

## EVALUASI KELONGSORAN DAN ALTERNATIF PERKUATAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL DENGAN PROGRAM GEOSLOPE (STUDI KASUS: KELONGSORAN TOL CIPALI KM 122 JALUR B)

Akhdan Fajri Ramadan<sup>1</sup>, Putera Agung Maha Agung<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16424, Indonesia.

e-mail : [akhdan.fajriramadan.ts17@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:akhdan.fajriramadan.ts17@mhs.w.pnj.ac.id), [putera.agungmagung@sipil.pnj.ac.id](mailto:putera.agungmagung@sipil.pnj.ac.id)

### ABSTRACT

*Reinforcement of a slope is a step that is often taken in increasing the Safety Factor (SF) of an embankment or excavation. In the road toll Cikopo - Palimanan the road which discount a lot of excavation and heap case the resulted in the magnitude of the possibility landslide. This studies to evaluate about handling of a landslide STA on the road toll Cikopo - Palimanan namely at KM 122 + 600 Line B here reinforcement sed is Geotextile. The analysis is used in calculating the Safety Factor (SF) manually or using a program Geoslope using methods Bishop where the field of landslide divided into several segments to be calculated force that worked in the segments from the analysis manually without the influence of the earthquake number of safeties is 1.6 and by using the program the result is 1.5. For analysis is with the influence of the earthquake (kh) of 0,2 obtained the numbers of safety 1.05 using manual analysis and 0.9 using the program. From these results, the slope without reinforcement with the influence of the earthquake must be strengthened because SF 1.10. Reinforcement using geotextiles is divided into 2 because the embankment height is > 6 meters, namely the lower zone and the upper zone, with the distance between the geotextile and the length of the geotextile being the lower zone of 0.30 m and 30 m, while for the upper zone the distance between the geotextile and the length of the geotextile is 0.60 m and 18.5 m. From the results of the geotextile use as reinforcement have Safety Factor score at 1.49 which increased by 40% from the condition without reinforcement*

**Keywords:** Geotextile, Landslide, Reinforcement, Safety Factor.

### ABSTRAK

*Perkuatan suatu lereng merupakan langkah yang sering diambil dalam meningkatkan Angka Keamanan (SF) suatu timbunan atau galian. Pada ruas Tol Cikopo – Palimanan merupakan ruas jalan tol yang memiliki banyak galian dan timbunan hal ini mengakibatkan besarnya kemungkinan terjadinya suatu longsor. Penelitian ini mengevaluasi tentang penanganan suatu longsor disalah satu STA pada ruas Tol Cikopo- Palimanan yaitu pada KM 122+600 Jalur B (Arah Jakarta) dimana perkuatan yang digunakan ialah menggunakan geotekstil. Analisis yang digunakan dalam menghitung Angka Keamanan (SF) secara manual ataupun menggunakan program Geoslope ialah menggunakan metode Bishop yang dimana suatu bidang longsor dibagi menjadi beberapa segmen untuk dihitung gaya yang bekerja pada segmen-segmen tersebut. Dari analisis secara manual tanpa pengaruh gempa didapat angka keamanan sebesar 1,6 dan dengan menggunakan program didapat 1,5. Untuk analisis dengan adanya pengaruh gempa (kh) sebesar 0,2 didapat angka keamanan 1,05 menggunakan analisis secara manual dan 0,9 menggunakan program geoslope. Dari hasil tersebut maka lereng tanpa perkuatan dengan adanya pengaruh gempa harus diberi perkuatan karena  $FK \geq 1,10$ . Perkuatan menggunakan geotekstil dibagi menjadi 2 karena tinggi timbunan > 6 meter yaitu zona bawah dan zona atas, dengan jarak antara geotekstil dan panjang geotekstil yaitu zona bawah 0,30 m dan 30 m, sedangkan untuk zona atas jarak antara geotekstil dan panjang geotekstil yaitu 0,60 m dan 18,5 m. Dari hasil menggunakan geotekstil sebagai perkuatan lereng didapat Angka Keamanan sebesar 1,49 yang dimana meningkat sebesar 40% dari kondisi tanpa perkuatan.*

**Kata kunci:** Geotekstil, Kelongsoran, Perkuatan, Angka Keamanan.

## PENDAHULUAN

Suatu lereng yang dipergunakan untuk badan jalan biasanya mempunyai angka keamanan yang rendah. [1] Kelongsoran *subgrade* jalan raya dengan angka keamanan yang kecil dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki sifat fisis tanah maupun dengan membangun dinding penahan tanah atau penambahan geotekstil dengan *system* drainase di bawah permukaan jalan yang baik.

Pada lokasi yang ditinjau yakni Jalan Tol Cipali (Cikopo-Palimanan) Km 122+400 arah Jakarta longsor pada Selasa, 9 Februari 2021. Menyebabkan pengelola jalan tol harus menerapkan sistem lawan arus (*contraflow*) sepanjang 1 Km. Longsor ini diakibatkan karakteristik tanah yang ekspansif dan juga tingginya intensitas curah hujan pada saat itu.

Analisis kelongsoran memiliki beberapa metode akan tetapi dalam analisis kelongsoran metode keseimbangan konvensional memiliki beberapa keterbatasan, salah satunya hanya memenuhi persamaan kesetimbangan gaya dan tidak menganggap tegangan dan perpindahan dari suatu lereng. Keterbatasan tersebut dapat di tangani dengan menggunakan sebuah program yang dapat menganalisis gaya dan tegangan geser total sehingga dapat mengetahui angka keamanan lereng tersebut [2].

Sebuah studi kasus lereng timbunan pada Proyek Tol Bogor-Ciawi-Sukabumi (Bocimi) dengan program Geoslope diperoleh berupa angka aman dan bentuk bidang longsor yang dimungkinkan terjadi pada lereng timbunan tersebut [3].

Pada saat ini banyak alternatif perkuatan lereng, salah satunya menggunakan geotekstil [4]. Geotekstil adalah material lolos air yang terbuat dari bahan sintesis, seperti

*polypropylene*, *polyester*, *nylon*, *polyvinyl chloride*, dan campuran campuran dari bahan tersebut. Semua bahan tersebut masuk ke dalam *thermoplastic*.

Melihat kasus kelongsoran yang terjadi di Tol Cikopo-Palimanan (Cipali) KM 122+400 arah Jakarta, maka perlu dilakukan analisis kelongsoran yang berguna mengetahui angka keamanan yang ada dilapangan, dan dilakukan perkuatan pada lereng tersebut menggunakan geotekstil. Longsor terjadi dikarenakan adanya gerakan tanah, Gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah vertikal, horizontal atau diagonal terhadap kedudukan awal dikarenakan pengaruh air tanah, gravitasi, dan beban yang bekerja di atas tanah tersebut, serta pengaruh lingkungan sekitar[5]. Dengan terfokus pada KM 122+400 agar nantinya menghasilkan perencanaan lereng dengan nilai faktor keamanan (FK) > 1,25 dan  $FK \geq 1,10$  jika gempa diperhitungkan [6,7].

Analisis kelongsoran menggunakan Metode Bishop yang dimana menggunakan cara potongan dimana menghitung gaya-gaya yang bekerja pada setiap potongan. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total bekerja pada pusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan digunakan pada semua potongan yang membentuk suatu lereng. Pada Metode Bishop gaya-gaya yang bekerja pada irisan dianggap mempunyai resultan nol pada arah vertikal [8].

### Analisis Stabilitas Lereng

Kestabilan lereng tergantung kepada gaya penggerak (*driving force*) dan gaya penahan (*resisting force*) yang bekerja pada bidang gelincir tersebut,

dapat dicapai jika gaya penggerak lebih kecil dari gaya penahan padalereang [9]. Pada permukaan tanah yang miring seperti timbunan, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah kearah bawah. Jika gaya gravitasi lebih besar dari gaya perlawanan tanah maka akan terjadi suatu bidang longsor pada tanah tersebut. Analisis stabilitas lereng mempunyai banyak faktor yang mempengaruhi, misalnya kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah, aliran rembes air dalam tanah, dan lain-lain. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, disajikan dalam rumus:

$$FK = \frac{\text{gaya penahan}}{\text{gaya penggerak}} = \frac{\tau}{\tau_d} = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma \tan \phi_d}$$

dimana:

FK = faktor keamanan lereng

$\tau$  = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah (kN/m<sup>2</sup>)

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

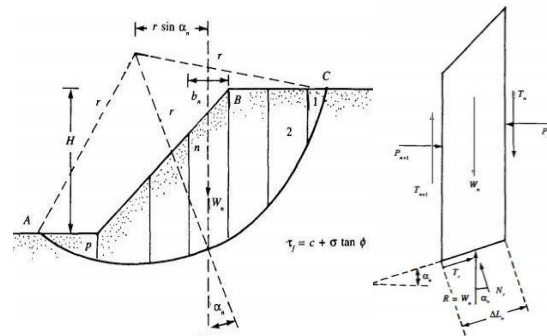
$c$  = kohesi (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = tegangan normal rata – rata pada permukaan bidang longsor (kN/m)

$\phi$  = sudut geser dalam tanah (°)

### Metode Sederhana Bishop

Metode Bishop digunakan untuk menganalisis permukaan gelincir berbentuk lingkaran dan kemudian massa di atas bidang longsor dibagi ke dalam sejumlah irisan vertikal. Dalam metode ini, adanya sebuah penyederhanaan terhadap metode Fellenius yang lebih teliti dengan mempertimbangkan momen dan gaya normal tetapi mengabaikan gaya geser. Dengan kata lain, gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan dianggap memiliki resultan nol pada arah vertikal [8].



**Gambar 1.** Gaya – Gaya yang Bekerja pada Irisan

Sumber: Das (1993)

$$FK_b = \frac{\sum_{n=p}^{n=q} [c \cdot b_n + (W_n - u_n b_n) \tan \phi']}{\sum_{n=p}^{n=q} W_n \sin \alpha_n} \frac{1}{m_{\alpha(n)}}$$

dengan,

$$m_{\alpha_n} = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \cdot \sin \alpha_n}{FK_b}$$

dimana:

$FK_b$  = faktor keamanan lereng Bishop

$b_n$  = lebar irisan ke- $n$  arah horizontal (m)

$W_n$  = berat irisan tanah ke- $n$  (kN)

$\alpha_n$  = sudut yang didefinisikan di Gambar 1 (°)

$u_n$  = tekanan air pori pada irisan tanah ke- $n$  (kN/m<sup>2</sup>)

### Pengaruh Gempa terhadap Stabilitas Lereng

Adanya gempa dapat mengurangi kuat geser tanah sehingga akan mempengaruhi stabilitas lereng. Untuk bangunan Gedung dan non Gedung mengacu pada SNI 1726:2012. Gempa rencana untuk lereng ditetapkan dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur rencana 50 tahun adalah 2% [13].  $FK_{min}$  yang disyaratkan untuk analisis menggunakan model

*pseudostatik* adalah lebih besar dari 1,10. Percepatan puncak di permukaan (PGA) dengan menggunakan koefisien seismik horizontal ( $k_h$ ) yang digunakan sebagai Koefisien seismik ditentukan sebesar 0,5 dari percepatan puncak horizontal dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi [14].

$$F_h = k_h \cdot W$$

dimana:

$k_h$  = koefisien pseudostatik horizontal

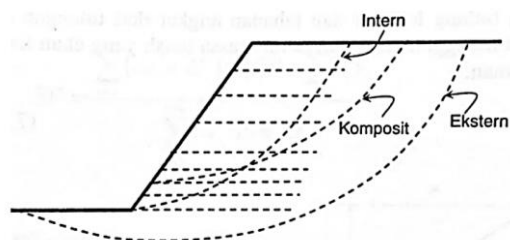
$W$  = berat dari massa tanah yang runtuh

$$FK_{b_{gempa}} = \frac{\text{gaya penahan}}{\text{gaya gempa}}$$

$$FK_{b_{gempa}} = \frac{(cb + [(W - ub) + F_h \sin \alpha] \tan \phi) \frac{1}{m_\alpha}}{W \sin \alpha + F_h \cos \alpha}$$

### Analisis Stabilitas Lereng dengan perkuatan Geotekstil

Lereng tanah bertulang atau diperkuat (Reinforced Soil Slope/RSS) adalah bentuk stabilisasi tanah dengan menggunakan elemen perkuatan sebidang dalam suatu struktur lereng yang mempunyai kemiringan permukaan  $< 70^\circ$  [15]. Dengan diterapkannya perkuatan pada lereng akan mampu melawan gaya yang meruntuhkan dikarenakan kemampuan geser dan tarik dari bahan perkuatan tersebut, serta dapat memotong bidang longsor [10,11]. Ada 3 tipe dari model keruntuhan lereng bertulang menurut Berg dkk pada tahun 1989 yaitu [10]:



### Gambar 2. Keruntuhan Intern, Ekstern dan Komposit

Sumber: Hardiyatmo (2017)

Untuk lereng landai mempunyai syarat Keruntuhan Intern, Ekstern dan Komposit sebagai berikut: [10,12]

1. Untuk Stabilitas eksternal dan penurunan:
  - a. Keruntuhan geser,  $FK \geq 1,3$
  - b. Keruntuhan daya dukung lokal (*squeezing lateral*),  $FK \geq 1,3$ ; dan
  - c. Beban dinamik,  $FK \geq 1,1$ .
2. Mode keruntuhan gabungan,  $FK \geq 1,3$ .
3. Stabilitas internal,  $FK \geq 1,3$ .

Langkah – langkah yang dilakukan untuk mendesain geotekstil untuk lereng landau menurut Holtz, dkk (1998) dan Elias, dkk (2001), sebagai berikut: [10,12].

1. Lakukan evaluasi parameter rencana perkuatan.
  - a. Kuat tarik ijin rencana geosintetik ( $T_a$ ) dihitung dengan persamaan:

$$T_a = \frac{T_{ult}}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D \times FK}$$

- b. Tahanan cabut (*pull out*)
  - $FK_{PO} \geq 1,5$  tanahberbutir/granuler
  - $FK_{PO} \geq 2,0$  untuk tanah kohesif
  - Panjang tulangan min. yang tertanam di dalam tanah,  $L_e = 1,0$  m
  - Terdapat hubungan antara panjang *overlap* ( $L_o$ ) dengan  $L_e$ .

dimana:

$$L_o = 1/2 L_c \geq 1,0 \text{ m}$$

2. Rencanakan perkuatan untuk mendapatkan lereng yang stabil.

Tentukan gaya tarik maksimum perkuatan per satuan lebar perkuatan  $T_s$ -max, dengan persamaan berikut:

$$T_{s-max} = (FK_R - FK) \frac{M_D}{y}$$

c. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung lokal pada kaki timbunan.

3. Menentukan distribusi tulangan
  - a. Untuk lereng rendah,  $H \leq 6,0$  m, asumsikan perkuatan terdistribusi merata dan gunakan  $T_{s-max}$  untuk menentukan spasi atau kuattarik yang dibutuhkan;
  - b. Untuk lereng  $H > 6,0$  m, lereng dibagi menjadi dua zona atau tiga zona.
4. Menentukan jarak tulangan arah vertikal ( $S_v$ ) atau  $T_{max}$  yang dibutuhkan

$$T_{max} = \frac{T_z \cdot S_v}{H_z} = \frac{T_z}{N}$$

5. Menentukan Panjang tulangan yang dibutuhkan ( $L_e$ )

$$L_e = \frac{T_{max} \cdot FK_{OP}}{F^* \cdot \alpha \cdot \sigma_v' \cdot C} \geq 1 \text{ m}$$

Dengan

$F^*$  = faktor tahanan cabut atau faktor interaksi gesekan ( $2/3 \tan \phi$ )

$a$  = faktor penyesuaian untuk tulangan Fleksibel ( $a = 0,6$  untuk geotekstil)

$C$  = keliling efektif perkuatan (untuk geotekstil nilai  $C=2$ )

$\sigma_v'$  =  $z \cdot \gamma$  = tegangan vertikal efektif antara tanah-geosintetik ( $\text{kN/m}^2$ )

6. Cek stabilitas eksternal  
Apabila didapatkan keruntuhan lereng adalah keruntuhan ekstern maka harus dicek stabilitas eksternalnya, meliputi:
  - a. Stabilitas terhadap pergeseran
  - b. Stabilitas terhadap keruntuhan lereng menyeluruh

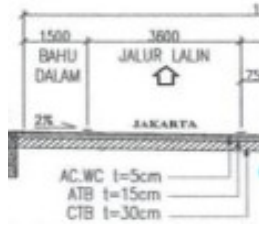
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan potongan melintang serta data tanah eksisting dan timbunan KM 122+600 Jalur B dan bertujuan untuk membandingkan perhitungan manual analisis stabilitas lereng dengan atau tanpa gempa dengan program geoslope sertamembandingkan faktor keamanan lereng dengan dan tanpa geotekstil sebagai alternatif perkuatan. Analisis stabilitas lereng dihitung berdasarkan data sekunder lokasi tinjauan berupa data tanah, data pembebanan perkerasan jalan dan lalu lintas, Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2017, serta data material geotekstil, dimana analisis didapatkan dari perhitungan manual stabilitas lereng serta bantuan perangkat lunak GeoStudio2012 sub program SLOPE/W. Untuk kedua analisis lereng tersebut menggunakan metode Sederhana Bishop (*Simplified Bishop Methode*) dan digunakan permodelan lereng dan parameter yang sama, baik manual maupun dengan sub-program SLOPE/W. Metode dan tahapan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3** pada lampiran.

## HASIL dan PEMBAHASAN

### Beban yang Bekerja di Atas Lereng

Beban tersebut yaitu gaya vertikal yang disebabkan oleh beban konstruksi jalan dan beban lalu lintas.



**Gambar 4.** Detail Perkerasan Jalan  
Sumber: PT. Lintas Marga Sedaya

Beban Konstruksi  
 $= \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3$   
 $= (22,5 \times 0,05) + (22 \times 0,15) + (24 \times 0,3)$   
 $= 11,6 \text{ kN/m}^2$

**Tabel 1.** Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas

Lapisan	Berat Volume $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
AC-WC (per. Lentur), $\gamma_1$	22,5
ATB, $\gamma_2$	22
CTB, $\gamma_3$	24

Sumber: PT. Lintas Marga Sedaya

Sehingga didapat beban vertikal total untuk analisis sebesar:  
*Surcharge loads* = beban konstruksi + beban lalu lintas  
 $= 11,6 \text{ kN/m}^2 + 15 \text{ kN/m}^2$   
 $= 26,6 \text{ kN/m}^2 \approx 27 \text{ kN/m}^2$   
 Diambil *Surcharge loads* sebesar  $27 \text{ kN/m}^2$

**Data Tanah dan Hasil Parameter Tanah**

Penelitian menggunakan hasil penyelidikan tanah KM 122+600 (Jalur B) berupa *boring log* (SPT) pada titik BH-01, BH-02, dan B-03 dan pengujian CPT di kedua titik yakni pada S-1 dan S-2.

**Tabel 2.** Data Hasil *Boring Log* (SPT) Titik BH-01

Lapisan	Kedalaman (m)	L (m)	Deskripsi Tanah	N	$\gamma_{dry}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{wet}$ kN/m <sup>3</sup>	Kohesi Kpa	Derajat
Timbunan	5,5	5,5	Tanah Merah/Lanau Kelempungan	-	1,4	1,8	10	30
1	0-1,7	1,7	Pasir kerikilan, warna coklat gelap	3	14,0	16,0	0,3	26
2	1,7-7	5,3	Lempung Kelanauan, warna coklat gelap	7	10,9	16,2	0,347	26,48
3	7-15	8	Lempung Kelanauan, warna coklat keabuan	23	12,4	17,2	0,268	13,26
4	15-21	6	Lempung, Warna Coklat Keabuan	46	14,5	18,2	1,104	31,64
5	21-25	4	Batu lempung kepasiran, warna coklat gelap keabuan	55	13,9	18,0	0,71	34,25
6	25-30	5	Batu pasir, warna coklat kehitaman	60	14,5	18,7	0,252	26,48

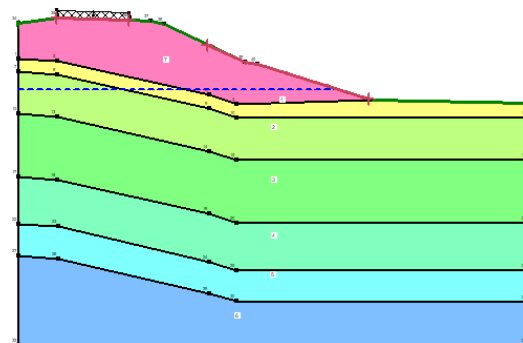
**Tabel 3.** Data Tanah Hasil Uji Sondir (CPT) Titik S-01

Lapisan	Kedalaman (m)	L (m)	Deskripsi Tanah	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	FR (%)
1	0-1,8	1,8	Pasir kerikilan, warna coklat gelap	0,54	4,91
2	1,8-7	5,2	Lempung Kelanauan, warna coklat gelap	25	10,8
3	7-15	8	Lempung Kelanauan, warna coklat keabuan	102	8,21
4	15-17,7	2,7	Lempung, Warna Coklat Keabuan	112	8,28

Dari data-data tanah tersebut dicari parameter untuk analisis stabilitas lereng berupa berat isi tanah ( $\gamma$ ), kohesi ( $c$ ) dan sudut geser tanah ( $\phi$ ). Tabel 4 berikut adalah hasil korelasi data tanah pada penelitian.

**Tabel 4.** Parameter Desain Analisis

Lapisan	Kedalaman (m)	L (m)	Deskripsi Tanah	N	$\gamma_{dry}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{wet}$ kN/m <sup>3</sup>	Kohesi Kpa	Derajat
Timbunan	5,5	5,5	Tanah Merah/Lanau Kelempungan	-	1,4	1,8	10	30
1	0-1,7	1,7	Pasir kerikilan, warna coklat gelap	3	14,0	16,0	0,3	26
2	1,7-7	5,3	Lempung Kelanauan, warna coklat gelap	7	10,9	16,2	0,347	26,48
3	7-15	8	Lempung Kelanauan, warna coklat keabuan	23	12,4	17,2	0,268	13,26
4	15-21	6	Lempung, Warna Coklat Keabuan	46	14,5	18,2	1,104	31,64
5	21-25	4	Batu lempung kepasiran, warna coklat gelap keabuan	55	13,9	18,0	0,71	34,25
6	25-30	5	Batu pasir, warna coklat kehitaman	60	14,5	18,7	0,252	26,48

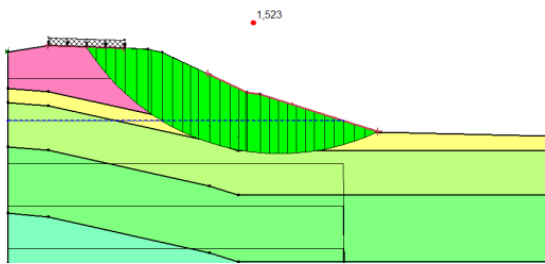


**Gambar 5.** Geometri Lereng KM 122+600 (Jalur B)

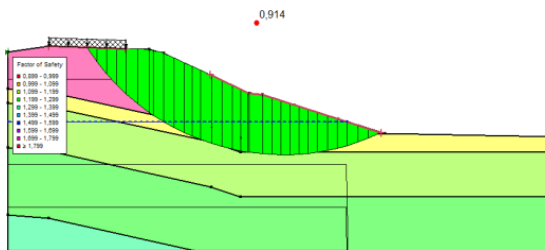
Gambar 5 di atas menunjukkan geometri lereng KM 122+600 Jalan Tol Cipali (Cikopo-Palimanan) dengan tinggi muka air tanah 8,8 m dari puncak trase badan jalan.

**Hasil Analisis Kondisi Lereng Asli**

Didapat untuk lereng tinjauan kelongsoran yang akan terjadi. Didapatkan FK minimum sebagai berikut:



**Gambar 6.** Hasil Analisis Kelongsoran pada Lereng Kondisi Asli tanpa Gempa ( $R = 27,75$  m)

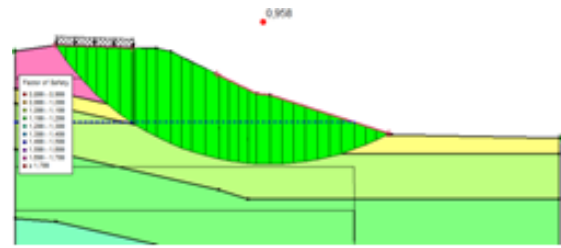


**Gambar 7.** Hasil Analisis Kelongsoran pada Lereng Kondisi Asli dengan Pengaruh Gempa ( $R = 27,75$ )

Dari hasil analisis di atas dapat disimpulkan kondisi lereng asli tanpa memperhitungkan beban gempa merupakan lereng stabil dimana jarang mengalami kelongsoran. Namun setelah mendapat pengaruh gempa sesuai lokasi penelitian  $FK_{slope}$  lereng menurun. Maka untuk meningkatkan faktor keamanan lereng, dilakukan penambahan geotekstil teranyam rencana ke dalam lereng asli.

### Hasil Analisis Kondisi dengan Penambahan Geotekstil

Untuk memperoleh gaya tarik total yang maksimum ( $T_{s-mak}$ ), ditentukan dengan cara coba-coba pada beberapa bidang longsor kondisi asli. Setelah dicari iterasi,  $T_{s-mak}$  diperoleh pada bidang longsor yang menghasilkan  $FK_{slope} = 0,95$  dengan  $M_D = 561515$  kNm.



**Gambar 8.** Analisis Stabilitas Lereng yang akan diperkuat

Diperoleh:

$$\begin{aligned} T_{S-mak} &= (FK_R - FK) \frac{M_D}{y} \\ &= (1,30 - 0,95) \frac{56515}{30,47} \\ &= 649,1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Untuk bidang longsor untuk nilai keamanan minimum  $FK = 0,91$ :

$$\begin{aligned} T_{S-mak} &= (FK_R - FK) \frac{M_D}{y} \\ &= (1,30 - 0,91) \frac{39581}{27,75} \\ &= 506,61 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

didapatkan  $506,61 \text{ kN/m} < 649,1 \text{ kN/m}$ .

Dari kedua perhitungan di atas membuktikan bahwa faktor keamanan minimum lereng (di bidang longsor kritis) tidak mengontrol  $T_{s-mak}$ .

Untuk menentukan distribusi tulangan, didapatkan dengan: Karena tinggi timbunan yang ditinjau  $22,47\text{m} > 6\text{m}$ , maka digunakan jarak tulangan bervariasi. Dimana dibuat 3 zona tulangan:

- Tawah:  $3/4 T_{s-mak} = 486,82 \text{ kN/m}$
- Atas:  $1/4 T_{s-mak} = 162,27 \text{ kN/m}$

Menentukan jarak tulangan arah vertikal ( $S_v$ ) untuk setiap lapisan. Pada Tugas Akhir ini ditentukan 2 variasi  $S_v$  0,30 dan 0,60 m. Dimana untuk perhitungan

jumlah lapisan tulangan tiap zona sebagai berikut:

- Zona bawah ( $S_v = 0,30$ ) =  $\frac{486,82 \text{ kNN}}{20 \text{ lapisan}} = 24,34 \text{ kN/m}$
- Zona Atas ( $S_v = 0,60$ ) =  $\frac{162,27 \text{ kN}}{5 \text{ lapisan}} = 32,45 \text{ kN/m}$

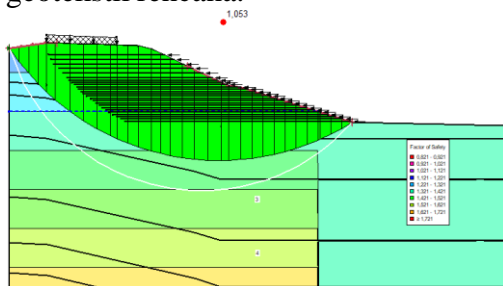
Dari kebutuhan kuat tarik tiap zona, digunakan Geosintetik Polyfelt WX 200/50 dengan kuat Tarik ultimate 200 kN. Maka besaran  $T_a$  yakni:

$$T_a = \frac{T_{ult}}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D \times FK}$$

$$= \frac{200}{1,1 \times 1,55 \times 1,1 \times 1}$$

$$= 106,64 \text{ kN/geotekstil}$$

Didapatkan lereng yang telah ditambah dengan geotekstil mengalami peningkatan nilai FK lereng menjadi 1,13 seperti pada Gambar 12 dan lereng dikatakan aman atau stabil [11]. Serta kondisi lereng memiliki kemungkinan kelongsoran eksternal, yaitu kelongsoran timbunan dengan bidang longsor yang melewati bagian belakang dan di bawah zona tanah bertulang [12]. Hal itu menandakan bahwa kondisi timbunan sudah kuat dengan ditambahkannya geotekstil rencana.



**Gambar 9.** Kondisi Lereng yang diperkuat dengan Geotekstil

Setelah didapatkan bahwa lereng dengan geotekstil mengalami kelongsoran eksternal, maka dicari kemampuan dalam menahan aksi beban – beban luar tanpa mengalami keruntuhan. Stabilitas ekstern lereng bertulang meliputi:

1. Faktor aman terhadap Penggeseran Terdapat 5 macam zona pada lereng dengan panjang penjangkaran yang berbeda.

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \gamma_b H_2^2 K_a = \frac{1}{2} \times (13,7 - 9,81) \times 6^2 \times \tan^2(45^\circ - 30/2) = 23,10 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = \left[ L_2 H_2 - \frac{H_2^2}{2 \tan \beta_2} \right] \gamma_r$$

$$= \left[ 30 \times 6 - \frac{6^2}{2 \tan 25^\circ} \right] (13,7 - 9,81)$$

$$= 1228,75 \text{ kN/m}$$

$$c_a = a_d \times c = \frac{2}{3} \times 8 = 5,33 \text{ kN/m}^2$$

$$FK_{geser} = \frac{c_a L_2 + (W + P_a \sin \phi) \tan \phi_{min}}{P_a \cos \phi}$$

$$= \frac{5,33 \times 30 + (1228,75 + 23,10 \times \sin 30^\circ) \tan 30^\circ}{23,10 \times \cos 30^\circ}$$

$$= 43,79 > 1,30 \text{ (OK)}$$

**Tabel 5.** Nilai Keamanan Geser pada Penanggulangan Tipe I

Zona	L (m)	$P_a$ (kN/m)	W (kN/m)	$FK_{geser} > 1,30$
1	30	23,10	1228,75	43,79
2	18,5	13,58	543,038	35,28

2. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung lokal

$$FK_{lateral \text{ squeezing}} = \frac{2 c_u}{\gamma D_s \tan \beta} + \frac{4,14 c_u}{2 \times 10}$$

$$= \frac{(13,7 - 9,81) \times 7 \times \tan 25^\circ}{4,14 \times 55} + \frac{10 \times (13,7 - 9,81)}{2,630} \geq 1,30$$

Dari hasil perhitungan stabilitas eksternal pada lereng di atas, menunjukkan bahwa sudah stabil.



**KESIMPULAN**

Dari penelitian ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

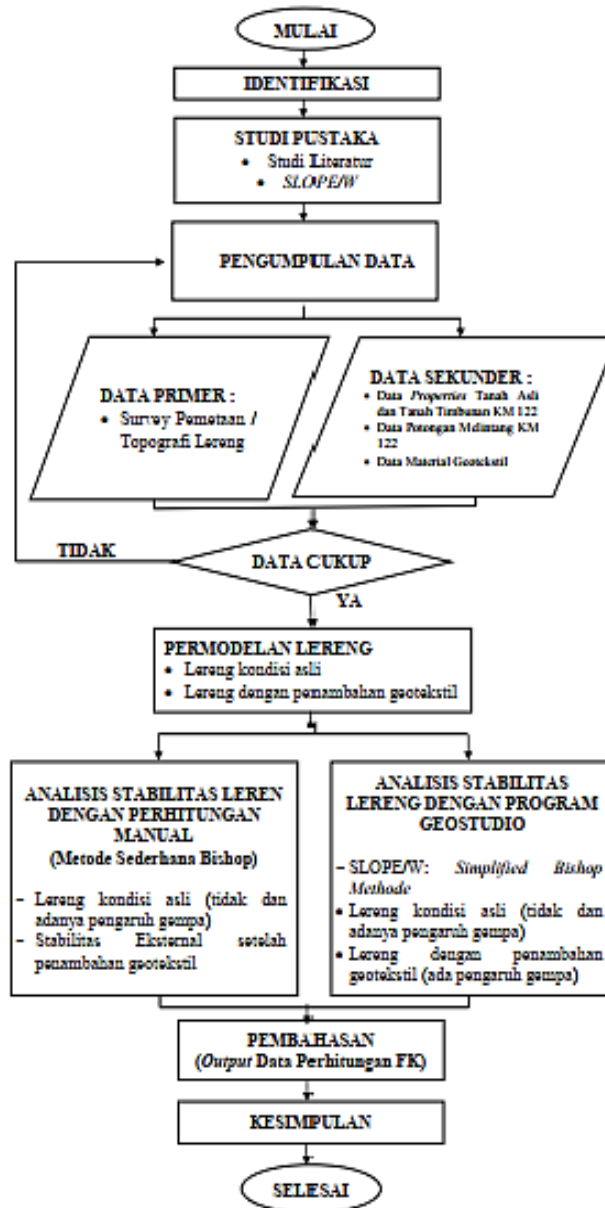
1. Didapatkan hasil lereng asli tanpa pengaruh gempa  $> 1,25$  (Bowless,1993) yakni 1,5 dari hasil SLOPE/W, maka lereng dinyatakan Stabil. Jika diperhitungkan dengan faktor gempa ( $k_h = 0,2$ ) untuk wilayah Subang, Jawa Barat, didapatkan FK sebesar 0,9. Yang berarti mengalami penurunan sebesar 40% dan disimpulkan bahwa lereng dalam kondisi labil.
2. Agar nilai FK meningkat dilakukan alternatif penanggulangan, yakni penambahan geotekstil. Geotekstil yang digunakan adalah Polyfelt WX 200/50 dengan jarak vertikal antar geotekstil ( $S_v$ ) dibagi menjadi 2 zona yaitu 0,30 m dan 0,60 m. Didapat FK lereng sebesar 1,49 dengan didapatkan kelongsoran eksternal. Untuk lebih mengefisienkan dan menghemat biaya pelaksanaan, maka jarak geotekstil dapat diperlebar hingga faktor keamanan mendekati antara 1,1 – 1,2 atau selain dari jarak 0,5 (zona 1) dan 0,6 (zona 2).
3. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dapat diketahui bahwa nilai FK Lereng yang diperoleh dari perhitungan manual hampir sama dengan program SLOPE/W, dengan rata-rata nilai FK Sebesar 6,25 % kondisi asli dan 15 % dengan adanya pengaruh gempa. Hal ini dikarenakan analisis yang dilakukan dengan program SLOPE/W sama dengan teori stabilitas yang ada yaitu dengan menggunakan metode keseimbangan batas.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Widiyanto, Evaluasi Kelongsoran Subgrade Jalan Raya Ruas Jalur Purwodadi Semarang KM SMG 47±650 – KM SMG 48±700, 1993.
- [2] J. Krahn, The limits of limit equilibrium analyses, 2003.
- [3] A. Rosiane, Desain Ulang Badan Jalan Dengan Geotekstil Sebagai Alternatif Peningkatan Stabilitas Lereng (Studi Kasus Jalan Tol Ciawi – Sukabumi Seksi2, STA. 18+800). Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta,2020.
- [4] H. C. Hardiyatmo, *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya (Edisi Kedua)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [5] B. M. Gati, dan E. Purwanto, *Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan yang terjadi menggunakan PrograPlaxis*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [6] J. E. Bowles, *Sifat – Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga,1993
- [7] SNI 8460-2017, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017.
- [8] Hardiyatmo, H. C. 2018. *Mekanika Tanah Jilid II (Edisi Keenam)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [9] R. Pradhana, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis, Daerah Istimewa Yogyakarta)* Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [10] H. C. Hardiyatmo, *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya (Edisi Kedua)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.

- [11] U. Chasanah, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2012.
- [12] Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. Pedoman No. 003 / BM / 2009: *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [13] SNI 8460-2017, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017.
- [14] R. E. Bachtiar, dkk. 2018. *Pengaruh Perubahan Peta Hazard Gempa Indonesia terhadap Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil*. In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (Vol.3, No.2, November 2018).
- [15] Suryolelono, 1993 dalam Chasanah, Uswatun. 2012. *Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil*.

**Lampiran Gambar**



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian