa stabilitas lereng diperoleh nilai SF sebesar 0,742 untuk perhitungan manual dan 0,918 untuk perhitungan program GeoStudio SLOPE/W 2007. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lereng tidak dalam kondisi stabil/rawan longsor karena nilai  $SF < 1$ . Maka dari itu diperlukan peningkatan kestabilan lereng dibuat terasering untuk mencegah kelongsoran. Pada penguatan teras jenis teras bangku datar diperoleh hasil SF sebesar 1,609 untuk perhitungan manual dan 1,902 untuk perhitungan program GeoStudio SLOPE/W 2007. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lereng sudah aman dengan menggunakan perkuatan terasering karena nilai  $SF \geq 1,5$ . Kemudian untuk lebih menyakinkan kestabilan lereng dilakukan analisa stabilitas lereng tiap pias terasering yang diperoleh nilai SF sebesar 2,509 untuk perhitungan manual dan 3,302 untuk program GeoStudio SLOPE/W 2007. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lereng tersebut sudah sangat aman karena nilai  $SF \geq 1,5$ .

**Kata kunci:** Analisa Stabilitas Lereng, Metode Fellenius, GeoStudio SLOPE/W 2007, Terasering

### PENDAHULUAN

Permukaan di bumi tidak selalu berbentuk datar atau mempunyai elevasi dari tempat satu ke tempat yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Perbedaan elevasi ini dapat menimbulkan kelongsoran lereng sehingga dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng. Seperti halnya di daerah bendungan gondang karanganyar terdapat sebuah lereng spillway sandaran kanan yang belum mempunyai perkuatan. Hal tersebut dapat mengakibatkan kelongsoran saat terjadi hujan deras ataupun bencana alam. Untuk mencegahnya harus dilakukan analisis untuk mengetahui faktor keamanannya yang menggunakan program aplikasi GeoSlope 2007 menggunakan metode morgestern-price dan perhitungan manual metode fellenius. Kemudian dari analisis akan mendapatkan nilai SF (*Safety Factor*), jika  $SF < 1$  akan dilakukan perkuatan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan hanya menitikberatkan pada perhitungan stabilitas tanah lereng yang dibuat terasering pada spillway dengan perbandingan metode fellenius secara manual dan menggunakan program *GeoSlope 2007* dan mendapatkan nilai  $SF \geq 1$ .

### METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data sekunder sesuai dengan data – data lapangan dan data – data yang diperlukan. Dengan metodologi yang jelas untuk memperoleh hasil yang diinginkan agar sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Dari hasil tersebut dapat dilakukan analisis untuk pemecahan masalah dari data tersebut.

Data – data dasar yang digunakan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir yaitu data sekunder yang diperoleh secara langsung. Untuk perhitungan Manual dan perhitungan aplikasi Geo Slope dibutuhkan parameter Unit Weight ( $\gamma$ ), Cohesion ( $c$ ), Phi ( $\phi$ ) agar mendapatkan data yang akan dibutuhkan. Data yang diperoleh pada lokasi lereng spillway bendungan gondang kabupaten karanganyar meliputi.

**Tabel.1.** Soil Data Bor Hole

Type	Bor Hole (SP. 5A)
	Depth 4.50 - 5.00 m
Unit weight of soil ( $\gamma$ )	1.75 gr/cm <sup>3</sup>
Specific Gravity (Gs)	2.56
Cohesion c	0.1084 kg/cm <sup>2</sup>
Friction Angle ( $\phi$ )	36.00
Water Content	47.47%

(Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Semarang, 4 Juli 2014)

Tahapan penelitian dibagi menjadi empat tahap tujuh tahap, antara lain :

Tahap I : Pembelajaran Literatur

Tahap II : Pengumpulan data - data sekunder tanah lereng spillway bendungan gondang

**Tabel.2.** Soil Data Bor Hole

Type	Bor Hole (SP. 5A)
	Depth 4.50 - 5.00 m
Unit weight of soil ( $\gamma$ )	1.75 gr/cm <sup>3</sup>
Specific Gravity (Gs)	2.56
Cohesion c	0.1084 kg/cm <sup>2</sup>
Friction Angle ( $\phi$ )	36.00
Water Content	47.47%

(Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Semarang, 4 Juli 2014)

Tahap III : Analisis data menggunakan metode sebagai berikut :

- a. Desain dan stabilitas tanah menggunakan program GeoSlope 2007
- b. Penghitungan ulang dengan cara manual
- c.  $SF \leq 1$

Tahap IV : Pembuatan Terasering,  $SF \geq 1,5$

Tahap V : Pembahasan

Tahap VI : Kesimpulan

Tahap VII : Selesai

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam analisa pembahasan berdasarkan data sekunder yang didapat. Yang telah dilakukan pengujian lapangan dan hasil uji laboratorium dengan sampel tanah pada tempat yang ditentukan yang kemudian menghasilkan data – data yang didapat adalah Unit weight of soil ( $\gamma$ ), Specific Gravity (Gs), Cohesion (c), Friction Angle ( $\phi$ ), Average Water Content. Perhitungan Stabilitas tanah lereng spillway akan dilakukan sebelum dilakukan pembuatan terasering dan sesudah pembuatan terasering, agar dapat dibandingkan nilai SF (*Safety Factor*) sebelum dan sesudah pembuatan terasering yang akan dianalisa dengan cara manual yaitu menggunakan metode fellenius dan menggunakan program aplikasi GeoSlope.

### Data Tanah

Untuk menghitung safety factor tanah lereng maka dilakukan perhitungan stabilitas dengan data-data dibawah ini :

**Tabel.3.** Soil Data Bore Hole (SP 5A)

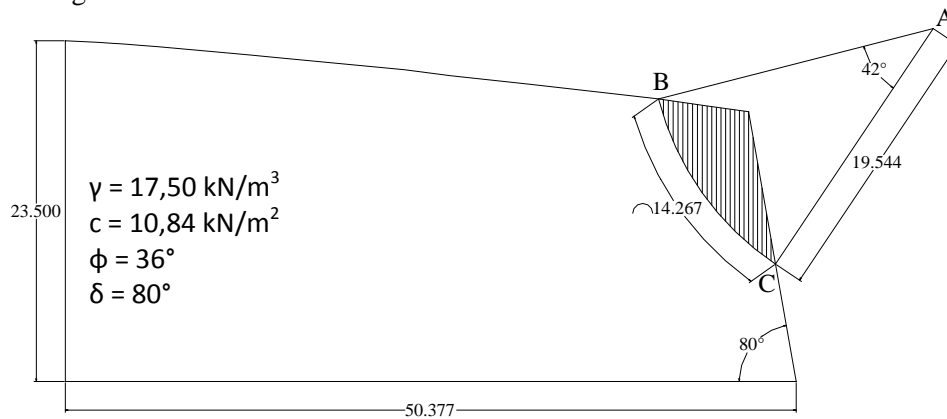
Type	Bor Hole (SP. 5A)
	Depth 4.50 - 5.00 m
Unit weight of soil ( $\gamma$ )	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Specific Gravity (Gs)	2.56
Cohesion (c)	10.84 kN/m <sup>2</sup>
Friction Angle ( $\phi$ )	36.00
Water Content	47.47%

(Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Semarang, 4 Juli 2014)

Kondisi geologi lapisan tanah dilokasi investigasi didominasi oleh batuan breksi hingga kedalaman 5,00 m. Jadi tanah merupakan batuan breksi homogen.

### Analisa Stabilitas Tanah Lereng Asli dengan Perhitungan Manual

Perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode fellenius menganggap gaya-gaya yang berkerja pada sisi kanan dan kiri dari irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan data-data yang didapat dibagi 25 irisan sepanjang lereng untuk mengetahui safety factor dari lereng tersebut.



**Gambar.1.** Gaya Yang Berkerja Pada Irisan Lereng Asli

Dari data pada **Tabel.1 Soil Data Bore Hole (SP 5A)** maka dapat diilustrasikan seperti yang terlihat pada **Gambar.1. Gaya Yang Berkerja Pada Irisan Lereng Asli**. Pada gambar dijelaskan bahwa bidang longsor dibagi menjadi 25 irisan yang akan dihitung masing-masing berat tanah yang berkerja pada irisan tersebut. Dan didapatkan hasil perhitungan dibawah ini :

**Tabel.4** Berat yang Berkerja pada Irisan Lereng Asli

$W_i \cos \theta_i$	773.479 kN
$W_i \sin \theta_i$	965.208 kN

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi adalah Panjang garis longsor BC = 14,2675 m. kohesi soil 10,84 kN/m<sup>2</sup>

$$\sum c_i a_i = (c' \times \text{panjang BC}) = (10,84 \times 14,2675) = 154,654 \text{ kN}$$

Tahanan terhadap longsor oleh komponen gesekan pada kedua lapisan ( $N_i \text{ tg } \phi$ )

$$N_{i \text{ soil}} = \sum w_i \cos \theta_i = 773.479 \text{ kN}$$

$$(N_i \text{ tg } \theta) = (773.479 \times \text{tg } 36^\circ) = 561.965 \text{ kN}$$

Maka faktor keamanan

$$F = \frac{\sum (c_i a_i + N_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum W_i \sin \theta_i} = \frac{154,654 + 561,965}{965,208} = 0,74245$$

Pada perhitungan manual didapat  $SF = 0,742$  dengan penetapan  $SF \geq 1,5$ , maka lereng dinyatakan tidak aman.

### Analisa Stabilitas Tanah Lereng Asli dengan Program GeoSlope 2007

Analisa perhitungan dengan menggunakan GeoStudio membagi menjadi 25 irisan, dengan data-data pada **Tabel.3 Soil Data Bore Hole (SP 5A)** dengan mengikuti langkah – langkah tiap form.

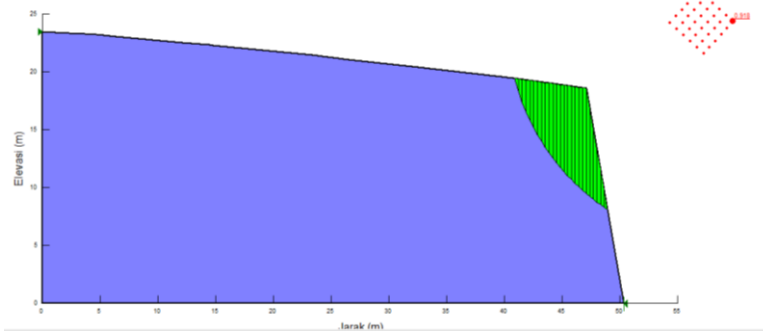
Pada menu KeyIn pilih material untuk memasukkan data-data tanah :

$$\text{Unit Weight ( } \gamma \text{ )} = 17,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Cohesion ( } c \text{ )} = 10,84 \text{ kPa}$$

$$\text{Phi ( } \varphi \text{ )} = 36^\circ$$

Kemudian gambar lereng dengan menggunakan menu sketch untuk menggambar sumbu axes dan menggambar titik-titik sesuai data yang kemudian akan di gabungkan dengan garis pada menu draw kemudian Region. Setelah gambar sudah terbentuk kemudian tentukan grid dan radius longsor yang diinginkan pada menu draw lalu slip surface.



**Gambar.2.** Hasil Analisis Lereng Asli Pada GeoSlope 2007

Kemudian didapatkan hasil analisis lereng asli pada GeoSlope 2007 yang dirangkum dalam bentuk tabel dibawah ini :

**Tabel.5.** Hasil Analisis Lereng Asli Pada GeoSlope 2007

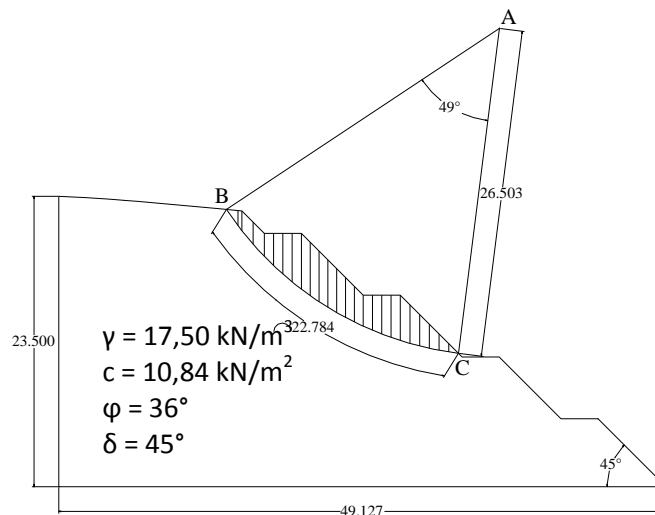
Slip #	F of S	Center X	Center Y	Radius	Detail
32	0.918	59.82	24.34	19.544	Critical
26	0.918	59.312	23.788	18.981	
20	0.919	58.804	23.236	18.419	

Pada Analisa GeoStudio 2007 mencoba berbagai titik dan kemudian didapatkan titik kritikal dengan  $SF = 0,918$  dengan  $R = 19,544$  m pada titik 32. Dengan penetapan  $SF \geq 1,5$  maka titik 32 dinyatakan tidak aman dan memerlukan perbaikan stabilitas lereng dengan metode geometri yaitu dengan pembuatan Terasering.

Pada tampilan awal pilih *SLOPE/W* yang kemudian akan muncul lembar baru yang akan diisi dengan data-data tanah pada “Number of slices” dimasukan angka 25 untuk jumlah pembagian irisannya.

### Analisa Stabilitas Tanah Lereng Spillway yang sudah dibuat Terasering dengan Perhitungan Manual

Perhitungan stabilitas lereng yang sudah dibuat terasering ini sama dengan perhitungan lereng asli menggunakan metode fellenius yang dibagi menjadi 25 irisan sepanjang lereng untuk mengetahui safety factor dari lereng tersebut.



**Gambar.3.** Gaya Yang Bekerja Pada Irisan Terasering

Didapatkan hasil perhitungan yang tertera pada tabel dibawah ini :

Tabel.6. Berat yang Bekerja pada Irisan Lereng yang sudah dibuat Terasering

$W_i \cos \theta_i$	899.094 kN
$W_i \sin \theta_i$	559.313 kN

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi adalah Panjang garis longsor BC = 22.7844 m. kohesi soil 10,84 kN/m<sup>2</sup>

$$\sum c_i a_i = (c' \times \text{panjang BC}) = (10,84 \times 22,7844) = 246,983 \text{ kN}$$

Tahanan terhadap longsor oleh komponen gesekan pada kedua lapisan ( $N_i \text{ tg } \varphi$ )

$$N_{i \text{ soil}} = \sum w_i \cos \theta_i = 899.094 \text{ kN}$$

$$(N_i \text{ tg } \theta) = (899.094 \times \text{tg } 36^\circ) = 653.230 \text{ kN}$$

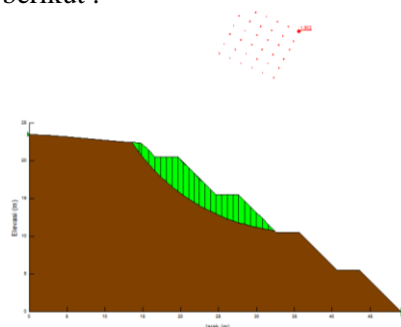
Maka faktor keamanan

$$F = \frac{\sum(c_i a_i + N_i \text{ tg } \varphi)}{\sum W_i \sin \theta_i} = \frac{246,983 + 653,230}{559,313} = 1,609$$

Pada perhitungan manual didapat SF = 1,609 dengan penetapan  $SF \geq 1,5$  , maka lereng spillway yang sudah dibuat terasering sudah aman, karena melebihi angka keamanan yang sudah ditetapkan.

### Analisa Stabilitas Tanah Lereng Spillway yang sudah dibuat Terasering dengan Program GeoSlope 2007

Untuk langkah langkah analisa stabilitas lereng spillway yang sudah dibuat terasering ini kurang lebih sama dengan analisa stabilitas lereng asli. Kemudian didapatkan hasil analisis lereng terasering pada GeoSlope sebagai berikut :



**Gambar.4.** Hasil Analisis Lereng Terasering Pada GeoSlope 2007

Kemudian didapatkan hasil analisis lereng terasering pada GeoSlope 2007 yang dirangkum dalam bentuk tabel dibawah ini :

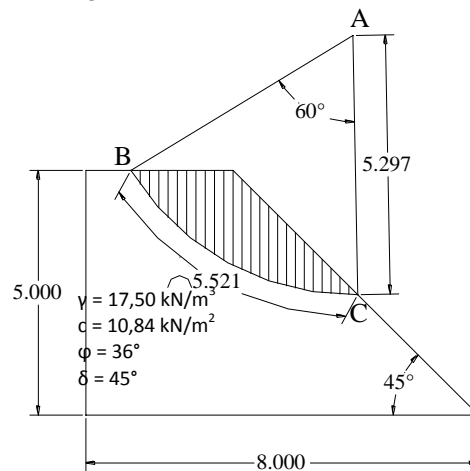
**Tabel.7.** Hasil Analisis Lereng Terasering Pada GeoSlope 2007

Slip#	F of S	Center X	Center Y	Radius	Detail
33	1.902	35.648	37.088	26.503	Critical
27	1.906	34.986	35.869	25.184	
21	1.914	34.323	35.65	23.866	

Pada Analisa GeoSlope 2007 mencoba berbagai titik dan kemudian didapatkan titik kritikal dengan SF = 1,902 dengan R = 26,503 m pada titik 33. Dengan penetapan SF  $\geq$  1,5 maka titik 33 dinyatakan aman dan memenuhi kriteria nilai factor aman kestabilan lereng, sehingga tidak perlu perkuatan atau perbaikan lereng yang lain.

### Analisa Stabilitas Tanah Lereng Spillway Tiap Pias Terasering dengan Perhitungan Manual

Perhitungan stabilitas lereng spillway tiap pias terasering ini sama dengan perhitungan lereng asli dan terasering menggunakan metode fellenius yang dibagi menjadi 25 irisan sepanjang lereng untuk mengetahui safety factor dari lereng tersebut.

**Gambar.5.** Gaya Yang Bekerja Pada Irisan Pias Terasering

Didapatkan hasil perhitungan yang tertera pada tabel dibawah ini :

**Tabel.8** Berat yang Bekerja pada Irisan Lereng Pias Terasering

$W_i \cos \theta_i$	93.389 kN
$W_i \sin \theta_i$	50.891 kN

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi adalah

Panjang garis longsor BC = 5,5211 m. kohesi soil 10,84 kN/m<sup>2</sup>

$$\sum c_i a_i = (c' \times \text{panjang BC}) = (10,84 \times 5,5211) = 59,849 \text{ kN}$$

Tahanan terhadap longsor oleh komponen gesekan pada kedua lapisan ( $N_i \text{ tg } \varphi$ )

$$N_{i \text{ soil}} = \sum w_i \cos \theta_i = 93.389 \text{ kN}$$

$$(N_i \text{ tg } \theta) = (93.389 \times \text{tg } 36^\circ) = 67.851 \text{ kN}$$

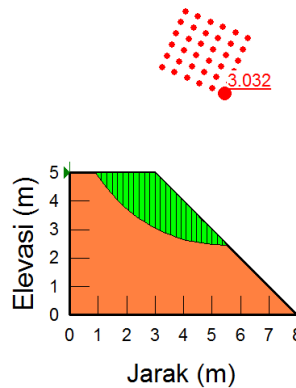
Maka faktor keamanan

$$F = \frac{\sum (c_i a_i + N_i \text{ tg } \varphi)}{\sum W_i \sin \theta_i} = \frac{59,849 + 67,851}{50,891} = 2,509$$

Pada perhitungan manual didapat SF = 2,509 dengan penetapan SF  $\geq$  1,5 , maka lereng spillway jika dihitung perpias terasering aman.

### Analisa Stabilitas Tanah Lereng Spillway Tiap Pias Terasering dengan Program GeoSlope 2007

Untuk langkah langkah analisa stabilitas lereng spillway yang sudah dibuat terasering ini kurang lebih sama dengan analisa stabilitas lereng asli dan terasering. Kemudian didapatkan hasil analisis lereng terasering pada GeoSlope sebagai berikut :



**Gambar.6.** Hasil Analisis Lereng Pias Terasering Pada GeoSlope 2007

**Tabel.9.** Hasil Analisis Lereng Terasering Pada GeoSlope 2007

Slip#	F of S	Center X	Center Y	Radius	Detail
3	3.032	5.441	7.756	5.297	Critical
9	3.045	5.605	8.148	5.688	
15	3.063	5.769	8.54	6.08	

Jika dilihat Analisa Geolope 2007 pada Pias Terasering ini dengan mencoba berbagai titik dan kemudian didapatkan titik kritikal dengan SF = 3,032 dengan R = 5,297 m pada titik 3. Dengan penetapan  $SF \geq 1,5$  maka titik 3 dinyatakan aman dan memenuhi kriteria nilai faktor aman kestabilan lereng, sehingga dalam analisa keseluruhan sangatlah aman.

### KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis perhitungan pada Lereng Spillway Bendungan Gondang Kabupaten Karanganyar sehingga diperoleh :

1. Analisis stabilitas tanah lereng yang dibagi dengan 25 irisan dengan nilai R = 19,544, sudut longsor  $\phi = 42^\circ$ . Maka dengan metode fellenius diperoleh nilai SF = 0,742 dimana angka < 1 menunjukkan bahwa lereng tersebut tidak aman sehingga diperlukan perkuatan dengan pembuatan terasering agar tidak terjadi kelongsoran.
2. Perbandingan perhitungan lereng secara manual dan program Geo slope diperoleh hasil :

**Tabel.10** Perbandingan Perhitungan Manual dan GeoSlope

Nama	Nilai Faktor Keamanan ( <i>Safety Factor</i> )	
	Manual	GeoSlope
Lereng Asli	0,742	0,918

Dari kedua cara diatas diperoleh hasil nilai SF pada lereng asli belum mencapai nilai faktor aman yaitu  $\geq 1$ . Perhitungan diatas mempunyai perbedaan nilai pada perhitungan manual dan geoslope, dikarenakan pada perhitungan metode fellenius pengasumsian resultan gaya antar irisan sama dengan nol dan bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh. Sedangkan untuk perhitungan Geoslope menggunakan metode morgenstern price dimana pengasumsian kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan.

3. Nilai faktor keamanan setelah dibuat terasering pada lereng asli diperoleh bahwa :

**Tabel.11.** Nilai Faktor Keamanan Setelah Dibuat Terasering

<b>Nama</b>	<b>Nilai Faktor Keamanan (Safety Factor)</b>	<b>Keterangan</b>
Terasering	1,609	$\geq 1,5$ (Aman)
Pias Terasering	2,509	$\geq 1,5$ (Aman)

Pada hasil perhitungan hasil diatas dapat diketahui bahwa dengan dibuatnya terasering pada lereng asli tersebut maka nilai SF sudah aman dari kelongsoran yaitu  $\geq 1,5$

#### DAFTAR PUSTAKA

- DAS, Braja. M. 1995. *Mekanika Tanah I. Edisi 3*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary Chistady. 2017. *Mekanika Tanah I Edisi ke-6* . Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Chistady. 2017. *Mekanika Tanah II Edisi ke-5* . Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Listyawan, Anto Budi., Renaningsih, Qunik Wiqoyah, Agus Susanto. 2017. *Mekanika Tanah Dan Rekayasa Pondasi*. Surakarta : Muhammadiyah University Press.
- Novtitania, Krilian. 2018. *Metode Fellenius untuk Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil pada Daerah Piyungan Gunung Kidul*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Subri, Subriadi. 2013. *Studi Perkuatan Lereng dengan Software GeoSlope pada Tanah Lempung*. Makassar : Universitas Hassanudin.
- Effendi, Mardianto. 2016. *Analisa Stabilitas Lereng Menggunakan Software GeoStudio Slope/W 2012 Berdasarkan Metode Bishop Di Desa Cisarua, Kabupaten Bogor*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Zakaria, Zulfialdi. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Bandung : Padjajaran University Press.