

## ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH UNTUK PERKUATAN TEBING BADAN JALAN SURADITA - KRANGGAN

Enden Mina<sup>1</sup>, Woelandari Fathonah<sup>2</sup>, Fricha Desy Candra Sari<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jenderal Sudirman KM 03 Cilegon, Banten 42435 Telp. (0254) 395502 Ext. 19  
[frichadesyys@gmail.com](mailto:frichadesyys@gmail.com)

### ABSTRAK

Fenomena jalan amblas kini tengah menjadi sorotan salah satunya disebabkan dengan kelongsoran tanah yang pada umumnya terjadi akibat dari rendahnya kuat geser tanah pembentuk lereng, peningkatan beban tambahan dan muka air tanah. Kelongsoran pada tebing badan jalan Suradita disebabkan oleh aliran air yang mengakibatkan tanah dibawah jalan bergeser. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui cara penanggulangan kelongsoran lereng dengan menggunakan talud bronjong dengan pondasi *bore pile* dan turap beton.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng menggunakan metode *Fellenius* dan metode *Bishop* yang akan dibandingkan dengan aplikasi *Rocscience Slide* untuk mencari nilai keamanan lereng. Perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori *Rankine* dan *Coulomb*. Pada kestabilan talud bronjong dengan pondasi *bore pile* dicek terhadap momen guling, gaya geser dan daya dukungnya. Dilakukan desain turap beton pada lereng apabila talud bronjong tidak aman sehingga lereng menjadi aman. Desain turap ditentukan berdasarkan nilai  $M_{max}$  yang terjadi pada turap beton kemudian disesuaikan dengan dimensi turap beton yang ada di pasaran dan dianalisis menggunakan aplikasi *Plaxis* untuk mencari nilai deformasi yang terjadi.

Dari hasil analisa diperoleh nilai faktor keamanan lereng menggunakan perhitungan manual metode *Fellenius*, *Bishop* berturut-turut sebesar 1,325; 1,331 dan nilai faktor keamanan lereng dengan menggunakan aplikasi *Rocscience Slide* metode *Fellenius*, *Bishop* berturut-turut sebesar 1,244; 1,292. Analisa perhitungan manual stabilitas talud bronjong dengan pondasi *bore pile* didapat nilai faktor keamanan stabilitas guling, geser dan daya dukung teori *Rankine* berturut-turut sebesar 3,380; 1,026; 4,669 sedangkan dengan teori *Coulomb* berturut-turut sebesar 3,618; 1,128; 4,669. Pada perencanaan turap beton diperoleh panjang turap 14m dengan  $M_{max}$  sebesar 13,51 ton m sehingga digunakan tipe beton 50x22 cm tipe E. Nilai deformasi yang dihasilkan menggunakan aplikasi *Plaxis* sebesar 43,88 mm.

**Kata Kunci :** Stabilitas Lereng, Talud Bronjong, *Rocscience Slide*, Turap Beton

### ABSTRACT

Now days, The collapse road phenomenons become serious concern casued by landslides which generally occur as a result of the low shear strength of the slope-forming soil, increase both of external loads and groundwater level. Slides on the cliffs of the Suradita road are caused by the flow of water which affect the ground to slide down the road. The purpose of this study is to find out how to overcome slope slope using gabion talud with bore pile and concrete sheet foundation.

In this study, slope stability analysis was conducted using the *Fellenius* method and the *Bishop* method which will be compared with the *Rocscience Slide* application to look for slope safety values. Calculation of lateral soil pressure used the *Rankine* and *Coulomb* theories. The stability of the gabion talud with the bore pile foundation is checked for rolling moments, shear force and bearing capacity. Concrete slab design is determined on the slopes if the gabions are not safe so the slopes become safe. The plaster design is determined based on the  $M_{max}$  value that occurs on the concrete sheet and then adjusted to the dimensions of the concrete sheet on the market and analyzed using the *Plaxis* application to find out the deformation value that occurs.

From the analysis results obtained the value of slope safety factor using manual calculation of *Fellenius* method, *Bishop* of 1.325; 1,331 and the *Rocscience application Slide Fellenius*, *Bishop* method is 1,244; 1,292. Analysis of manual talud bronjong stability calculation with bore pile foundation obtained safety factor for rolling stability, sliding and carrying capacity of *Rankine* theory of 3,380; 1,026; 4,669 while with *Coulomb* theory 3,618; 1,128; 4,669. In the concrete pile planning, a 14m pile length was obtained with  $M_{max}$  of 13.51 ton m, so that the 50x22 cm type E was used. The deformation value generated using the *Plaxis* application is 43.88 mm.

**Keywords:** Slope Stability, Talud Bronjong, *Rocscience Slide*, Concrete Sheet Pile

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Fenomena jalan amblas kini tengah menjadi sorotan karena ada beberapa tempat yang terjadi tanah amblas pada waktu yang tidak diduga dan hal itu menjadikan banyak orang menjadi khawatir jika di tempat tinggalnya juga akan mengalami hal demikian. Faktor yang menjadi penyebab tanah amblas ini salah satunya adalah air sehingga tanah menjadi bergeser.

Kondisi Jalan Lingkar Selatan (JLS) Kabupaten Tangerang, ruas Suradita – Kranggan (Batas Tangsel) terdapat perbaikan perkuatan tanah menggunakan talud bronjong dengan pondasi *bore pile* untuk mengatasi masalah jalan di Suradita, namun alternatif tersebut tidak efektif karena masih terjadi pergeseran pada tanah sehingga penelitian ini dilakukan untuk mencari alternatif lain untuk mencegah amblasnya jalan. Alternatif yang disarankan dalam penelitian ini menggunakan turap beton.

Tugas akhir ini akan membahas analisis stabilitas lereng, analisis stabilitas talud bronjong dengan pondasi *bore pile* dan perencanaan perkuatan lereng dengan menggunakan turap beton dengan data tanah dari pihak konsultan perencana Proyek pembangunan / peningkatan perkuatan tebing badan jalan Suradita – Kranggan kecamatan Cisauk kabupaten Tangerang.

Tujuan penelitian ini yaitu ingin menganalisis stabilitas lereng di jalan Suradita – Kranggan menggunakan metode *Fellenius* dan *Bishop* dengan perhitungan manual dan *software Rocscience Slide*, menganalisis stabilitas talud bronjong dengan pondasi *bore pile* terhadap guling, geser dan daya dukung menggunakan metode *Rankine* dan *Coulomb*, serta mengetahui cara mendesain struktur dinding penahan tanah terbuat dari turap beton.

Seperti yang telah dilakukan oleh Fergina Nur Aisah (2015) dengan judul “Analisa Stabilitas dan Perencanaan Perkuatan Lereng dengan Menggunakan Program GEO5” yang bertujuan mencari nilai keamanan stabilitas lerengnya menggunakan metode *Fellenius* dan *Bishop* serta mengetahui nilai stabilitas dinding penahan tanah dengan perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan metode *Rankine* dan *Coulomb*. Hasil dengan metode *Fellenius*

dan *Bishop* sebesar 1,195 dan 1,238, untuk stabilitas dinding penahan tanah tahan terhadap guling, geser dan daya dukung perhitungan manual teori *Rankine* sebesar 10,57, 4,39 dan 10,15 untuk teori *Coulomb* 3,25, 3,74 dan 8,54.

Sedangkan manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan secara umum tentang stabilitas lereng dengan perhitungan manual maupun *software* serta stabilitas dinding penahan tanah dan perencanaan struktur dinding penahan tanah yang aman dan efektif.

### B. Lokasi Penelitian

Lokasi diadakannya penelitian ini dilakukan pada pembangunan talud bronjong di jalan Suradita – Kranggan kecamatan Cisauk kabupaten Tangerang.



**Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian**  
(Sumber: Google Maps, Desember 2017)



**Gambar 2. Kondisi di Lapangan**  
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017)

### C. Tinjauan Pustaka

Aisah, Fergina Nur (2015). dengan judul “Analisa Stabilitas dan Perencanaan Perkuatan Lereng dengan Menggunakan Program GEO5” bertujuan untuk mengetahui cara penanggulangan kelongsoran lereng dengan menggunakan dinding penahan tanah dengan menggunakan metode *Fellenius* dan *Bishop* untuk mencari nilai keamanan stabilitas lerengnya. Perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori *Rankine* dan *Coulomb*.

Kestabilan dinding penahan tanah yang direncanakan dicek terhadap momen guling, gaya geser dan daya dukungnya yang dibandingkan dengan program *GEO5*. Hasil dengan metode *Fellenius* dan *Bishop* sebesar 1,195 dan 1,238, untuk stabilitas dinding penahan tanah tahan terhadap guling, geser dan daya dukung perhitungan manual teori *Rankine* sebesar 10,57, 4,39 dan 10,15 untuk teori *Coulomb* 3,25, 3,74 dan 8,54 sedangkan dengan program dihasilkan 3,32, 3,45 dan 13,72.

Zain, M Nukhalid (2015) dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng Embung dengan Menggunakan Kombinasi Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Geotekstil dengan Bantuan Perangkat Lunak” bertujuan untuk mengetahui penyebab keruntuhan dinding penahan tanah eksisting, stabilitas lereng dan dinding penahan tanah. Hasil dari stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan *software SLOPE/W* didapatkan hasil faktor keamanan dengan metode *Fellenius*, *Bishop*, *Janbu*, dan *Mogestern-P* berturut-turut sebesar 0,48, 0,5, 0,2 dan 0,51 dan untuk stabilitas dinding penahan tanah kantilever dilakukan dengan *software GEO5* didapatkan hasil stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung sebesar 1,66, 0,51 dan 0,39 sedangkan perkuatan lereng menggunakan geotekstil dilakukan dengan perhitungan manual teori *Rankine* didapatkan hasil 11,73, 2,23, dan 3,12.

Akmal, Fadhly Zul (2016) dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng di Desa Sukamakmur, Kabupaten Bogor, Menggunakan Metode *Fellenius* Melalui Aplikasi *Geostudio Slope/W*” bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng berdasarkan faktor keamanan dengan metode *Fellenius* pada program *Geostudio Slope/W* dan stabilitas dinding penahan tanah dengan bronjong dan teras. Hasil dari stabilitas lereng dengan metode *Fellenius* menggunakan aplikasi *Slope/W* didapatkan sebesar 1,334 dan untuk stabilitas dinding penahan tanah terhadap momen guling dan geser adalah 3,27 dan 1,84 dengan teori *Coulomb*. Setelah dilakukan perbaikan lereng dengan pemasangan bronjong dan teras maka hasil faktor keamanannya menjadi 1,62.

## 2. LANDASAN TEORI

### A. Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Berdasarkan dari segi terbentuknya, lereng dibedakan menjadi 3 macam (Wesley. 1977):

- 1) Lereng alam
- 2) Lereng yang dibuat manusia
- 3) Lereng timbunan tanah

Longsoran lereng adalah pergerakan massa tanah batuan dalam arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula sebagai akibat ketidak mampuan lereng menahan gaya geser yang bekerja pada batas antara massa yang bergerak dan massa yang stabil (Wicaksono, 2003). (Santoso. 1998) menjelaskan bahwa terdapat 3 tipe utama dari kelongsoran tanah yaitu sebagai berikut :

- 1) Kelongsoran rotasi (*rotational slips*)
- 2) Kelongsoran translasi (*translational slips*)
- 3) Kelongsoran gabungan (*compound slips*)

### B. Stabilitas Lereng

Maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, bisa ditulis sebagai berikut:

$$F = \frac{\tau}{\tau_d}$$

Dimana,

F = faktor aman

$\tau$  = tahanan geser maksimum (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_d$  = tegangan geser yang terjadi (kN/m<sup>2</sup>)

Banyak cara analisis kestabilan lereng yang dikenal, tetapi secara garis besar dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu (Pangular. 1985):

- 1) Cara pengamatan visual
- 2) Cara komputasi
- 3) Cara grafik

### C. Perbaikan Stabilitas Lereng

Umumnya metode perbaikan stabilitas lereng dapat dibagi dalam 3 kelompok, yaitu (Hardiyatmo. 2002):

- 1) Metode geometri
- 2) Metode hidrologi
- 3) Metode kimia dan mekanis

**D. Tekanan Tanah Lateral**

1) Tekanan tanah saat diam  
Tekanan tanah saat diam adalah nilai banding antara tekanan horizontal dan tekanan vertikal pada kedalaman yang ditinjau

$$K_o = \frac{\sigma_h'}{zy'} = \frac{\sigma_h'}{\sigma_v'}$$

Dengan,

$\sigma_v'$  = tegangan vertikal efektif (kN/m<sup>3</sup>)

$\sigma_h'$  = tegangan horizontal efektif (kN/m<sup>3</sup>)

z = kedalaman dari muka tanah (m)

y' = berat volume efektif (kN/m<sup>3</sup>)

2) Tekanan tanah aktif

Tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan pada dinding penahan tanah.

a. Rankine

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}$$

b. Coulomb

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2\alpha \sin(\alpha - \delta) \left( 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\phi - \delta) \sin(\phi + \beta)} \right)^2}$$

Dengan,

K<sub>a</sub> = koefisien aktif

Ø = sudut geser tanah (°)

α = sudut antara dinding dengan dasar tanah (°)

φ = sudut geser tanah (°)

β = kemiringan tanah urug (°)

δ = sudut gesek antara dinding dan tanah (°)

3) Tekanan tanah pasif

Nilai banding tegangan horizontal dan vertikal pada kondisi ini merupakan tekanan tanah pasif.

a. Rankine

$$K_p = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}$$

b. Coulomb

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2\alpha \sin(\alpha + \delta) \left( 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)} \right)^2}$$

Dengan,

α = sudut antara dinding dengan dasar tanah (°)

φ = sudut geser tanah (°)

β = kemiringan tanah urug (°)

δ = sudut gesek antara dinding dan tanah (°)

4) Pengaruh beban di atas tanah urug

a. Beban terbagi merata

b. Beban titik

c. Beban garis

d. Beban terbagi rata memanjang

**E. Analisa Daya Dukung Pondasi**

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_{all} = Q_u / SF$$

Dimana,

Q<sub>u</sub> = kapasitas *ultimate* pondasi terhadap beban aksial tekan (kN)

Q<sub>p</sub> = kapasitas *ultimate* tahanan ujung pondasi (kN)

$$Q_p = 0,4 P_a N_{60} L/D \leq 4 P_a N_{60}$$

Q<sub>s</sub> = kapasitas *ultimate* tahanan gesek selimut pondasi (kN)

$$Q_s = \sum p \Delta L f$$

Q<sub>all</sub> = kapasitasn tekan izin pondasi (kN)

SF = faktor keamanan (*safety factor*)

N<sub>60</sub> = nilai rata-rata hasil SPT (diambil sekitar 10D di atas atau 4D di bawah kedalaman pondasi)

L = kedalaman pondasi (m)

D = diameter pondasi (m)

P = keliling penampang pondasi (m)

ΔL = kedalaman tanah i yang ditinjau (m)

f = resistensi gesekan unit pada setiap kedalaman z

**F. Stabilitas Dinding Penahan Tanah**

1) Stabilitas terhadap guling

$$F_{gt} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}}$$

Dimana :

ΣM<sub>w</sub> = W b1

ΣM<sub>gl</sub> = ΣP<sub>ah</sub> h1 + ΣP<sub>av</sub> B

ΣM<sub>w</sub> = momen yang melawan guling (kN.m)

ΣM<sub>gl</sub> = momen yang mengakibatkan guling (kN.m)

W = berat tanah di atas pelat pondasi + berat sendiri dinding penahan (kN)

B = lebar kaki dinding penahan (m)

ΣP<sub>ah</sub> = jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

ΣP<sub>av</sub> = jumlah gaya-gaya vertikal (kN)

2) Stabilitas terhadap geser

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_{ah}}$$

Dimana :



- $\Sigma R_h$  = tahanan dinding penahan tanah terhadap geser  
 $\Sigma P_{ah}$  = jumlah gaya horizontal
- 3) Stabilitas terhadap kapasitas daya dukung
- $$F = \frac{q_u}{q} \geq 3$$

Dimana :  
 q = tekanan akibat beban struktur (kN)  
 q<sub>u</sub> = tekanan tanah ultimate (kN)

**G. Software Rocscience Slide**

*Rocscience Slide* adalah salah satu *software* geoteknik yang mempunyai spesialisasi sebagai *software* perhitungan kestabilan lereng, analisis probabilitas, *groundwater seepage analysis*, dan sebagainya. Pada dasarnya *Rocscience Slide* adalah salah satu program yang berbasis kepada metode kesetimbangan batas (*vertical slice limit equilibrium method*).

**H. Software Plaxis**

Plaxis adalah program elemen hingga untuk aplikasi geoteknik dimana digunakan

model-model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku dari tanah. Simulasi permasalahan geoteknik dengan menggunakan metode elemen hingga sendiri telah secara *implicit* melibatkan kesalahan pemodelan dan kesalahan *numeric* yang tidak dapat dihindarkan. Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program Plaxis ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program

**3. METODE PENELITIAN**

Tahapan dalam proses perancangan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

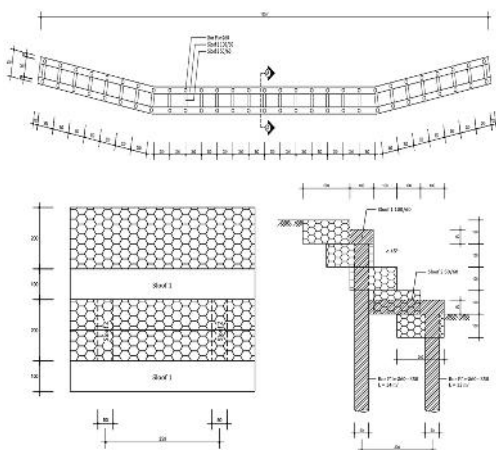
- A. Studi Kepustakaan
- B. Pengumpulan Data
  - 1) Data Primer: Dokumentasi lapangan
  - 2) Data Sekunder: Data hasil investigasi tanah dan dimensi talud bronjong dari pihak konsultan

**Tabel 1. Data Hasil Penyelidikan Tanah**

Titik	Kedalaman	Triaksial UU		Properti Material				
		C (kg/cm <sup>3</sup> )	Φ (°)	Ws (%)	γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	Γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	e	Sr (%)
BH - 1	-4,00 sampai -4,50	0,25	0,25	68,23	1,542	0,917	1,930	94,85
BH - 2	-4,00 sampai -4,50	0,09	12,09	57,58	1,598	1,014	1,650	93,71
BH - 3	-4,00 sampai -4,50	0,06	9,63	55,60	1,622	1,042	1,570	94,75
BH - 4	-9,00 sampai -9,50	0,07	8,63	53,49	1,657	1,080	1,500	96,35
BH - 5	-4,00 sampai -4,50	0,26	17,26	39,85	1,764	1,261	1,110	95,61

(Sumber: PU Kabupaten/Kota Tangerang, 2017)

Ukuran dimensi dinding penahan tanah



**Gambar 3. Dimensi Dinding Penahan Tanah**  
 (Sumber: PU Kabupaten/Kota Tangerang, 2017)

- 1) Pehitungan nilai faktor keamanan lereng dengan menggunakan metode *Fellenius*, *Bishop* dan *software Rocscience Slide*
- 2) Perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori *Rankine* dan *Coulomb*
- 3) Analisa stablitas talud bronjong dengan pondasi *bore pile* terhadap gaya geser, guling dan daya dukung tanah
- 4) Apabila tidak aman maka dilakukan pendesainan turap beton dengan perhitungan deformasi yang terjadi menggunakan *software Plaxis*
- 5) Kemudian membuat kesimpulan dan saran untuk penelitian yang telah dilakukan.

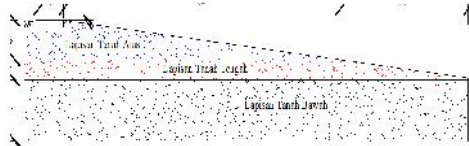
**4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**A. Pendahuluan**

Perhitungan akan dilakukan secara manual dan menggunakan perangkat lunak berdasarkan data propertis tanah dan beban-

C. Pengolahan Data:

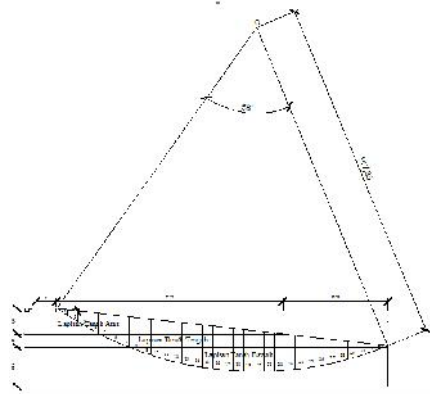
beban yang bekerja pada jalan Suradita – Kranggan. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan metode *Fellenius* dan *Bishop* yang akan dibandingkan hasilnya dengan aplikasi *Rocscience Slide*, sedangkan untuk menghitung stabilitas talud bronjong menggunakan teori *Rankine* dan *Coulomb*.



Gambar 4. Layout Tanah (Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

**B. Analisa Stabilitas Lereng dengan Perhitungan Manual**

Pada perhitungan stabilitas lereng terlebih dahulu menentukan garis kelongsoran dan pembagian pias yang akan dipakai untuk mencari *safety factor*.



Gambar 5. Pola Kelongsoran Lereng (Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Setelah menentukan garis kelongsoran dan pias maka cari panjang kemiringan, tinggi, lebar dan sudut setiap pias, kemudian lakukan perhitungan stabilitas lereng dengan metode sebagai berikut:

1) Metode *Fellenius*

Pada metode ini menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor

$$c \cdot L = 212,5397$$

$$\tan \phi \cdot W \cos \alpha = 5237,284$$

$$W \cdot \sin \alpha = 4113,559$$

Faktor keamanan lereng

$$FK = \frac{c \cdot L + \sum \tan \phi \cdot W \cos \alpha}{\sum (W \cdot \sin \alpha)} = 1,325$$

2) Metode *Bishop*

Pada metode ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan adalah sama dan saling berlawanan, tetapi gaya-gaya normal pada irisan tidak sama besarnya.

$$c \cdot b = 16,682$$

$$W \cdot \tan \phi = 5378,199$$

$$W \cdot \sin \theta = 4113,559$$

$$M_i = \cos \alpha (1 + \tan \alpha \times (\tan \phi / F))$$

$$F_1 = 1 \text{ (asumsi),}$$

maka  $M_{i1} = 32,411$

$$F_2 = 1,3 \text{ (asumsi),}$$

maka  $M_{i2} = 31,984$

Faktor keamanan lereng

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + W_i \tan \phi'] \frac{1}{M_i}}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$

$$F_1 = 1,331$$

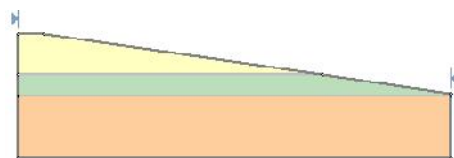
$$F_2 = 1,345$$

**C. Analisa Stabilitas Lereng dengan Rocscience Slide**

Table 2. Data Parameter Tanah yang Diinput

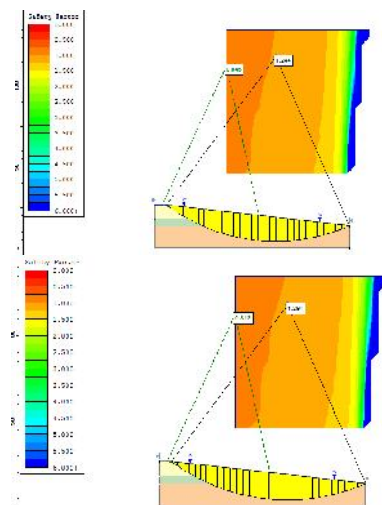
Lapisan Tanah Ke-	Unit Weight kN/m <sup>3</sup>	Saturated U.W kN/m <sup>3</sup>	Cohesion kPa	Phi degrees	Ket
1	12,14	17,4	1,268	10,398	Kuning
2	13,54	18,8	1,548	12,178	Hijau
3	15,34	20,6	1,908	14,466	Merah

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)



Gambar 6. Tampilan Permodelan Rocscience Slide

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)



Gambar 7. Tampilan Hasil Running Rocscience Slide Interpret

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Dilihat dari hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode *Fellenius* dan *Bishop* didapat nilai faktor keamanannya sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai FS

Metode	Manual	Aplikasi	FS	Ket	Perbedaan (%)
Fellenius	1,325	1,244	≤ 1,5	Tidak aman	6,102
Bishop	1,331	1,292	≤ 1,5	Tidak aman	2,954

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

D. Analisa Stabilitas Talud Bronjong dengan Pondasi *Bored Pile*

- 1) Beban tambahan
  - a. Beban kendaraan

Beban kendaraan yang diambil dari kendaraan yang tersebar yang lewat pada jalan Suradita-Kranggan yaitu truck 3 as dengan beban roda kendaraan berupa beban sumbu tunggal. Beban standar ini diambil sebesar 18.000 pounds (8,16 ton/81,6 kN) pada sumbu standar tunggal berdasarkan peraturan perkerasan lentur Pt T-01-2002-B dengan acuan metode AASHTO.

$$m = \frac{x}{H} = \frac{73}{5} = 14,6$$

$$\sigma = \frac{1,77 P}{H^2} \frac{m^2 n^2}{(m^2 + n^2)^3}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Beban Kendaraan

z (m)	m	n	σ (kN/m)	Pa (kN)	Jarak ke titik O	Momen (kNm)
0.5	14.6	0.1	0.00005	0.00001	5	0.00006
1	14.6	0.2	0.00010	0.00004	4.5	0.00017
1.5	14.6	0.3	0.00015	0.00006	4	0.00025
2	14.6	0.4	0.00020	0.00009	3.5	0.00031
2.5	14.6	0.5	0.00025	0.00011	3	0.00034
3	14.6	0.6	0.00030	0.00014	2.5	0.00034
3.5	14.6	0.7	0.00035	0.00016	2	0.00032
4	14.6	0.8	0.00040	0.00019	1.5	0.00028
4.5	14.6	0.9	0.00045	0.00021	1	0.00021
5	14.6	1	0.00050	0.00024	0.5	0.00012
Jumlah			0.00274	0.00093		0.00240

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

$$Z = \frac{M_{tot}}{Pa_{tot}} = \frac{0,00240}{0,00093} = 2.576 \text{ m}$$

- b. Beban perkerasan jalan

Lap. Beton = 24 x 0,3 = 7,2 kN/m<sup>2</sup>

Lap. Pondasi = 22 x 0,1 = 2,2 kN/m<sup>2</sup>

Total Beban = 7,2 + 2,2 = 9,4 kN/m<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{2Q}{H} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

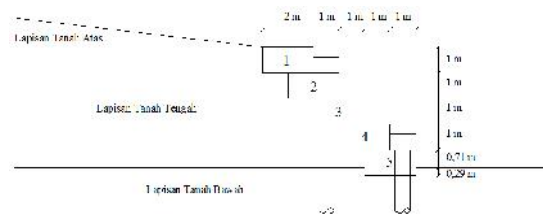
Tabel 5. Rekapitulasi Beban Perkerasan Jalan

z (m)	σ	β	Radians	σ (kN/m)	Pa (kN)	Jarak ke titik O	Momen (kNm)
0.5	89.608	1	0.0175	0.209	0.052	5	0.262
1	89.215	1	0.0175	0.209	0.209	4.5	0.942
1.5	88.822	1	0.0175	0.209	0.209	4	0.837
2	88.431	1	0.0175	0.209	0.209	3.5	0.732
2.5	88.039	1	0.0175	0.209	0.209	3	0.627
3	87.646	1	0.0175	0.209	0.209	2.5	0.522
3.5	87.255	1	0.0175	0.209	0.209	2	0.418
4	86.864	1	0.0175	0.209	0.209	1.5	0.313
4.5	86.473	1	0.0175	0.208	0.209	1	0.209
5	86.082	1	0.0175	0.208	0.208	0.5	0.104
				1.043	1.043	0	1.566

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

$$Z = \frac{M_{tot}}{Pa_{tot}} = \frac{1,566}{1,043} = 1,501 \text{ m}$$

- c. Beban sendiri konstruksi



Gambar 8. Peletakan Bronjong pada Lereng (Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Tabel 5. Rekapitulasi Momen Talud Bronjong

No	Beban Sendiri				Berat	Jarak dari titik O	Momen (Mx)
	Lebar	Tinggi	Bj batu	γ tanah			
1	2	1	26	-	52	5	260
2	2	1	26	-	52	4	208
3	2	1	26	-	52	3	156
4	2	1	26	-	52	2	104
5	2	1	26	-	52	1	52
Jumlah					260		780

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

- 2) Metode *rankine*

Metode *rankine* mengasumsikan ketika tekanan horizontal dikurangi pada suatu nilai tertentu, kuat geser tanah pada suatu saat akan sepenuhnya berkembang dan tanah kemudian mengalami keruntuhan.

Tabel 6. Nilai Tekanan Tanah Aktif Talud Bronjong Metode *Rankine*

No	Pa' (kN)	-2 c √ Kp H	Total	Pa h (kN)	Pa v (kN)	Ket
1	0.263	-0.458	-0.174	-0.173	-0.018	tekanan tanah aktif total
2	10.714	-	10.714	10.655	1.120	
3	124.032	-11.246	112.786	112.168	11.789	
4	0.636	-	0.636	0.633	0.066	
5	14.727	-	14.727	14.616	1.539	
6	0.52	-0.857	-0.337	-0.336	-0.035	
7	0.000935	-	0.000935	0.00093	0.00010	beban titik kendaraan
8	1.0435	-	1.0435	1.038	0.109	beban merata jalan
Σ			139.396	138.632	14.571	

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Momen tekanan tanah aktif

$$\Sigma Ma = 230,746 \text{ kNm}$$

Tabel 7. Nilai Tekanan Tanah Pasif Talud Bronjong Metode Rankine

No	Pp (kN)	2 c √Kp H	Total
1	7.272	2.723	9.995
2	6.449	-	6.449
3	1.443	1.428	2.871
Σ			19.315

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Momen tekanan tanah pasif

$$\sum Mp = 6,477 \text{ kNm}$$

**Kontrol stabilitas**

- Stabilitas terhadap guling  
 $SF_{guling} = 3,380 \geq 1,5$  (aman)
- Stabilitas terhadap geser  
 $SF_{geser} = 1,026 \leq 2$  (tidak aman)
- Stabilitas daya dukung tanah  
 $SF_{dukung} = 4,669 \geq 3$  (aman)

3) Metode *coulomb*

Metode *coulomb* memperhatikan pengaruh gesekan antara tanah urug dengan dinding penahannya

Tabel 8. Nilai Tekanan Tanah Aktif Talud Bronjong Metode Coulomb

No	Pa' (kN)	2 c √Kp H	Total	Pa h (kN)	Pa v (kN)	Ket
1	0.286	-0.46	-0.174	-0.173	-0.018	tekanan tanah aktif total
2	10.037	-	10.037	9.982	1.049	
3	116.187	-10.885	105.302	104.726	11.007	
4	0.596	-	0.596	0.593	0.062	
5	13.794	-	13.794	13.718	1.442	beban titik kendaraan
6	0.487	-0.83	-0.343	-0.341	-0.036	
7	0.000935	-	0.000935	0.00093	0.00010	
8	1.0435	-	1.0435	1.038	0.109	beban merata jalan
Σ			130.257	129.543	13.616	

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Momen tekanan tanah aktif

$$\sum Ma = 215,574 \text{ kNm}$$

Tabel 9. Nilai Tekanan Tanah Pasif Talud Bronjong Metode Coulomb

No	Pp (kN)	2 c √Kp H	Total
1	8.825	3	11.825
2	8.264	-	8.264
3	1.849	1.617	3.466
Σ			23.555

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Momen tekanan tanah pasif

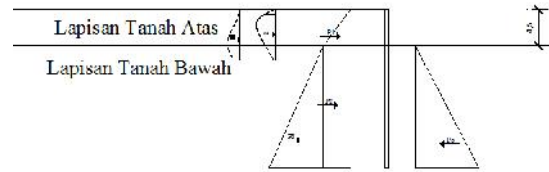
$$\sum Mp = 4,622 \text{ kNm}$$

**Kontrol stabilitas**

- Stabilitas terhadap guling  
 $SF_{guling} = 3,618 \geq 1,5$  (aman)
- Stabilitas terhadap geser  
 $SF_{geser} = 1,128 \leq 1,5$  (tidak aman)
- Stabilitas daya dukung tanah  
 $SF_{dukung} = 4,669 \geq 3$  (aman)

E. Analisa Stabilitas Turap Beton

1) Desain turap beton



Gambar 9. Tekanan Tanah Aktif dan Pasif pada Turap Beton

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Tabel 10. Data Tanah

Lapisan tanah	L	C	φ	γm	γ'	Ket
1	4.5	0	37	17.27	7.46	Asumsi
2	D	1.908	14.4656	20.6	10.79	Data Lab

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Penentuan nilai koefisien aktif dan pasif

$$Ka_1 = \tan^2 (45 - \phi/2) = 0,249$$

$$Ka_2 = \tan^2 (45 - \phi/2) = 0,6$$

$$Kp = \tan^2 (45 + \phi/2) = 1,666$$

Mencari kedalaman turap

$$a. \sigma_2' = \gamma_1' L_1 Ka_1 = 8,34 \text{ kN/m}^2$$

$$b. L_3 = \frac{L ka_1}{(Kp - Ka_2)} = 1,05 \text{ m}$$

$$c. \sigma_5 = (\gamma_1' L Kp) + (\gamma_1' L_3 (Kp - Ka_2)) = 64,233 \text{ kN/m}^2$$

$$d. P_1 = (\frac{1}{2} \sigma_2' L) + (\frac{1}{2} \sigma_5' L_3) = 23,142 \text{ kN/m}$$

$$e. Z_1 = \frac{\sum M_E}{3 \times (Kp - Ka_2)} = 4,035 \text{ m}$$

$$f. A_1 = \frac{\sigma_5' L}{\gamma_1' \times (Kp - Ka_2)} = 8,084$$

$$A_2 = \frac{8P}{\gamma_1' \times (Kp - Ka_2)} = 23,301$$

$$A_3 = \frac{6P_2 Z \gamma_1' (Kp - Ka_2) + \sigma_5' L}{\gamma_1'^2 \times (Kp - Ka_2)^2} = 282,3$$

$$A_4 = \frac{P[6Z\sigma_5' + 4P]}{\gamma_1'^2 \times (Kp - Ka_2)^2} = 603,955$$

$$g. L_4 = L_4^4 + A_1 L_4^3 + A_2 L_4^2 + A_3 L_4 + A_4 = 0$$

$$= L_4^4 + 8,084 L_4^3 + 23,301 L_4^2 + 74282,3 L_4 + 603,955 = 0$$

$$L_4 = 6,079 \text{ m}$$

Maka didapat nilai

$$D = L_3 + L_4$$

$$D = 1,05 + 6,079 = 7,129$$

Sehingga panjang total turap yang dibutuhkan yaitu:

$$L = L + 1,3D = 13,767 \sim 14 \text{ m}$$



$$z' = \sqrt{\frac{2P}{(Kp-Ka)\gamma'}} = 2,006 \text{ m}$$

$$M_{\max} = P(L + z') - \frac{\gamma z'^3 (Kp-Ka)}{6}$$

$$= 13,51 \text{ ton m}$$

Dengan nilai momen maksimum yang dapat ditahan senilai 13,51 ton m/m maka tipe turap beton yang digunakan yaitu 50 x 22 tipe E.

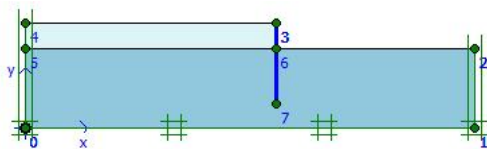
2) Analisa deformasi

Analisa turap beton dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis* untuk mendapatkan nilai deformasi yang terjadi pada turap beton.

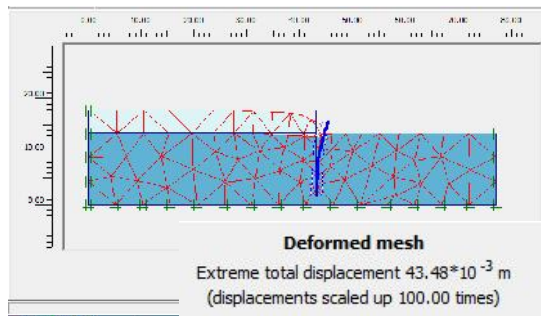
Tabel 11. Data Parameter Tanah yang Diinput

Lapisan Tanah	1	2
Jenis Tanah	Sand	Clay
Y (kN/m <sup>3</sup> )	7,46	10,79
Y sat (kN/m <sup>3</sup> )	17,27	20,6
C (kPa)	0	1,908
Phi (°)	37	14,466
v	0,25	0,35
E	72000	80000

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)



Gambar 10. Tampilan Permodelan *Plaxis* (Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)



Gambar 11. Tampilan Hasil *Deformed Mesh* (Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Analisa

No	Keterangan	Bronjong		%	Keterangan	Turap Beton
		Rankine	Coulomb			
1	ΣPa	139,396	130,257	7%	Panjang (m)	14
2	ΣPp	19,315	23,555	18%	M <sub>max</sub> (ton m)	13,51
3	ΣMa	230,746	215,574	7%	Dimensi (cm)	50 x 22
4	ΣMp	6,477	4,622	40%	tipe	E
5	Stabilitas Guling	3,380	3,618	7%	Mutu (Mpa)	58,1
6	Stabilitas Geser	0,541	0,611	12%	Berat (ton/m)	0,262
7	Stabilitas Daya Dukung Tanah	9,637	9,637	0%	Deformasi (mm)	43,88

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2018)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil analisis stabilitas lereng sebelum diberikan penguatan berdasarkan perhitungan faktor keamanan dengan metode *Fellenius* menggunakan perhitungan manual diperoleh nilai sebesar 1,325 sedangkan dengan *software Rocscience Slide* metode *Fellenius* diperoleh sebesar 1,244 dan dengan metode *Bishop* menggunakan perhitungan manual diperoleh nilai sebesar 1,331 sedangkan dengan *software Rocscience Slide* metode *Bishop* diperoleh sebesar 1,292. Dari hasil ke empat analisis SF, menunjukkan bahwa hasil SF dengan perhitungan manual didapat lebih besar dari hasil SF menggunakan *software Rocscience Slide*.
- 2) Analisis stabilitas lereng yang diperkuat dengan bronjong menggunakan pondasi bore pile diperoleh hasil perhitungan SF (faktor keamanan) stabilitas bronjong terhadap gaya guling dengan teori *Rankine* sebesar  $3,380 \geq 1,5$  (Aman) dan teori *Coulomb* sebesar  $3,618 \geq 1,5$  (Aman). Perhitungan SF (faktor keamanan) stabilitas bronjong terhadap gaya geser menggunakan teori *Rankine* diperoleh nilai SF sebesar  $1,026 \leq 2$  (Tidak Aman) dan teori *Coulomb* sebesar  $1,128 \leq 2$  (Tidak Aman). Perhitungan SF (faktor keamanan) stabilitas bronjong terhadap daya dukung tanah diperoleh SF =  $4,669 \geq 3$  (Aman).
- 3) Dari hasil analisis stabilitas lereng yang diperkuat dengan bronjong menggunakan pondasi bore pile menunjukkan bahwa stabilitas terhadap gaya geser tidak aman, sehingga penulis merekomendasikan penguatan lereng menggunakan turap beton. Dengan hasil perhitungan diperoleh perencanaan kedalaman turap beton  $D_{\text{teori}} = 7,129 \text{ m}$ , total panjang turap yang digunakan  $L = 13,767 \text{ m} \sim 14 \text{ m}$  dengan  $M_{\max} = 13,51 \text{ ton m}$ . Tipe turap beton yang digunakan 50 x 22 cm tipe E. Analisa stabilitas tanah yang diperkuat dengan turap beton diperoleh nilai deformasi lateralnya sebesar 43,88 mm yang menunjukkan bahwa hasil deformasi lebih

kecil dari batas maksimum deformasi yang diijinkan yaitu 45 mm.

## B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran untuk menanggapi kesimpulan tersebut sebagai berikut:

- 1) Untuk *software Rocscience Slide* perlu dicoba dengan metode lain seperti *Corps of Engineers, GLE/Morgenstern-Price, Janbu*, dan lain-lain.
- 2) Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar melakukan perbaikan lereng atau menambah stabilitas lereng dengan metode perbaikan yang lain seperti metode geometri, hidrologi maupun kimia.
- 3) Untuk penelitian selanjutnya pada analisa dinding penahan tanah bisa menggunakan atau membandingkan dengan bantuan *software* seperti *slope/w, Geo5*, dan lain-lain agar mengetahui keakuratan dari hasil perhitungan manual.
- 4) Turap beton berukuran 50 x 22 cm tipe E panjang 14 m disarankan untuk digunakan pada perbaikan lereng tebing badan jalan Suradita - Kranggan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, Fergina Nur (2015). "*Analisa Stabilitas dan Perencanaan Perkuatan Lereng dengan Menggunakan Program GEO5 (Studi Kasus Ruas Jalan Pacung Munjul – Pandeglang)*". Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Akmal, Fadhly Zul (2016). "*Analisa Stabilitas Lereng di Desa Sukamakmur, Kabupaten Bogor, Menggunakan Metode Fellenius Melalui Aplikasi Geostudio Slope/W*". Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Budhu, Muni (2011). "*Soil Mechanics and Foundation I*", edisi 3. Universitas Arizona
- Das, Braja M. (2007). "*Principles of Foundation Engineering*", edisi 7. Penerbit Cengage Learning, USA
- Das, Braja M., Endah Noor. (1993). "*Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*", jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Fathonah, Woelandari. (2012). "*Analisis Dinding Penahan Tanah dengan SAP2000, PLAXIS dan Geoslope 2007*". Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Hadihardaja, Joetata. (1997). "*Rekayasa Fundasi I, Kontruksi Penahan Tanah*". Penerbit Gunadarma
- Hadihardaja, Joetata. (1997). "*Rekayasa Fundasi II, Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam*". Penerbit Gunadarma
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2002). "*Mekanika Tanah II*", edisi 3. Universitas Gajah Mada
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2008). "*Teknik Fondasi 2*", edisi 4. Universitas Gajah Mada
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2011). "*Analisis dan Perancangan Pondasi*", edisi 2. Universitas Gajah Mada
- Sagita, Elok Fajar. (2017). "*Analisa Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Bronjong Menggunakan Software Geoslope di Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri*". Solo: Universitas Negeri Sebelas Maret
- Saputra, Septian Adi. (2017). "*Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Geotekstil pada Ruas Jalan Lintas Lima – Simpang Gunung Kemala KM. 268+550*". Lampung: Universitas Lampung
- Simatupang, Andry. (2015). "*Perbandingan Antara Metode Limit equilibrium dan Metode Finite Element dalam Analisa Stabilitas Lereng*". Medan: Universitas Sumatera Utara
- Zain, M. Nukhalid (2015). "*Analisa Stabilitas Lereng Embung dengan Menggunakan Kombinasi Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Geotekstil dengan Bantuan Perangkat Lunak*". Malang: Universitas Brawijaya Malang