

**Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah
Kantilever Dan Geotekstil Pada Ruas Jalan Lintas Liwa – Simpang Gunung
Kemala KM. 268+550**

**Septian Adi Saputra¹⁾
Idharmahadi Adha²⁾
Yohanes Martono Hadi³⁾**

Abstract

In analyzing of the slope stability used a computer program, that is SLOPE/W. Existing slope stability analysis with the program SLOPE/W Bishop methods in wet and dry conditions obtained value of safety factor 0.433 and 0.4. These results prove the structure of the slopes is not safe, it is needed solutions to handle slope sliding that has a stable numerical secure slope value by using woven geotextile reinforcement by the number of 16 layers, tensile capacity 200 kN/m, cohesion 3 kPa and the friction angle of the soil 38°, vertical distance 2 m and a cantilever concrete retaining wall that has a height 15 m with a specific gravity 25 kN/m³, the compressive strength of concrete plans (f'c) 30 MPa and a tensile strength steel (fy) 400 Mpa.

The results of slope sliding stability analysis, reinforced with geotextile using SLOPE/W obtained value of safety factor 1,332, while reinforced with cantilevered retaining wall at 1.852. For the analysis of external stability by geotextiles strengthening obtained bolsters safety factor 5.9479, shear stability 3.3531 and carrying capacity 3.4815, while the cantilevered retaining wall reinforcement obtained stability bolsters safety factor 6.0643, shear stability 2.2346 and carrying capacity 3.1828.

Keywords: *Slope stability, stability of retaining walls, Geotextile, SLOPE/W.*

Abstrak

Dalam menganalisis stabilitas lereng digunakan satu program komputer yaitu SLOPE/W. Analisis stabilitas lereng eksisting dengan program SLOPE/W metode Bishop pada kondisi basah dan kering diperoleh nilai angka keamanan sebesar 0,433 dan 0,4. Hasil tersebut membuktikan struktur lereng tidak aman, maka diperlukan solusi untuk penanganan kelongsoran lereng sehingga memiliki nilai angka aman lereng yang stabil dengan menggunakan perkuatan geotekstil woven dengan jumlah 16 lapis, kapasitas tarik 200 kN/m, kohesi 3 kPa dan sudut geser terhadap tanah 38°, jarak vertikal 2 m dan dinding penahan beton kantilever yang memiliki tinggi 15 m dengan berat jenis 25 kN/m³, kuat tekan beton rencana (f'c) 30 MPa dan kuat tarik baja (fy) 400 Mpa.

Hasil analisis stabilitas kelongsoran lereng yang diperkuat dengan geotekstil menggunakan SLOPE/W diperoleh nilai angka keamanan 1,332, sedangkan yang diperkuat dengan Concrete Cantilever sebesar 1,852. Untuk analisis stabilitas eksternal dengan perkuatan geotekstil didapatkan angka keamanan stabilitas guling 5,9479, stabilitas geser 3,3531 dan daya dukung 3,4815, sedangkan dengan perkuatan Concrete Cantilever didapatkan angka keamanan stabilitas guling 6,0643, stabilitas geser 2,2346 dan daya dukung 3,1828.

Kata kunci : *Stabilitas, Lereng, Concrete Cantilever, Geotekstil, SLOPE/W.*

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: septianadisaputra96@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: idharmahadiadha@eng.unila.ac.id

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: yohanesmartonohadi@eng.unila.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pengaruh hujan deras yang mengguyur sebagian besar wilayah Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Lampung mengakibatkan kelongsoran dan pengikisan sebagian bahu jalan pada ruas jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala KM.268+550. Ruas jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala terletak di wilayah perbukitan TNBBS Lampung yang memiliki kondisi geografis terdiri dari tebing dan jurang yang cukup curam, sehingga rawan mengalami kelongsoran. Hal ini tentunya sangat membahayakan bangunan dan pengguna jalan di sekitar lereng sehingga diperlukan solusi yang bisa menjadi alternatif untuk menjadikan lereng tersebut aman dari bahaya longsor. Salah satunya adalah dengan membangun konstruksi perkuatan pada lereng tersebut. Perkuatan tanah pada lereng yang sering dipergunakan sebagai solusi untuk menghindari terjadinya longsor adalah dengan dibangunnya dinding penahan tanah.

Ada beberapa metode dalam melakukan analisis stabilitas lereng, salah satunya yaitu metode keseimbangan batas (*limit equilibrium method*). Analisis stabilitas lereng dengan metode ini sangat membutuhkan ketelitian dan ketekunan untuk mendapatkan hasil yang akurat, sehingga analisis dapat dilakukan dengan menggunakan program komputer. Salah satu program komputer yang menggunakan prinsip metode keseimbangan batas (*limit equilibrium method*) dalam analisis stabilitas lereng yaitu program *SLOPE/W*. Kelebihan dari program ini yaitu dapat menghitung angka aman secara akurat dalam waktu yang singkat. Karena menggunakan prinsip metode keseimbangan batas (*limit equilibrium method*), maka program ini mudah dipelajari oleh pemula.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas lereng tanpa perkuatan dinding penahan tanah dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) *SLOPE/W*, mendesain struktur *Concrete Cantilever* dan menentukan panjang geotekstil yang aman dan efisien, mengetahui hasil analisis stabilitas eksternal lereng yang diperkuat *Concrete Cantilever* dan geotekstil, apakah aman terhadap bahaya guling, bahaya geser dan penurunan daya dukung dengan menggunakan perhitungan manual dan mengetahui hasil analisis stabilitas kelongsoran lereng yang diperkuat dengan *Concrete Cantilever* dan geotekstil menggunakan perangkat lunak (*software*) *SLOPE/W*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah (Hariyatmo 2003:326). Indrawahjuni (2011:93) menambahkan apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran.

2.2. Lereng dan Longsoran

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.

2.3.Perbaikan Lereng

Metode perbaikan stabilitas lereng dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 1.Metode geometri yaitu perbaikan lereng dengan cara mengubah geometri lereng.
- 2.Metode hidrologi yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng.
- 3.Metode-metode kimia dan mekanis yaitu dengan cara *grouting* semen untuk menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu (tiang) di dalam tanah.

2.4.Tekanan Tanah Lateral

Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (*displacement*) dan regangan (*strain*) (Hardiyatmo, 2003:184).

2.4.1.Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003:188), Tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya, sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a .

Perhitungan gaya aktif yang bekerja pada tanah tak kohesif:

Harga K_a Untuk permukaan tanah datar

$$P_a = K_a \gamma z \quad (1)$$

Sedangkan untuk tanah kohesif:

$$P_a = K_a \gamma z - 2c \sqrt{K_a} \quad (2)$$

Harga K_a untuk permukaan tanah datar (Teori Rankine)

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad (3)$$

Harga K_a untuk permukaan tanah miring (Teori Rankine)

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}} \quad (4)$$

dimana:

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

K_a = Koefisien aktif

2.4.2.Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003:188), Tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya dan didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau K_p .

Perhitungan gaya pasif yang bekerja pada tanah tak kohesif:

Harga K_p Untuk permukaan tanah datar

$$P_p = K_p \gamma z \quad (5)$$

Sedangkan untuk tanah kohesif:

$$P_p = K_p \gamma z - 2c \sqrt{K_p} \quad (6)$$

Harga K_p untuk permukaan tanah datar (Teori Rankine)

$$K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} = \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) \quad (7)$$

Harga K_p untuk permukaan tanah miring (Teori Rankine)

$$K_p = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (8)$$

dimana:

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

K_p = Koefisien pasif

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

z = Kedalaman tanah (m)

c = Kohesi (kN/m²)

ϕ = sudut gesek tanah (°)

β = kemiringan permukaan tanah (°)

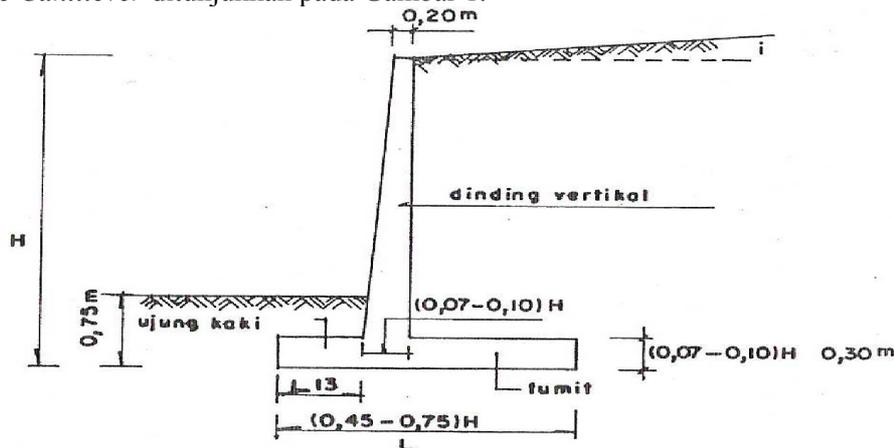
2.5. Dinding Penahan Tanah

2.5.1. Dinding Penahan Tanah Kantilever (*Cantilever Retaining Wall*)

Dinding penahan type kantilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertical dan tapak lantai. Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertical (*stem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*).

2.5.2. Dimensi Concrete Cantilever

Didasarkan pada pengalaman perencanaan yang pernah dilakukan, dimensi sementara *Concrete Cantilever* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ukuran sementara dinding kantilever

2.6. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

2.6.1. Stabilitas Terhadap Guling

Menurut Hardiyatmo (2002:399), Stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug di belakang dinding penahan tanah. Faktor keamanan terhadap bahaya penggulingan (F_{gl}) didefinisikan sebagai berikut:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \geq 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif} \quad (9)$$

$$\sum M_w = W b_1 \quad (10)$$

$$\sum M_{gl} = \sum P_{ah} h_1 + \sum P_{av} B \quad (11)$$

Dimana :

ΣM_w = momen yang melawan guling (kNm)

ΣM_{gl} = momen yang mengakibatkan guling (kNm)

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

B = lebar kaki dinding penahan (m)

ΣP_{ah} = jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

ΣP_{av} = jumlah gaya-gaya vertikal (kN)

2.6.2. Stabilitas Terhadap Geser

Menurut Hardiyatmo (2002:396), Stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya - gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Faktor keamanan terhadap bahaya penggeseran didefinisikan sebagai berikut :

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_{ah}} \geq 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif} \quad (12)$$

Untuk tanah granular ($c = 0$)

$$\sum R_h = W f = W \tan \delta_h \quad (13)$$

dengan $\delta_h \leq \emptyset$ untuk tanah kohesif ($\emptyset = 0$)

$$\sum R_h = c_a B \quad (14)$$

Untuk tanah $c = \emptyset$ ($\emptyset > 0$ dan $c = 0$)

$$\sum R_h = c_a B + W \tan \delta_h \quad (15)$$

dimana:

ΣR_h = tahanan dinding penahan tanah terhadap geser (kN)

W = berat total dinding penahan dan tanah di atas pelat pondasi (kN)

δ_h = sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi, diambil $1/3 - (2/3)\emptyset$

c_a = $a_d \times c$ = adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m²)

c = kohesi tanah dasar (kN/m²)

a_d = faktor adhesi

B = lebar kaki dinding penahan (m)

ΣP_{ah} = jumlah gaya horizontal (kN)

f = koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar pondasi

2.6.3. Stabilitas Terhadap Kapasitas Daya Dukung

Menurut Hardiyatmo (2002:400), Persamaan kapasitas daya dukung untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah antara lain adalah menggunakan persamaan Hansen dan Vesic yang digunakan untuk menghitung beban miring dan eksentris. Persamaan Hansen dan Vesic didefinisikan sebagai berikut :

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_{fj} N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B_\gamma N_\gamma \quad (16)$$

dimana :

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman

i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban

B = lebar kaki dinding penahan (m)

e = eksentrisitas beban (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

N_c, N_q dan N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Hansen dan Vesic

Faktor keamanan minimum untuk keruntuhan kapasitas daya dukung didefinisikan sebagai berikut :

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3 \quad (17)$$

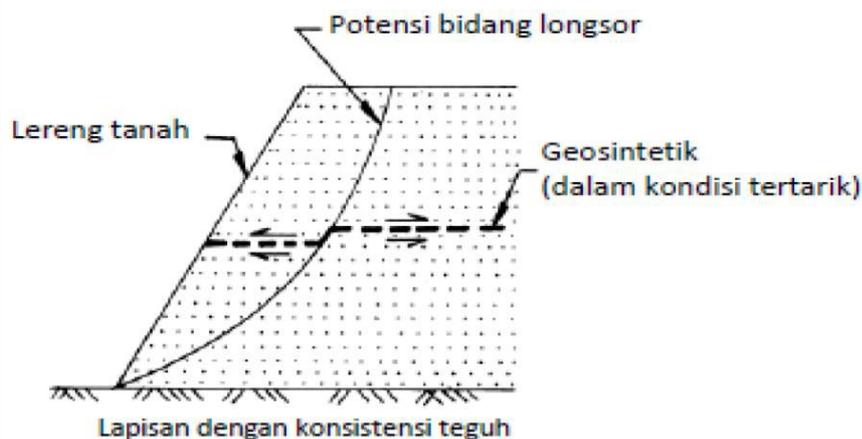
dimana:

q = tekanan akibat beban struktur

q_u = tekanan tanah ultimit

2.7. Geotekstil

Geotekstil merupakan salah satu jenis geosintetik yang berfungsi untuk memperbaiki kinerja tanah. Pada proses pembuatan geotekstil, elemen tekstil berupa untaian serat yang dikombinasikan menjadi struktur tekstil lembaran. Geotekstil mempunyai lima fungsi primer saat bekerja pada tanah yaitu sebagai lapisan perkuatan pemisah, penyaring, proteksi, dan pelindung. Ketika tanah dan geotekstil digabungkan, maka material tanah yang diperkuat (komposit) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada kondisi tersebut, geotekstil berlaku sebagai tahanan tarik gesekan (*adhesi*), saling mengikat (*interlocking*) atau pengurungan (*confinement*) langsung pada tanah dan menjaga stabilitas massa tanah seperti yang terlihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Dasar mekanisme perkuatan lereng tanah dengan geosintetik (Sumber : DPU. 2009. Pedoman Konstruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Penguatan tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009)

2.8. Perhitungan Penyaluran Geotekstil

Besarnya panjang penyaluran geotekstil harus mampu menahan gaya geotekstil yang bekerja.

$$L = L_e + L_r \quad (18)$$

dengan :

$$L_e = \frac{S_v \sigma_h F_s}{(2(c + \gamma z \tan \delta))} = \frac{S_v \sigma_h F_s}{(2 E (c + \gamma z \tan \phi))} \quad (19)$$

$$L_r = (H - z) x \tan \left(\left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right) \quad (20)$$

Untuk perhitungan panjang lipatan:

dimana:

- L_e = Panjang penyaluran geotekstil di belakang bidang longsor (m)
- L_r = Panjang penyaluran geotekstil di depan bidang longsor (m)
- L_o = Panjang lipatan geotekstil (m)
- S_v = Jarak vertikal antar geotekstil (m)
- σ_h = Tegangan tanah (kN/m^2)
- F_s = Faktor keamanan
- c = kohesi tanah (kN/m^2)
- γ = Berat jenis tanah timbunan (kN/m^3)
- z = Tinggi timbunan hingga geotekstile yang ditinjau (m)
- H = Tinggi timbunan
- δ = Sudut friksi pada tanah dengan geotekstil
- ϕ = Sudut friksi tanah
- E = efisiensi geotekstil (0.8 – 1.2)

2.9. Analisa Stabilitas Lereng Setelah Diperkuat Geotekstil

Tahanan geotekstil dan bahan terkait adalah properti sangat penting karena hampir semua aplikasi bergantung pada baik sebagai fungsi primer atau sekunder. Tes ini berguna untuk pengendalian kualitas dan juga dapat digunakan untuk keperluan desain. Persamaan yang mewakili perkuatan geotekstil adalah:

$$\sum_{(I=1)}^M T_I Y_I \tag{21}$$

Dimana Nilai tahanan cabut (T) dapat ditentukan berdasarkan:

$$T = F^* \cdot \alpha \cdot \sigma_v \cdot L_e \cdot C \tag{22}$$

Dimana:

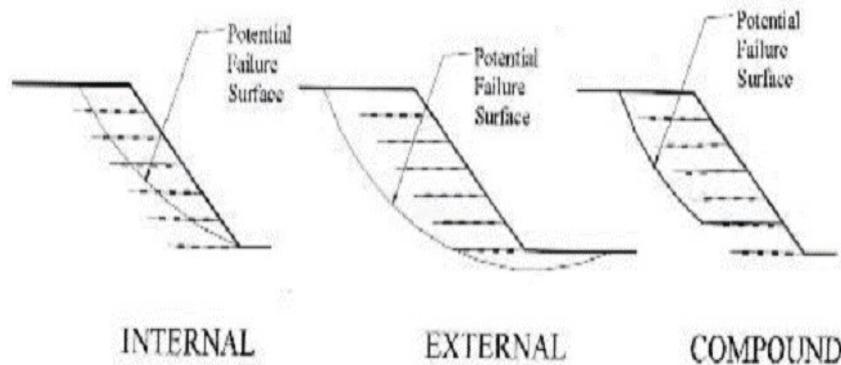
- F^* = Faktor tahanan cabut
 - α = Faktor koreksi skala
 - σ_h = Tegangan vertikal efektif pada antarmuka (batas) tanah dan geosintetik
 - L_e = Panjang tertanam pada zona di belakang bidang keruntuhan (m)
 - C = Keliling efektif perkuatan, untuk geogrid dan geotekstil nilai $C=2$
- Untuk faktor tahanan cabut (F^*) dan koreksi skala (α) didapat dari Tabel 1.

Tabel 1. Faktor tahanan cabut

Tipe Perkuatan	Nilai F^*	Nilai α
Geogrid	$2/3 \tan \phi$	0,8
Geotekstil	$2/3 \tan \phi$	0,6

2.10. Model Kegagalan dari Perkuatan Geotekstil

Dalam analisis perkuatan lereng dengan geotekstil, perlu diketahui bahwa terdapat beberapa model kegagalan yang harus diperhatikan agar perencanaan geotekstil tepat dan efektif.



Gambar 3. Beberapa jenis kegagalan yang terdapat pada sistem geotekstil.

2.10.1. Model Kegagalan Eksternal

Model kegagalan eksternal berkaitan dengan kemampuan massa tanah yang telah diperkuat untuk menahan tekanan tanah aktif yang bekerja disekitar lereng dan tambahan beban luar atau *surcharge*.

2.10.2. Model Kegagalan Internal

Model kegagalan internal berkaitan dengan kegagalan pada sistem geotekstil dalam mekanisme beban yang dipikul antara tanah dan geotekstil.

- Pullout Failure*, adalah kegagalan geotekstil yang dikarenakan ikatan antara geotekstil terhadap tanah kurang berfungsi dengan baik, dan juga dikarenakan panjang yang kurang dari geotekstil.
- Tensile Failure*, adalah kegagalan dikarenakan mutu geotekstil yang kurang baik untuk menahan beban penggerak tanah.

2.11. Geostudio (SLOPE/W)

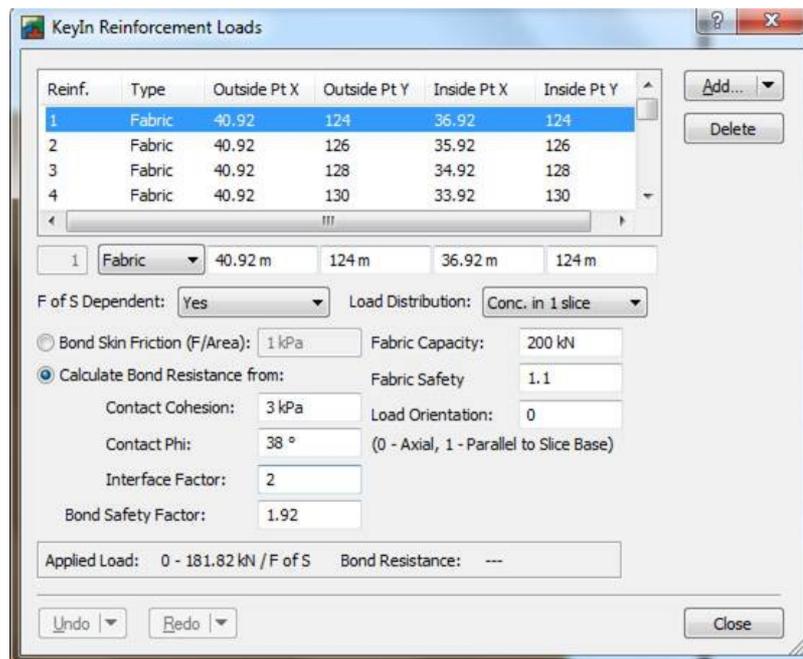
Geostudio merupakan perangkat lunak dalam bidang desain geoteknik yang diberasal dari Kanada. Fasilitas geostudio yang dapat digunakan untuk analisis stabilitas lereng adalah pada menu *SLOPE/W*. Prinsip analisis yang digunakan di dalam program ini adalah *Limit Equilibrium*. Analisis tersebut menggunakan prinsip kesetimbangan gaya dan juga dikenal dengan metode irisan karena bidang kelongsoran dari lereng tersebut dibagi menjadi beberapa bagian. Pada prinsip analisis *Limit Equilibrium* (kesetimbangan batas) menggunakan asumsi bahwa bidang kelongsoran berbentuk *circular*. Ada beberapa metode yang digunakan yaitu Ordinary (Fellinius), Bishop, Janbu, dan Morgenstern-Price.

2.12. Input Data pada SLOPE/W untuk Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Pada *SLOPE/W* parameter yang ditentukan geotekstil adalah:

- Gesekan permukaan per satuan luas
- Faktor keamanan ikatan
- Kapasitas ultimate getekstil
- Faktor keamanan getekstil
- Orientasi Beban

Data yang dibutuhkan dalam melakukan input perkuatan tanah geotekstil pada software *SLOPE/W* dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai *pullout resistance* (tahanan cabut) dapat langsung ditentukan manual atau dengan input parameter – parameter *pullout resistance*. Pada *SLOPE/W* parameter yang ditentukan geotekstil adalah:



Gambar 4. Tampilan input data geotekstil pada *SLOPE/W*

- *Bond safety factor* merupakan faktor tahanan cabut. Nilai paling akurat didapat melalui pengujian laboratorium, namun Jika data hasil pengujian tidak tersedia, maka dapat ditentukan nilai pada Tabel 1.
- *Fabric safety* adalah faktor reduksi untuk memperhitungkan kerusakan pada saat instalasi geotekstil, *creep*, dan daya tahan.
- *Interface faktor* adalah keliling efektif perkuatan geogrid atau geotekstil dengan nilai $C=2$.
- *Fabric capacity* merupakan nilai kuat tarik geotekstil yang didapat dari uji laboratorium

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1.Uraian Umum

Dari hasil observasi yang dilakukan diketahui telah terjadi kelongsoran pada jurang di jalan lintas Liwa – Simpang Gunung Kemala STA.268+550.

3.2.Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di ruas jalan Lintas Liwa – Simpang Gunung Kemala KM.268+550, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung.

3.3.Tahapan Pengumpulan Data

3.3.1.Data Primer

Data ini diperoleh secara langsung dari lapangan, data yang diperoleh antara lain :

1. Pengukuran lereng secara langsung di lapangan untuk mendapatkan tinggi lereng serta sudut lereng kajian.
2. Pengujian sampel tanah di laboratorium Teknik Sipil Universitas Lampung. Data penelitian yang dibutuhkan adalah data SPT tanah dan data – data tanah, seperti berat volume tanah (γ_{tanah}), kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ).

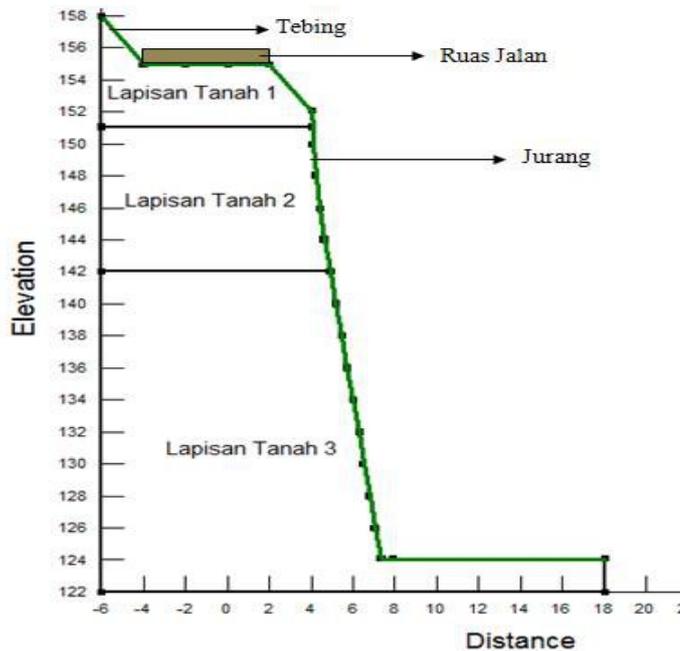
3.3.2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan dokumentasi yang berasal dari:

1. Data *properties* tanah terkait dengan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan sebelumnya
2. Data tambahan berupa kontur dan potongan melintang lereng kajian untuk dianalisis kestabilannya.

3.4. Pemodelan Lereng

Geometri lereng disesuaikan dengan bentuk kemiringan tanah sehingga didapatkan pemodelan geometri seperti pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Pemodelan lereng

3.5. Analisis dengan Perhitungan Manual

Kemudian dengan literatur yang sudah didapatkan maka data tersebut diolah dan dianalisis dengan menggunakan data yang diperoleh, menggunakan formula yang ada pada landasan teori dan dianalisis untuk mencari alternatif perbaikan yang tepat dengan menggunakan bantuan program komputer yaitu *Geostudio (Slope/W)*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Lereng

Berdasarkan hasil pengamatan lereng di lokasi penelitian, didapatkan karakteristik lereng tinjauan sebagai berikut :

- a. Tinggi lereng = 31 m
- b. Kemiringan lereng = 80°
- c. Lebar lereng = 13 m

4.2. Parameter Tanah Berdasarkan Uji Laboratorium

4.2.1. Deskripsi Tanah

Deskripsi sampel tanah lereng adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Deskripsi tanah lereng di lokasi penelitian.

No	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	Deskripsi Tanah
1.	0.00– 4.00	4.00	Pasir berlanau, warna <i>silver</i> , non plastis.
2.	4.00– 13.00	9.00	Pasir berlanau berbatuan kerikil, warna <i>silver</i> , plastis rendah
3.	13.00– 31.00	18.00	Pasir berlanau berbatuan kerikil, warna abu-abu, non plastis.

4.2.2.Sifat Fisik Tanah

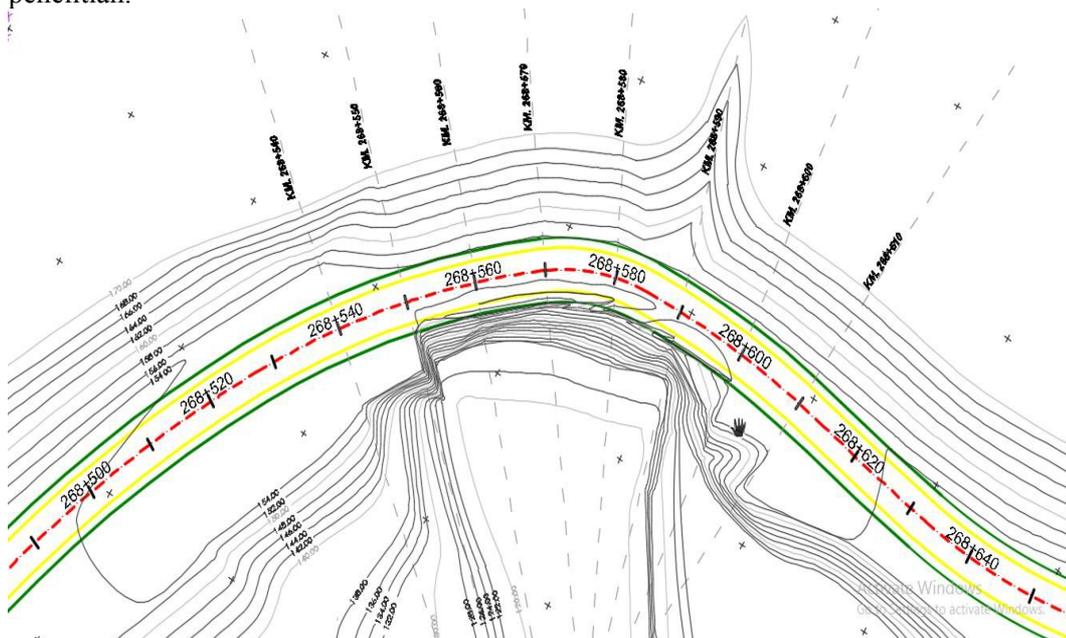
Berikut merupakan hasil pengujian sifat fisik tanah yang didapat :

Tabel 3. Hasil pengujian sifat fisik sampel tanah.

No.	Description (Undisturbed Sample)	Bor 39-22 (KM.268+560)		
		0.00 – 4.00 meter	4.00 – 13.00 meter	13.00 – 31.00 meter
1.	Water Content (%)	23,01	39,64	53,01
2.	Wet Density (gr/cm ³)	1,924	1,794	1,667
	Dry Density (gr/cm ³)	1,5633	1,2833	1,0933
3.	Spesific Gravity	2,508	2,425	2,367
4.	Percent Lose No. 200 (%)	13,81	23,40	15,34
5.	Atterberg Limit	-	-	-
	LL (%)	N.P.	37,48	N.P.
	PL (%)	N.P.	29,66	N.P.
	PI (%)	N.P.	7,82	N.P.
6.	Direct Shear Test	-	-	-
	Cohesion (kg/cm ²)	0,005	0,042	0,053
	Internal Friction Angle (...°)	38,7	21,9	32,7

4.2.3.Potongan Melintang Lereng Tinjauan

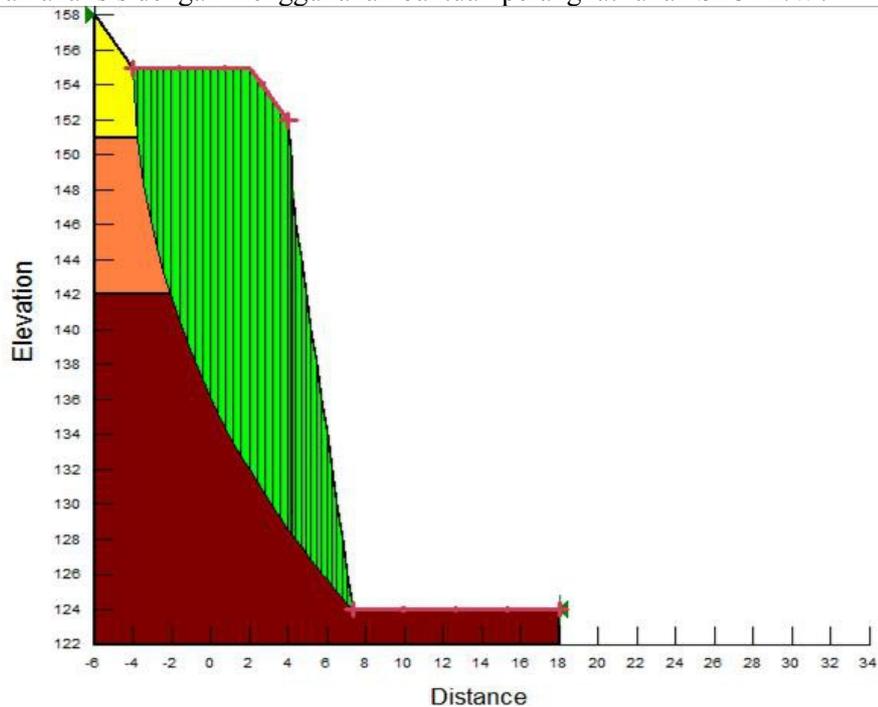
Potongan melintang dari lereng tinjauan didapatkan berdasarkan kontur lereng di lokasi penelitian.



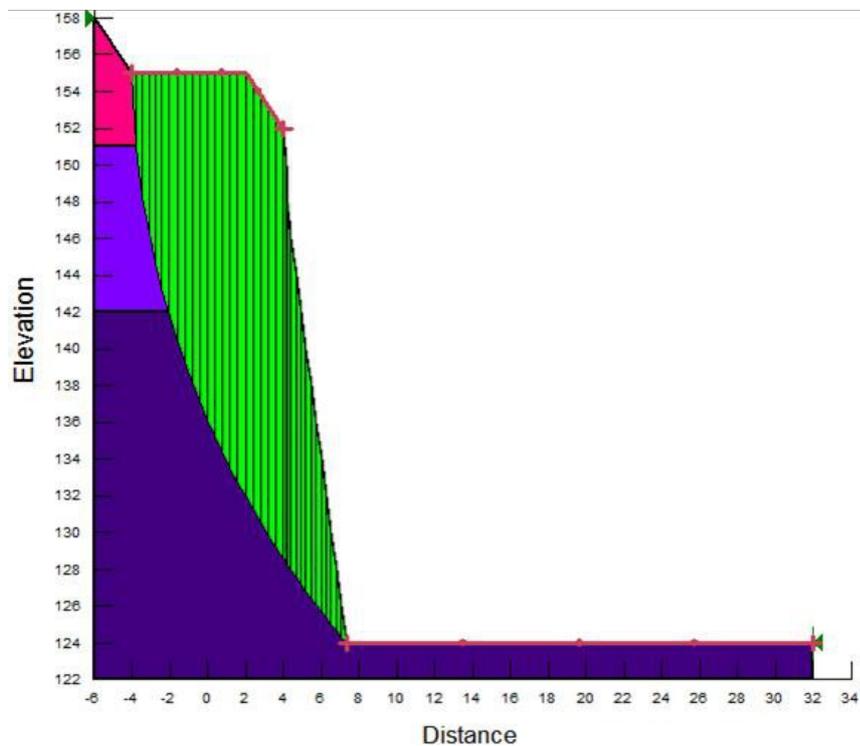
Gambar 6. Kontur lokasi penelitian.

4.3. Analisis Stabilitas Lereng Eksisting dengan *SLOPE /W*

Lereng eksisting yang ditinjau memiliki tinggi sekitar 31 meter dan relatif curam, sehingga memungkinkan terjadi kelongsoran. Untuk mengetahui kemungkinan longsor tersebut terjadi pada saat sebelum dan sesudah diperkuat dengan dinding penahan tanah digunakan analisis dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *SLOPE/W*.



Gambar 7. Bidang longsor pada lereng kondisi tanah basah.



Gambar 8. Bidang longsor pada lereng kondisi tanah kering

Analisis dari beberapa kondisi lereng eksisting dengan menggunakan perangkat lunak *SLOPE/W* telah dapat diketahui hasilnya pada gambar 7 dan gambar 8 dan pada tabel 4, sehingga dapat di simpulkan bahwa lereng bentuk eksisting tidak stabil dan tidak aman.

Tabel 4. Rekapitulasi angka keamanan stabilitas lereng eksisting

No	Kondisi Lereng	Angka Keamanan				Status
		Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern	
1	Tanah basah	0,367	0,4	0,359	0,385	Tidak Aman
2	Tanah kering	0,385	0,419	0,377	0,402	Tidak Aman

4.4.Solusi Penanganan Stabilitas Lereng

Penanganan perkuatan lereng dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan geotekstil dan *Concrete Cantilever* untuk mendapatkan perkuatan lereng dengan nilai angka aman yang stabil ($F_s > 1,5$).

4.4.1.Parameter yang Digunakan dalam Perencanaan

a. Data Tanah

Parameter tanah yaitu berupa sifat mekanis tanah yang sama dengan sifat mekanis tanah eksisting dari data bor. Berikut rekapitulasi data tanah tersebut:

Jenis tanah 1 : $\gamma_{b1} = 19,24 \text{ kN/m}^3$

$\phi_1 = 38,7^\circ$

$c_1 = 0,5 \text{ kPa}$

Jenis tanah 2 : $\gamma_{b2} = 17,94 \text{ kN/m}^3$

$\phi_2 = 21,9^\circ$

$c_2 = 4,2 \text{ kPa}$

Jenis tanah 3 : $\gamma_{b3} = 16,67 \text{ kN/m}^3$

$\phi_3 = 32,7^\circ$

$c_3 = 5,3 \text{ kPa}$

Tanah timbunan : $\gamma_{b4} = 16,67 \text{ kN/m}^3$

$\phi_4 = 32,7^\circ$

$C_4 = 0 \text{ kPa}$

b. Data *Concrete Cantilever*

Concrete Cantilever dengan berat jenis sebesar 25 kN/m^3

c. Data geotekstil

- *Tensile capacity* = 200 kN/m

- Kontak kohesi = 3 kg/cm^2 setara dengan 3 kPa

- *Interface factor* = 2

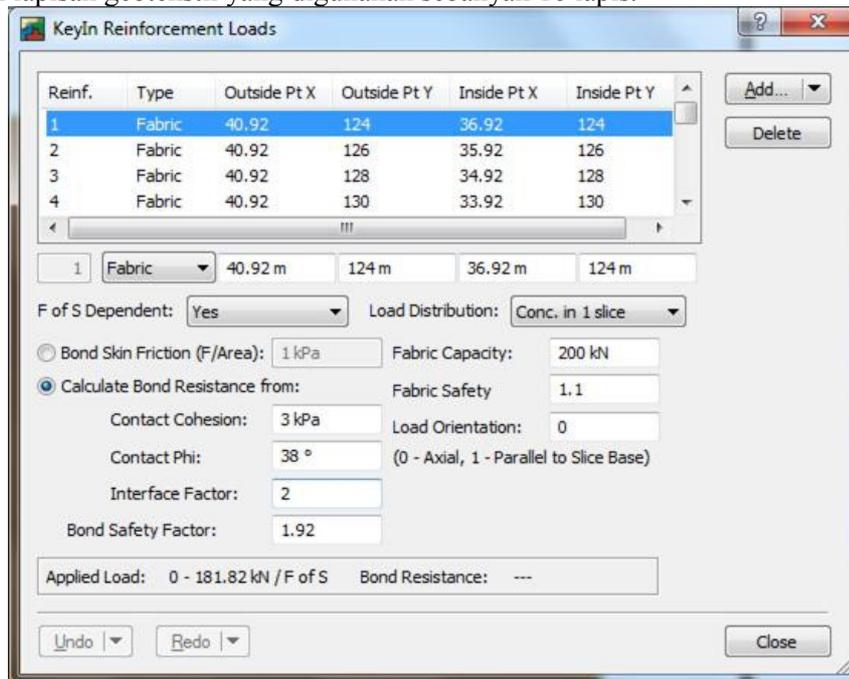
- *Fabric safety* = 1,1 (faktor kesalahan pemasangan)

- *Contact phi* = 38°

- *Bond safety factor* atau faktor tahanan cabut F^* yang paling akurat melalui pengujian tarik cabut terhadap contoh material timbunan yang akan digunakan. Jika data hasil pengujian tidak tersedia, maka nilai ini $F^* = 2/3 \tan \phi$. Maka $F^* = 2/3 \tan (38) = 0,52$ untuk menyesuaikan dengan input *Slope/W* maka $1/0,52 = 1.92$

- Vertikal antar lapisan geotekstil setinggi 2 m.

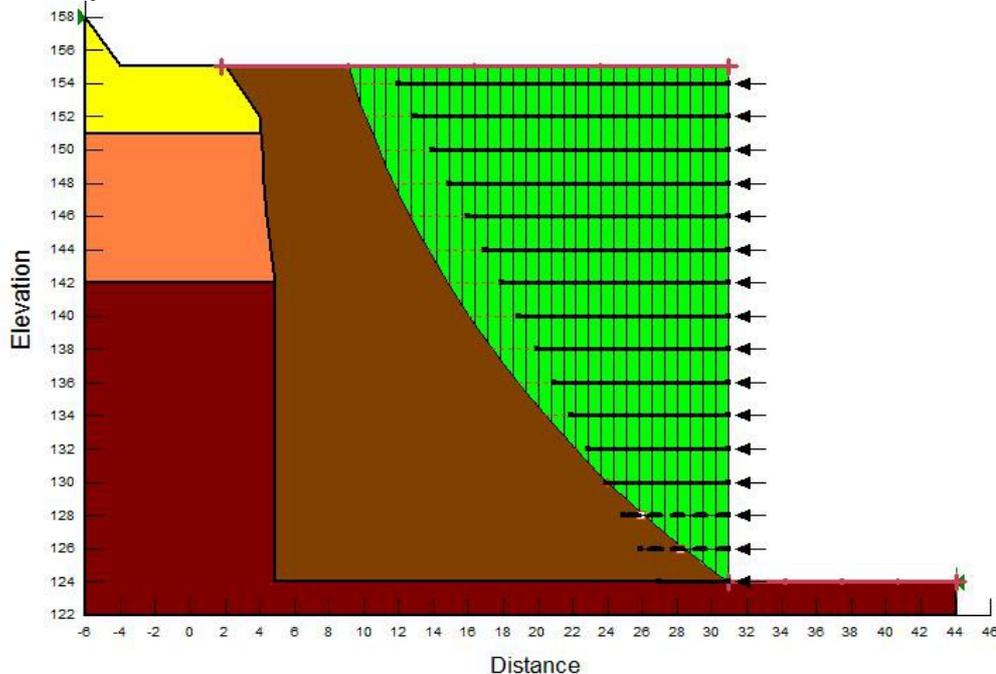
- Jumlah lapisan geotekstil yang digunakan sebanyak 16 lapis.



Gambar 9. Parameter input perkuatan geotekstil yang digunakan

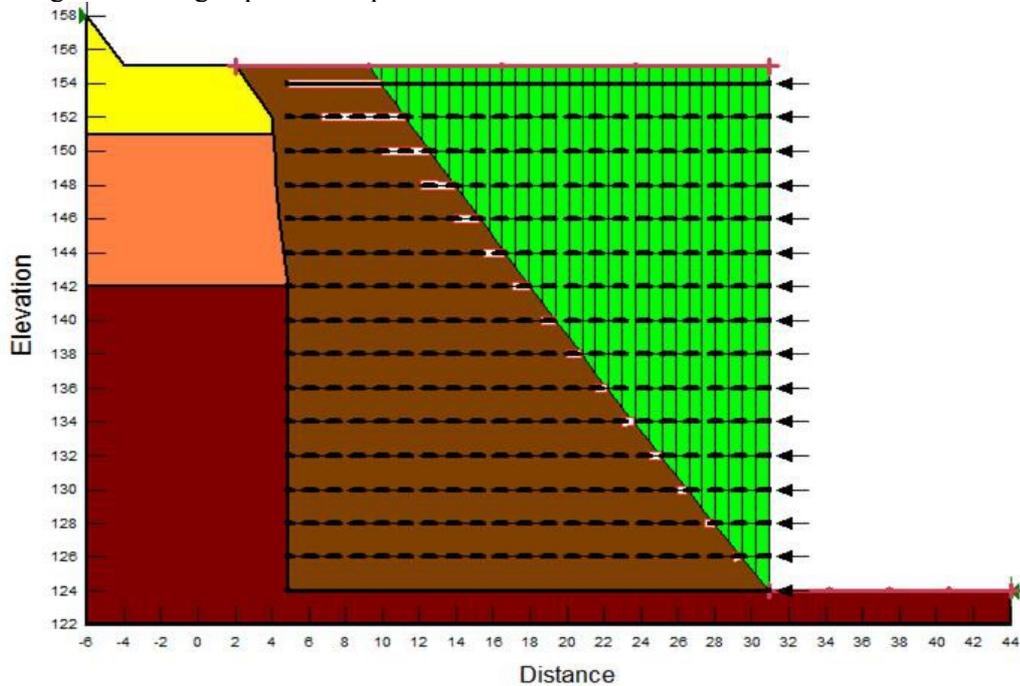
4.4.2. Hasil Analisis Stabilitas Internal Lereng yang Diperkuat dengan Geotekstil

Hasil analisis kestabilan lereng yang telah diperbaiki dan diperkuat dengan geotekstil mengalami peningkatan nilai angka keamanan pada kondisi tanah basah naik menjadi 0,733 (*bishop*) seperti pada Gambar 10. Angka tersebut menunjukkan lereng belum stabil, sehingga diperlukan penambahan panjang geotekstil agar didapat angka keamanan yang mencukupi.

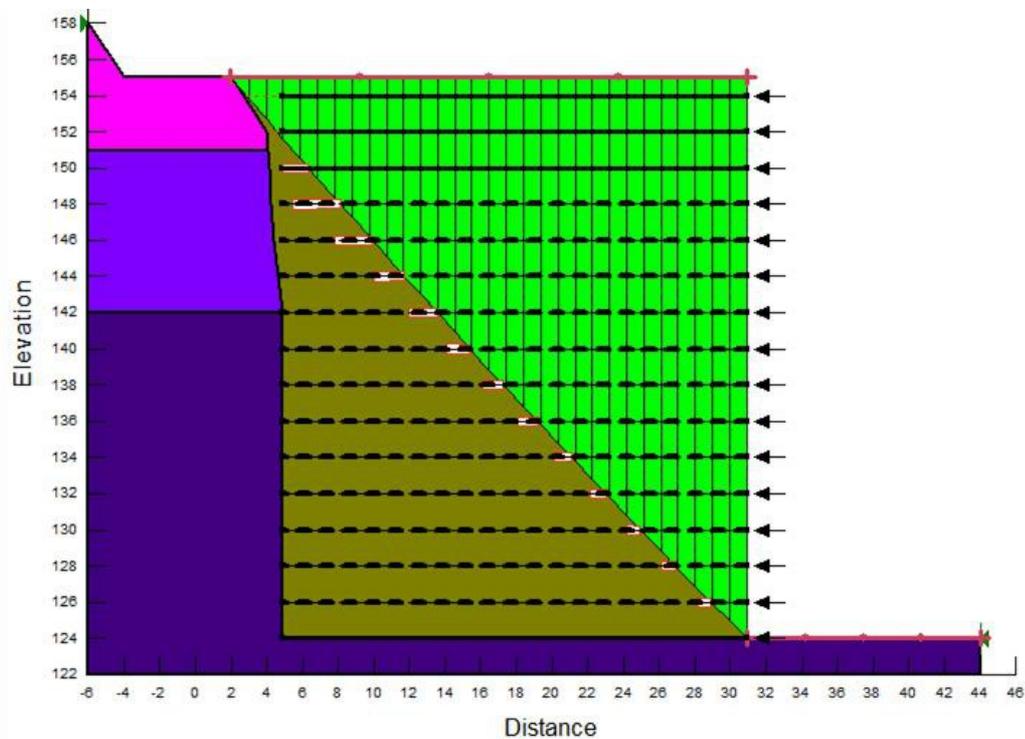


Gambar 10. Hasil analisis dengan panjang geotekstil sesuai perhitungan

Hasil analisis kelongsoran yang diperoleh dengan program *SLOPE/W* pada kondisi basah adalah sebesar 1,053 dan pada kondisi kering 1,266 dimana angka-angka tersebut menunjukkan bahwa lereng berada pada kondisi keritis. Perlu dilakukan peningkatan angka keamanan lereng dengan variasi geometri lereng dan panjang geotekstil. Gambar kelongsoran lereng dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.

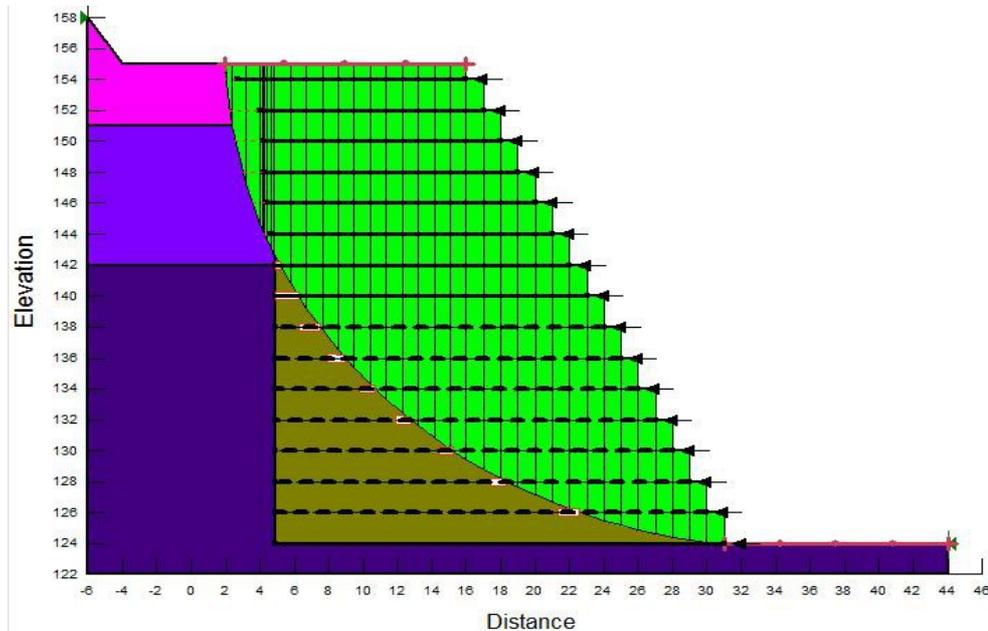


Gambar 11. Konstruksi lereng setelah diperkuat dengan geotekstil pada kondisi basah

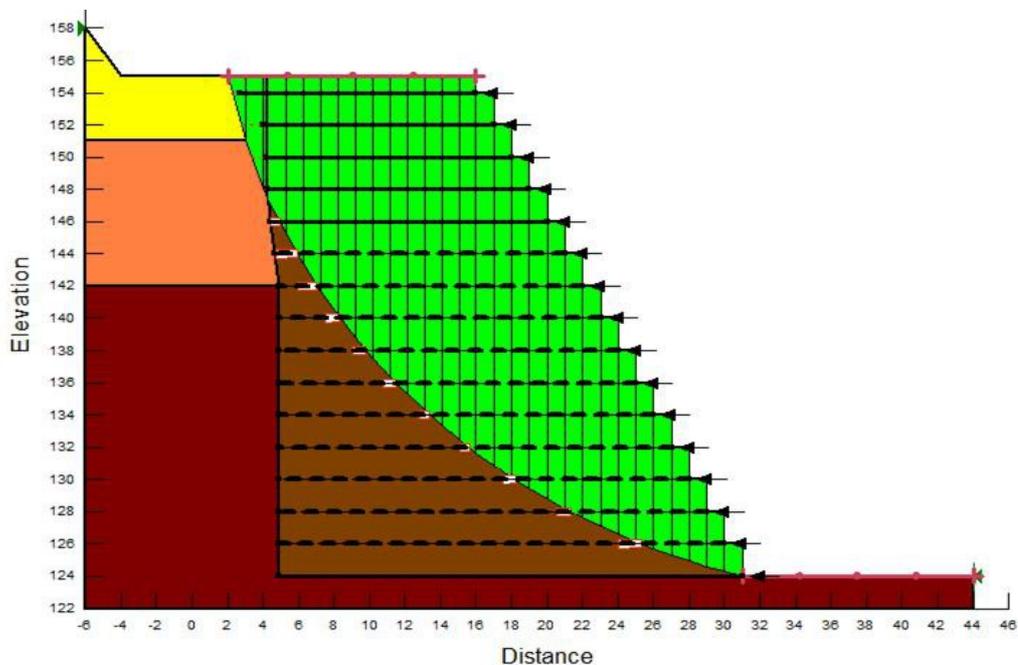


Gambar 12. Konstruksi lereng setelah diperkuat dengan geotekstil pada kondisi kering

Dengan mengubah bentuk geometri lereng dan variasi panjang geotekstil diperoleh angka keamanan yang lebih besar yaitu 1,341 (*Bishop*) pada kondisi basah dan 1,522 (*Bishop*) pada kondisi kering, dimana angka-angka tersebut menunjukkan bahwa lereng telah stabil dan aman. Besaran angka keamanan dan bentuk kelongsoran lereng yang telah diperbaiki dan diperkuat dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14. Seluruh hasil analisis lereng yang telah diperbaiki dan diperkuat dengan geotekstil dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 13. Konstruksi lereng setelah diperbaiki dan diperkuat dengan geotekstil pada kondisi kering

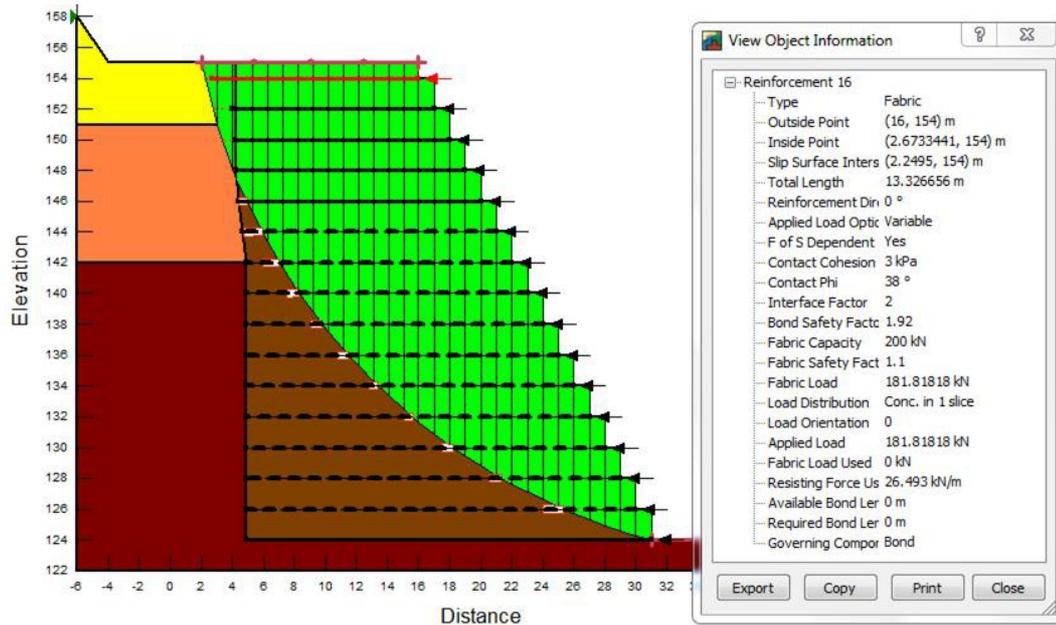


Gambar 14. Konstruksi lereng setelah diperbaiki dan diperkuat dengan geotekstil pada kondisi basah

Tabel 5. Rekapitulasi angka keamanan stabilitas lereng setelah diperkuat dengan geotekstil

No	Kondisi Lereng	Angka Keamanan				Status
		Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern	
1	Tanah basah	1,280	1,341	1,293	1,332	Aman
2	Tanah kering	1,495	1,522	1,352	1,508	Aman

Kontrol ini berguna untuk mengetahui apakah terjadi kegagalan cabut dan putus. Pada perhitungan ini tegangan tarik maksimum geotekstil adalah 200 kN dengan faktor tahanan cabut adalah 1.1 untuk memperhitungkan kerusakan pemasangan, daya tahan dan sobekan.



Gambar 15. Informasi geotekstil pada lapisan paling atas

Kontrol internal dapat dilihat di Gambar 15 dimana geotekstil menerima gaya sebesar 146,29 kN sedangkan kemampuan maksimum geotekstil tersebut sebesar 181,818 kN maka geotekstil tersebut aman terhadap putus. Sedangkan untuk kapasitas cabutnya dapat adalah 112,65 kN/m. Sehingga dibutuhkan panjang penyaluran sebesar:

$$L_e = \frac{\text{kebutuhan}}{\text{kapasitas}}$$

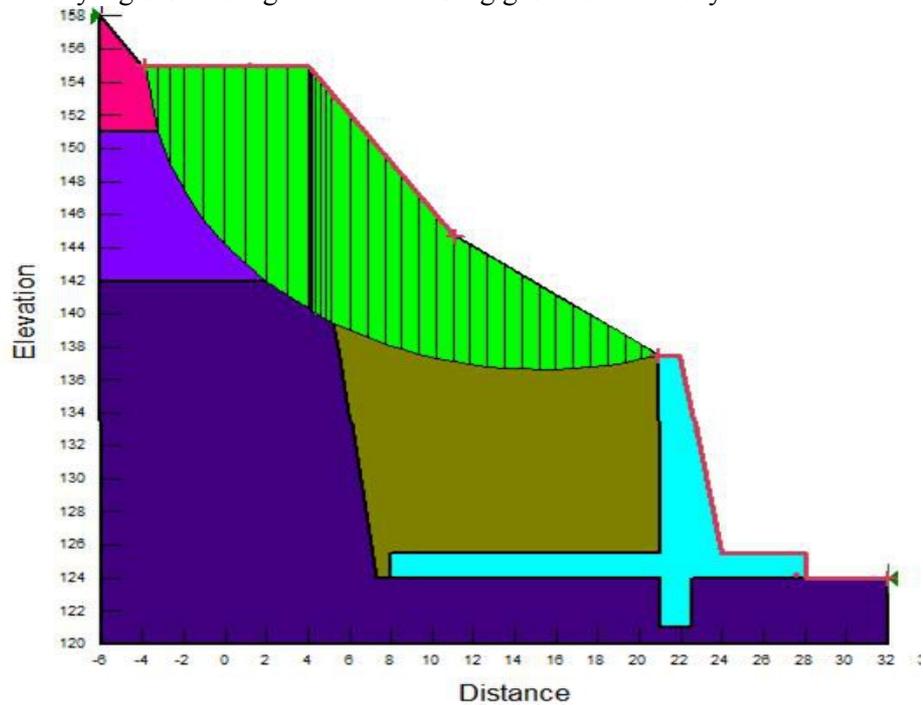
$$L_e = \frac{146,29}{112,65} = 1,2987 \text{ m}$$

Geotekstil ditanam sepanjang minimal 1,2987 meter dibelakang garis kelongsoran, pada desain dipasang 20,373 meter supaya tidak mengalami cabut. Kontrol putus dapat dilihat dari nilai *applied load* 181,818 kN, sedangkan gaya tarik yang terjadi adalah 146,29 kN maka tidak terjadi putus.

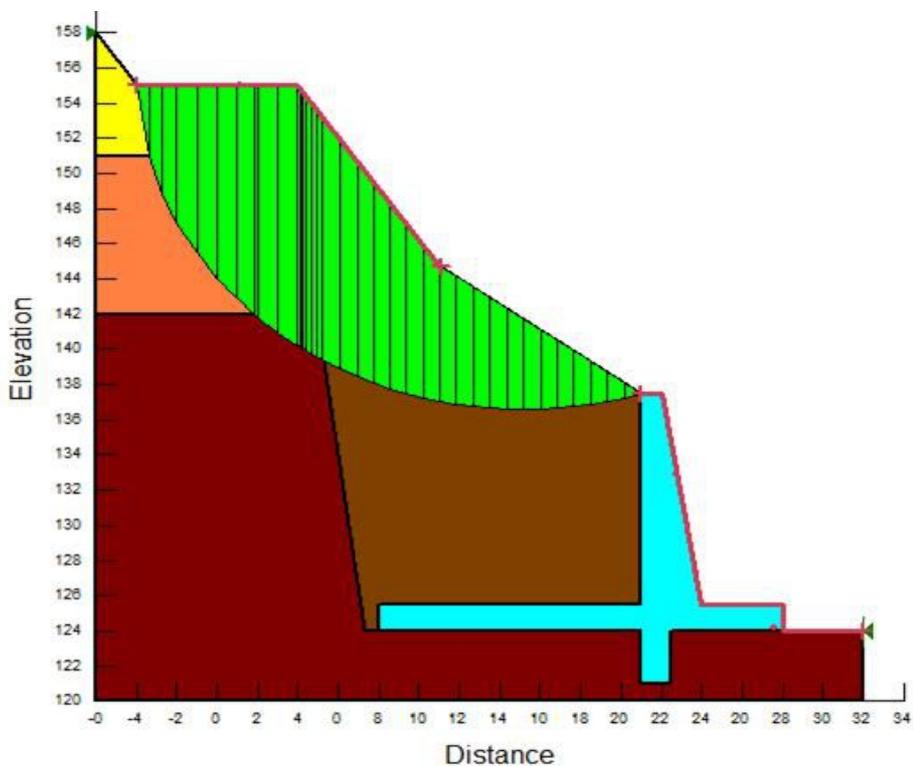
4.4.3. Hasil Analisis Stabilitas Lereng yang Diperkuat dengan *Concrete Cantilever*

Dimensi dinding yang diperoleh diinput kedalam program *SLOPE/W* dan memperoleh angka keamanan sebesar 1,239 pada kondisi basah dan sebesar 1,188 pada kondisi kering dimana angka tersebut menunjukkan lereng belum stabil dan aman. Oleh karna itu

diperlukan tambahan perkuatan diatas dinding penahan kantilever untuk mendapatkan angka aman yang sesuai dengan cara memasang geotekstil diatasnya.

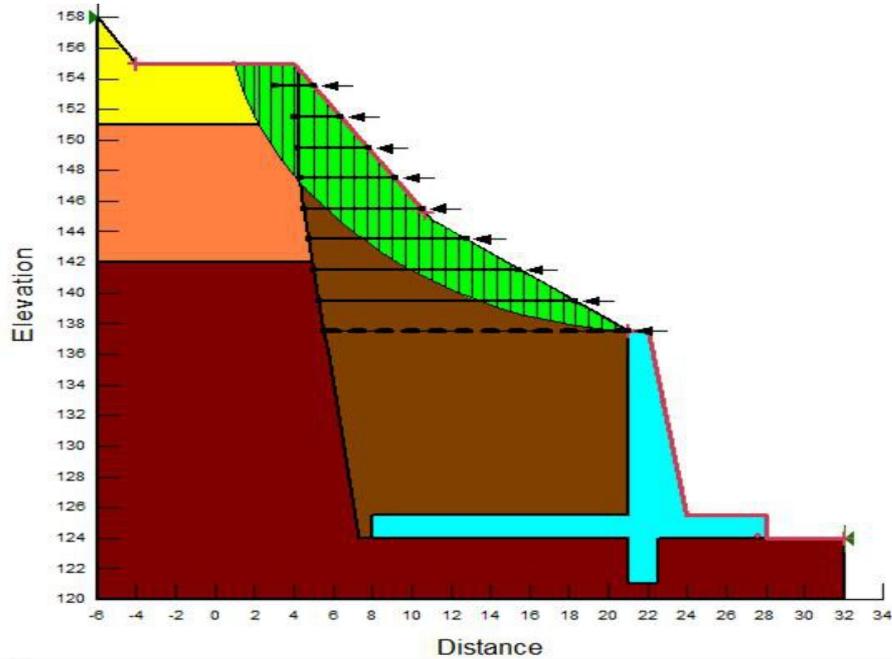


Gambar 16. Konstruksi lereng setelah diperbaiki dan diperkuat dengan dinding penahan kantilever pada kondisi kering

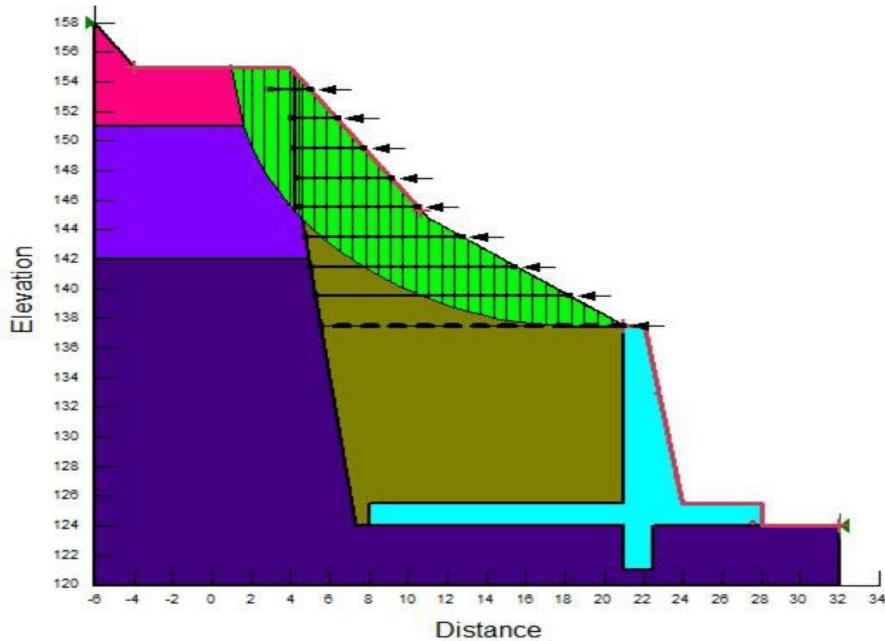


Gambar 17. Konstruksi lereng setelah diperbaiki dan diperkuat dengan dinding penahan kantilever kondisi basah

Lereng yang sudah diperkuat dengan kombinasi *Concrete Cantilever* dan geotekstil mengalami kenaikan angka keamanan pada kondisi basah pada Gambar 16 didapatkan angka keamanan sebesar 1,617. Sedangkan pada kondisi kering pada Gambar 17 didapatkan angka keamanana sebesar 1,850. Hal ini membuktikan bahwa peran geotekstil sangat besar dalam menahan kelongsoran lereng. Seluruh hasil analisis lereng yang telah diperbaiki dan diperkuat dengan dinding penahan kantilever dan geotekstil dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 18. Konstruksi lereng setelah diperbaiki dan diperkuat dengan dinding penahan kantilever dan geotekstil kondisi basah



Gambar 19. Konstruksi lereng setelah diperbaiki dan diperkuat dengan dinding penahan kantilever dan geotekstil kondisi kering

Tabel 6. Rekapitulasi angka keamanan stabilitas lereng setelah diperkuat dengan *Concrete Cantilever* dan geotekstil

No	Kondisi Lereng	Angka Keamanan				Status
		Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern	
1	Tanah basah	1,522	1,621	1,303	1,617	Aman
2	Tanah kering	1,779	1,862	1,463	1,850	Aman

4.4.4. Hasil Analisis Stabilitas Eksternal yang Diperkuat dengan Geotekstil

Dilakukan perhitungan secara manual untuk analisis stabilitas eksternal yang meliputi stabilitas guling, geser, dan daya dukung. Berikut adalah perhitungan stabilitas eksternal kondisi basah:

Tabel 7. Momen akibat tekanan tanah aktif

No	Tekanan Tanah aktif total, Pa (kN)	Jarak dari O (m)	Momen ke O (kN.m)
1	33,5731	28,2973	950,0275
2	316,3287	22,5	7117,3955
3	280,7344	20,7690	5830,5812
4	413,5061	9	3721,5547
5	867,5246	9	7807,7212
6	701,8673	5,6120	3938,9028
	2613,5341		29366,1829

a. Stabilitas terhadap penggeseran

Stabilitas geser adalah perbandingan dari gaya-gaya horizontal yang bekerja dibagian dasar lereng sepanjang peletakan geotekstil. Tinggi yang berpengaruh diambil adalah $H = 31$ m, dimana perletakan geotekstil sepanjang 26 m.

$$W = L \gamma_b H = 26 \times 16,67 \times 31 = 13436,02$$

$$R_h = c_d L + W \operatorname{tg} \delta_b = (5,3 \times 26) + (13436,02 \times \operatorname{tg} 32,7^\circ) = 8763,5715$$

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} = 3,3531 > 2 \dots (OK)$$

b. Stabilitas terhadap penggulingan

Stabilitas guling adalah perbandingan momen yang menahan guling dengan momen yang menyebabkan guling.

$$F_{gl} = \frac{\sum M_r}{\sum M_d}$$

$$F_{gl} = \frac{(13(13436,02))}{29366,1829} = 5,9479 > 2 \dots (OK)$$

c. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Pemeriksaan daya dukung lereng yang telah diperbaiki dan diperkuat dengan geotekstil ini menggunakan metode Hansen. Perhitungan daya dukung secara lengkap dapat dilihat di lampiran.

$$V = W = L \gamma_b H = 26 \times 16,67 \times 31 = 13436,02 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar fondasi efektif : } L' &= L - 2e = 26 - (2 \times 2,1856) \\ &= 21,6287 \text{ m} \end{aligned}$$

$$q_u = i_c c_3 N_c + i_\gamma 0,5 L' \gamma_3 N_\gamma = 2162,7496$$

$$q' = \frac{V}{L'} = 621,2115$$

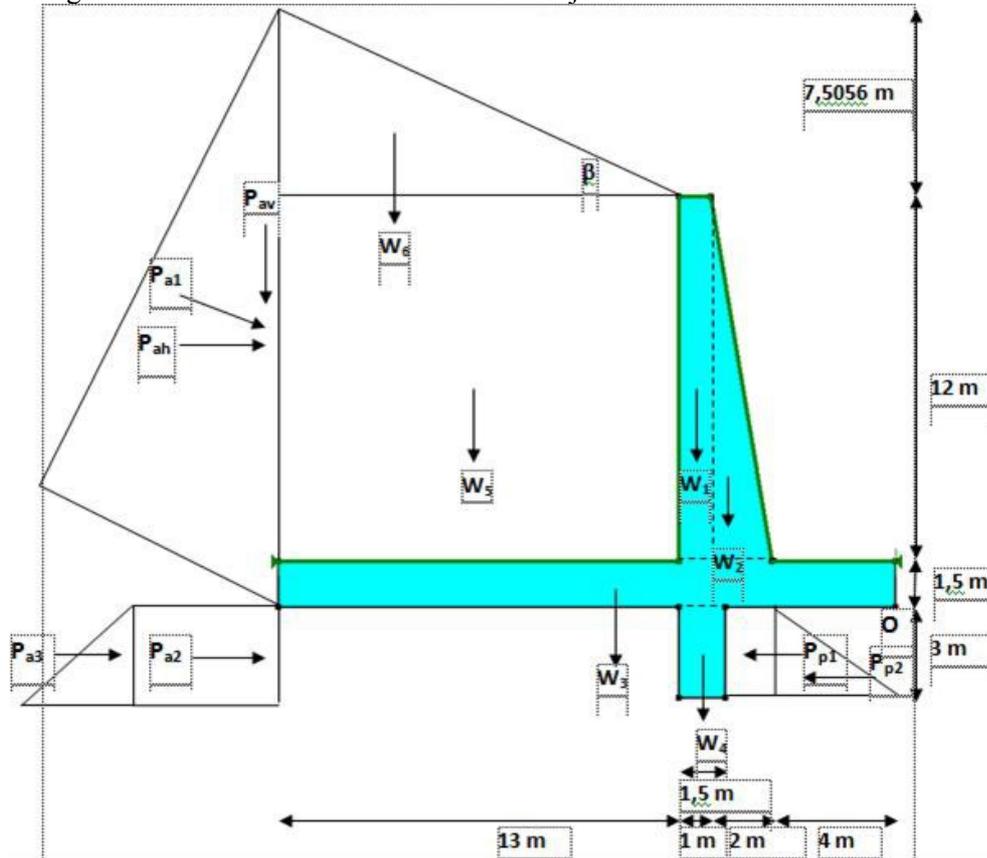
$$F = \frac{q_u}{q'} = 3,4815 > 3 \dots (OK)$$

Tabel 8. Rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas eksternal

Stabilitas	Angka Keamanan		Status
	Batas Aman	Perhitungan	
Guling	2	5,9479	Aman
Geser	2	3,3531	Aman
Daya Dukung	3	3,4815	Aman

4.4.5. Hasil Analisis Stabilitas *Concrete Cantilever*

Dilakukan perhitungan secara manual untuk analisis stabilitas *Concrete Cantilever* pada Gambar 20 yang meliputi stabilitas guling, geser, dan daya dukung. Berikut adalah perhitungan stabilitas *Concrete Cantilever* kondisi jenuh:



Gambar 20. Gaya-gaya pada *Concrete Cantilever*

- Tekanan tanah aktif :

$$P_{a1} = 0,5 \gamma_{b2} (H')^2 K_{a1} = 1967,5672 \text{ kN}$$

$$P_{ah} = P_{a1} \cos \beta = 1703,9132 \text{ kN}$$

$$P_{av} = P_{a1} \sin \beta = 983,7836 \text{ kN}$$

$$P_{a2} = \gamma_{b2} H' H_a K_{a2} = 313,5713 \text{ kN}$$

$$P_{a3} = \frac{1}{2} \gamma_{b1} (H_a)^2 K_{a2} - 2 c_1 H_a = 5,0180 \text{ kN}$$

- Tekanan tanah pasif

$$P_{p1} = 2 c_1 H_p = 58,2044 \text{ kN}$$

$$P_{p2} = \frac{1}{2} \gamma_{b1} (H_p)^2 K_p = 251,3078 \text{ kN}$$

Tabel 9. Momen akibat berat W

No	Berat W (kN)	Jarak dari O (m)	Momen ke O (kN)
1	300	6,5	1950
2	300	5,3333	1599,99
3	750	10	7500
4	113	6,25	703,1
5	2600,52	13,5	35107,02
6	813,2693	15,6667	12741,246
	4876,2893		59601,381

a. Cek stabilitas terhadap penggeseran

$$R_h = c_d B + \left(\sum W + P_{av} \right) \text{tg } \phi = 3868,1668 \text{ kN/m}$$

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{(P_{ah} + P_{a2} + P_{a3}) - (P_{p1} + P_{p2})} = 2,2581 > 2 (\text{aman})$$

b. Cek stabilitas terhadap penggulingan

$$F_{gl} = \frac{\sum M + (B \times P_{av})}{(P_{ah} \times 7,0019) - (P_{a2} \times 1,5) - (P_{a3} \times 2) + (P_{p1} \times 1,5) + (P_{p2} \times 2)} = 6,5844 > 2 (\text{Aman})$$

c. Cek stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

$$q_u = i_c c_3 N_c + i_\gamma 0,5 B' \gamma_3 N_\gamma = 1176,5627$$

$$q' = \frac{V}{B} = 343,6481$$

$$F = \frac{q_u}{q'} = 3,4237 > 3 (\text{Aman})$$

Tabel 10. Rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas *Concrete Cantilever*

Stabilitas	Angka Keamanan		Status
	Batas Aman	Perhitungan	
Guling	2	6,5844	Aman
Geser	2	2,2581	Aman
Daya Dukung	3	3,4237	Aman

4.4.6. Perhitungan Penulangan Dinding Penahan Tanah

Perencanaan kuat tekan beton rencana (f'_c) = 30 Mpa, kuat tarik baja (f_y) = 400 Mpa dan faktor beban mati 1,2. Perancangan tulangan fondasi mengacu pada peraturan “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” (SNI 03-2847-2002) menurut pasal-pasal yang sesuai.

Tabel 11. Faktor beban mati 1,2

No	Berat W (kN)	Jarak dari O (m)	Momen ke O (kN)
1	1 x 12 x 25 x 1,2 = 360	6,5	2340
2	½ x 2 x 12 x 25 x 1,2 = 360	5,3333	1919,988
3	1,5 x 20 x 25 x 1,2 = 900	10	9000,000
4	1,5 x 3 x 25 x 1,2 = 135	6,25	844
5	13 x 12 x 16,67 x 1,2 = 3120,62	13,5	42128,424
6	½ x 13 x 7,5056 x 16,67 x 1,2 = 975,9231	15,6667	15289,4951
	5851,5471		71521,6571

- Tekanan tanah aktif

$$P_{a1} = 0,5 \gamma_{b2} (H')^2 K_{a1} = 1967,5672 \text{ kN}$$

$$P_{ah} = 1,2 P_{a1} \cos \beta = 2044,6958 \text{ kN}$$

$$P_{av} = 1,2 P_{a1} \sin \beta = 1180,5403 \text{ kN}$$

$$P_{a2} = 1,2 \gamma_{b2} H' H_a K_{a2} = 376,2855 \text{ kN}$$

$$P_{a3} = 1,2 \frac{1}{2} \gamma_{b1} (H_a)^2 K_{a2} - 2 c_1 H_a \sqrt{K_{a2}} = 6,0216 \text{ kN}$$

- Tekanan tanah pasif

$$P_{p1} = 2 c_1 H_p \sqrt{K_p} = 69,8453 \text{ kN}$$

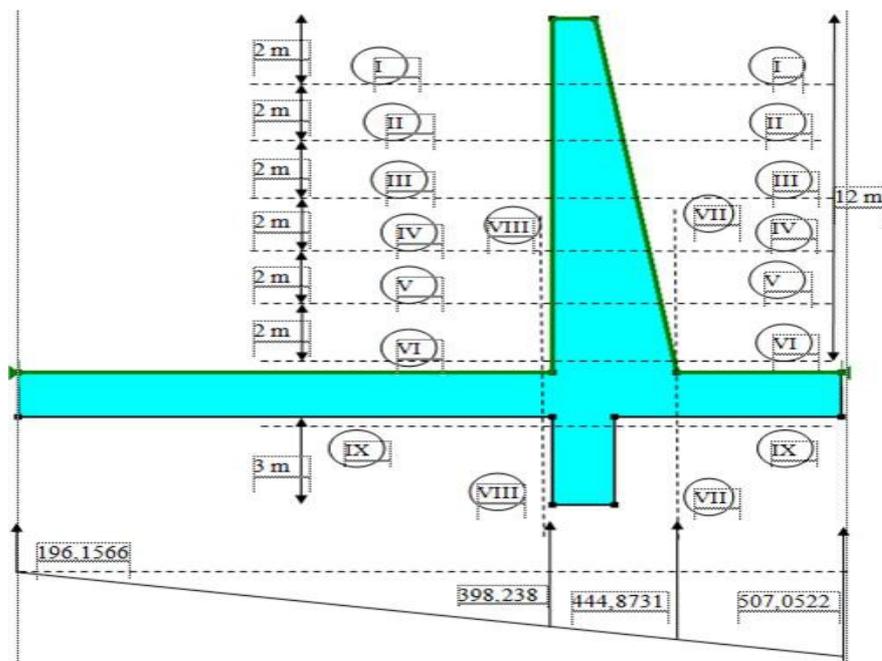
$$P_{p2} = 1,2 \frac{1}{2} \gamma_{b1} (H_p)^2 K_p = 301,5693 \text{ kN}$$

Tekanan pada dasar fondasi

$$q = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \text{ (untuk } e \leq B/6 \text{)}$$

$$q_{mak} = 507,0522 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{min} = 196,1566 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 21. Diagram tekanan untuk penulangan

A. Penulangan dinding vertikal

a. Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor

Bila y adalah kedalaman dari permukaan tanah urug, momen terfaktor yang bekerja pada dinding vertikal :

$$M_u = 0,5 \gamma_{b2} y^2 K_a \cos \beta (y/3)(1,2) = 1,5447y^3$$

Gaya lintang terfaktor :

$$V_u = 0,5 \gamma_{b2} y^2 K_a \cos \beta (1,2) = 4,6342y^2$$

Nilai-nilai hasil hitungan gaya lintang dan momen pada setiap potongan ditunjukkan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Hasil hitungan momen dan gaya lintang terfaktor

Potongan	y	y^2	y^3	V_u (kN)	M_u (kN.m)
I - I	2	4	8	18,5368	12,3576
II - II	4	16	64	74,1472	98,8608
III - III	6	36	216	166,8312	333,6552
IV - IV	8	64	512	296,5888	790,8864
V - V	10	100	1000	463,42	1544,7
VI - VI	12	144	1728	667,3248	2669,2416

a. Hitungan kebutuhan tulangan geser

- Potongan I – I

$$d = h - \rho - D = 1233,3333 \text{ mm}$$

Beban geser terfaktor :

$$V_u = 18,5368 \text{ kN}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = b_w d = 1125,8741 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = \phi V_c = 844,4056 \text{ kN} > V_u = 18,5368 \text{ (OK!)}$$

Untuk potongan II – II, III – III, IV – IV, V – V dan VI – VI dihitung dengan cara yang sama. Hasil hitungan kebutuhan tulangan geser pada dinding vertikal ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hitungan tulangan geser dinding vertikal

Potongan	f_c (MPa)	b_w (mm)	d (mm)	V_c (kN)	$\phi V_n = \phi V_c$ (kN)	V_u (kN)
I - I	30	1000	1233,3333	1125,8741	844,4056	18,5368
II - II	30	1000	1566,6667	1430,1645	1072,6233	74,1472
III - III	30	1000	1900	1734,4548	1300,8411	166,8312
IV - IV	30	1000	2228,3333	2034,1807	1525,6355	296,5888
V - V	30	1000	2561,6667	2338,4710	1753,8533	463,4200
VI - VI	30	1000	2895	2642,7613	1982,0710	667,3248

c. Hitungan kebutuhan tulangan momen

Hasil hitungan kebutuhan tulangan momen ditunjukkan dalam Tabel 14 dan Tabel 15.

Tabel 14. Hasil hitungan tulangan pada dinding vertikal

Potongan	D (mm)	y (m)	M_u (kN.m)	b_w (mm)	d (mm)	a (mm)	c (mm)	ϵ_s
I - I	25	2	12,3576	1000	1233,3333	0,4913	0,5780	6,3984
II - II	25	4	98,8608	1000	1566,6667	3,0963	3,6427	1,2872
III - III	25	6	333,6552	1000	1900	8,6278	10,1504	0,5586

IV - IV	25	8	790,8864	1000	2228,3333	17,4666	20,5489	0,3223
V - V	25	10	1544,7000	1000	2561,6667	29,7316	34,9784	0,2167
VI - VI	25	12	2669,2416	1000	2895	45,5554	53,5946	0,1590

Tabel 15. Hasil hitungan tulangan pada dinding vertikal lanjutan

fs (MPa)	A _s (mm ²)	ρ	A _{s min} (mm ²)	n	n dipakai	s (mm)	s dipakai
1279676,82	31,32	0,000025	2466,67	5,02	6	167	160
257449,93	197,39	0,00013	3133,33	6,38	7	142,86	140
111711,37	550,02	0,00029	3800	7,74	8	125	120
64610,17	1113,50	0,000499	4466,67	9,10	10	100	100
43427,23	1895,39	0,000738	5133,33	10,45	11	91	90
31865,97	2904,16	0,001001	5800	11,81	12	83,33	80

d. Hitungan kebutuhan tulangan bagi

Hasil hitungan kebutuhan tulangan bagi ditunjukkan dalam Tabel 16.

Tabel 16. Hasil hitungan tulangan bagi pada dinding vertikal

Potongan	A _{s min} (mm ²)	Asb (mm ²)	b (mm)	D (mm)	s (mm)	s dipakai
I - I	2466,6667	493,3333	1000	16	407,7220	400
II - II	3133,3333	626,6667	1000	16	320,9726	300
III - III	3800	760	1000	16	264,6617	250
IV - IV	4466,6667	893,3333	1000	16	225,1599	200
V - V	5133,3333	1026,6667	1000	16	195,9184	200
VI - VI	5800	1160	1000	16	173,3990	150

B. Penulangan pelat kaki

a. Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor

Gaya momen akibat tekanan tanah pada dasar fondasi yang arahnya ke atas dengan menganggap distribusi tekanan dasar fondasi ketanah berbentuk trapesium :

Untuk x = 13 m

$$q_2 = 196,1566 + 13/20 (507,0522 - 196,1566) = 398,2387 \text{ kN/m}^2$$

Untuk x = 16 m

$$q_3 = 196,1566 + 16/20 (507,0522 - 196,1566) = 444,8731 \text{ kN/m}^2$$

Hasil hitungan Vu dan Mu pada pelat fondasi ditunjukkan dalam Tabel 17.

Tabel 17. Hasil hitungan gaya geser dan momen pada kaki dinding

Potongan	Vu (kN)	Mu (kN.m)
VII - VII	1723,8506	3281,8903
VIII - VIII	817,9777	10277,3447

b. Hitungan kebutuhan tulangan geser

Hasil hitungan kebutuhan tulangan geser untuk potongan VII - VII dan VIII - VIII ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hitungan tulangan geser pada kaki dinding penahan

Potongan	D (mm)	f _c (Mpa)	b _w (mm)	d (mm)	V _c (kN)	φV _n = φV _c (kN)	V _u (kN)
VII - VII	25	30	1000	1400	1278,0193	958,5145	1723,8506

VIII - VIII	25	30	1000	1400	1278,0193	958,5145	817,9777
-------------	----	----	------	------	-----------	----------	----------

c. Hitungan kebutuhan tulangan momen

Tabel 19. Hasil hitungan tulangan pada kaki dinding penahan

Potongan	a (mm)	c (mm)	ϵ_s	Fs (MPa)	A_s (mm ²)
VII - VII	120,0601	141,2472	0,0267	5347,0215	7653,8314
VIII - VIII	424,0814	498,9193	0,0054	1083,6390	27035,1893

Tabel 20. Hasil hitungan tulangan pada kaki dinding penahan lanjutan

Potongan	ρ	$A_{s \text{ min}}$ (mm ²)	n	n dipakai	s (mm)
VII - VII	0,00122	7654	15,5858	16	63
VIII - VIII	0,00366	27035	55,0527	56	18

d. Hitungan kebutuhan tulangan bagi

Hasil hitungan kebutuhan tulangan bagi ditunjukkan dalam Tabel 21.

Tabel 21. Hasil hitungan tulangan bagi pada kaki dinding penahan

Potongan	$A_{s \text{ min}}$ (mm ²)	Asb (mm ²)	b (mm)	D (mm)	s (mm)	s dipakai
VII - VII	7653,8314	1530,7663	1000	16	131,4001	130
VIII - VIII	27035,1893	5407,0379	1000	16	37,2002	30

Besarnya tulangan-tulangan susut dan suhu minimum menurut SNI 03-2847-2002 untuk baja deform (BJTD) mutu 30 adalah 0,002bh.

Dinding vertikal :

$$A_s = 0,002bh = 4000 \text{ mm}^2$$

Dengan nilai luas tulangan $A_s = 4000 \text{ mm}^2$, maka jumlah tulangan per meter pelat untuk diameter 16 mm adalah :

$$n = \frac{4000}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2} = 19,8864 \text{ buah}$$

Diambil 20 batang tulangan D16

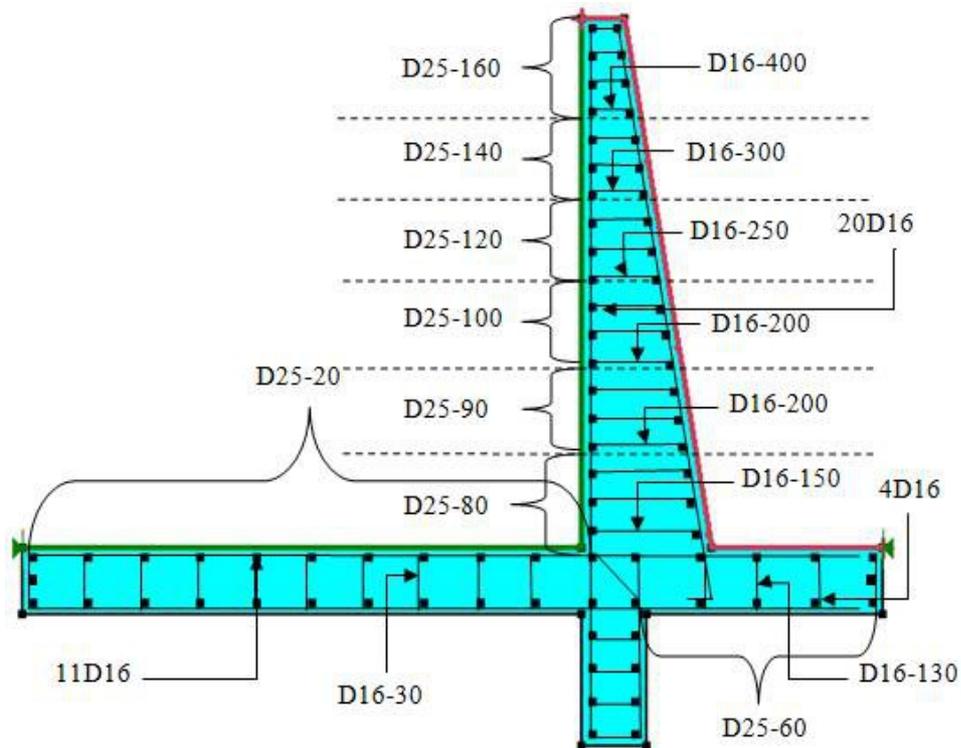
Bagian kaki :

$$A_s = 0,002bh = 3000 \text{ mm}^2$$

Dengan nilai luas tulangan $A_s = 3000 \text{ mm}^2$, maka jumlah tulangan per meter pelat untuk diameter 16 mm adalah :

$$n = \frac{3000}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2} = 14,9184 \text{ buah}$$

Diambil 15 batang tulangan D16



Gambar 22. Denah tulangan dinding penahan tanah

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kondisi lereng yang curam pada tepi jalan lintas Liwa – Simpang gunung Kemala KM.268+550 secara umum mengalami kelongsoran disebabkan karena, berdasarkan data bor, kondisi tanah yang tergolong memiliki sifat mekanis tanah yang rendah. Selain itu juga dikarenakan intensitas hujan yang besar dan tidak adanya saluran drainase yang baik mengakibatkan tanah jenuh air dan menimbulkan tekanan lateral tanah yang besar, sehingga kelongsoran sangat mudah terjadi.
- Hasil analisis stabilitas lereng eksisting dengan program SLOPE/W menunjukkan kondisi tidak stabil karena dari hasil analisa diperoleh nilai angka keamanan 0,400 untuk kondisi 1 (tanah basah) dan 0,419 untuk kondisi 2 (tanah kering), sehingga diperlukan adanya perkuatan pada lereng tersebut.
- Perbaikan geometri lereng juga dilakukan dengan menambahkan tanah urug berupa tanah granuler dengan kohesi = 0 dan mengurangi kemiringan lereng di atas dinding penahan dari yang sebelumnya 80° diubah menjadi 30° pada perkuatan lereng dengan dinding penahan kantilever dan menjadi 60° pada perkuatan lereng dengan geotekstil sehingga lereng menjadi lebih landai.
- Dari hasil analisis stabilitas lereng yang diperkuat geotekstil dengan kemiringan 60° menggunakan SLOPE/W diperoleh nilai angka keamanan yang lebih besar dibandingkan

dengan kemiringan 90° sebesar 1,341 untuk kondisi 1 dan 1,522 untuk kondisi 2, sehingga desain perkuatan tersebut aman dan mampu menahan kelongsoran.

e. Dari hasil analisis stabilitas lereng yang telah diperkuat dengan kombinasi *Concrete Cantilever* dan geotekstil menggunakan SLOPE/W diperoleh nilai angka keamanan yang lebih besar dibandingkan dengan hanya diperkuat dengan *Concrete Cantilever* saja sebesar 1,621 untuk kondisi 1 dan 1,862 untuk kondisi 2, sehingga desain perkuatan tersebut aman dan mampu menahan kelongsoran.

f. Untuk analisis stabilitas dinding penahan dengan perkuatan geotekstil didapatkan hasil sebagai berikut: stabilitas guling sebesar 5,9479 stabilitas geser 3,3531 dan daya dukung sebesar 3,4815. Sehingga dinding penahan dengan geotekstil dalam kondisi aman dan mampu menahan kelongsoran.

g. Untuk analisis stabilitas *Concrete Cantilever* didapatkan hasil sebagai berikut: stabilitas guling sebesar 6,5844, stabilitas geser 2,2581 dan daya dukung sebesar 3,4237. Sehingga *dinding penahan tanah kantilever* dalam kondisi aman dan mampu menahan kelongsoran.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas PU, 2009, *Pedoman Kontruksi Bangunan: Perencanaandan Pelaksanaan Perkuatan tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009*.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, *Teknik Pondasi I, Edisi Kedua*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2003, *Mekanika Tanah II, Edisi Ketiga*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indrawahjuni, Herlien. 2011. *Mekanika Tanah II*. Malang: Penerbit Bargie Media.