

ANALISIS PENGARUH TEKANAN AIR PORI PADA LERENG YANG DIPERKUAT DENGAN GEOTEKSTIL

Satria Seprianto¹, dan Andryan Suhendra²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
satriazhou28@gmail.com

² Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Binus University,
Jl. K.H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480
andryan@geosinindo.co.id; asuhendra@binus.ac.id

Masuk: 11-01-2021, revisi: 01-02-2021, diterima untuk diterbitkan: 11-02-2021

ABSTRACT

Infrastructure development in Indonesia is growing rapidly. With the large number of infrastructure developments in various slope topographies, it is one of the locations that is part of this development. The slope area is prone to landslides so that strengthening is necessary. One of the reinforcement that can be done is with geotextiles. In its installation, it is necessary to calculate the correct length and strength of the geotextile for reinforcement. The tensile strength and length of the geotextile as well as the parameters of the embankment affect the safety factor of slope construction. One of the factors being considered is the pore water pressure which reduces the slope strength. So that the results of this study will show how much the influence of pore water pressure on slope reinforcement with geotextiles. After analysis, it was found that the increase of pore water pressure resulted in decreasing of slope safety factor.

Key words: slope; geotextile; pore water pressure

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur di Indonesia berkembang sangat pesat. Dengan banyaknya pembangunan infrastruktur di berbagai topografi lereng menjadi salah satu lokasi yang menjadi bagian dalam pembangunan tersebut. Daerah lereng rawan akan terjadinya longsor sehingga perlu dilakukan perkuatan. Salah perkuatan yang dapat dilakukan adalah dengan geotekstil. Dalam pemasangannya dibutuhkan perhitungan panjang dan kuat geotekstil yang tepat untuk perkuatan. Kuat tarik dan panjang geotekstil serta parameter tanah timbunan mempengaruhi faktor keamanan konstruksi lereng. Salah satu faktor yang dipertimbangkan adalah tekanan air pori yang menjadi penurunan kekuatan lereng. Sehingga hasil studi ini akan menunjukkan seberapa besar pengaruh tekanan air pori pada perkuatan lereng dengan geotekstil. Setelah dilakukannya analisis didapatkan bahwa kenaikan tekanan air pori mengakibatkan penurunan nilai faktor keamanan lereng.

Kata kunci: lereng; geotekstil; tekanan air pori

1. PENDAHULUAN

Perkembangan transportasi di Indonesia semakin meningkat sehingga penggunaan lahan untuk jalan raya meningkat pula. Hal ini menyebabkan masyarakat untuk memanfaatkan setiap lahan yang ada seperti kawasan perbukitan dan lereng yang kondisi topografinya beragam. Untuk mewujudkan jalan yang nyaman tentu dibutuhkan analisis terhadap keamanan lereng dalam perencanaannya.

Keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti faktor pengaruh tekanan air. Kondisi lereng dengan tekanan air yang besar dapat menyebabkan kelongsoran. Hal ini dapat membahayakan bangunan dan pengguna jalan di sekitar lereng tersebut sehingga harus ada perkuatan lereng. Salah satu perkuatan yang dapat digunakan adalah perkuatan dengan geotekstil

Batasan masalah yang dibahas pada analisis ini adalah:

1. Data tanah yang digunakan merupakan data asumsi.
2. Tanah pengisi lereng adalah tanah lempung dan tanah pasir.
3. Material geotekstil yang digunakan adalah geotekstil woven dengan kuat tarik sesuai perencanaan.
4. Jarak antar lembar geotekstil adalah seragam.

5. Stabilitas yang ditinjau hanya pada daerah lereng (tanah dasar diasumsikan stabil).
6. Tinggi lereng 6 m.
7. Kemiringan lereng dibuat bervariasi mulai dari 45 derajat hingga 80 derajat.
8. Tekanan air berupa tinggi air divariasikan mulai 0 m hingga 6 m
9. Tidak ada beban luar.
10. Beban gempa tidak diperhitungkan.
11. Analisis menggunakan metode kesetimbangan batas.

Rumusan masalah yang dibahas pada analisis ini adalah:

- Stabilitas lereng yang diperkuat geotekstil akibat tekanan air pori

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mencari pengaruh tekanan air pori terhadap stabilitas lereng yang diperkuat geotekstil ditinjau dari faktor keamanan.

Kelongsoran Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut terhadap suatu bidang horizontal dan tidak terlindungi (Das, 1985). Secara umum lereng terbagi menjadi lereng alami dan lereng buatan. Keruntuhan pada lereng bisa terjadi akibat gaya dorong yang timbul karena beban pada tanah. Lereng secara alami memiliki kekuatan geser tanah dan akar tumbuhan yang digunakan sebagai gaya penahan. Apabila gaya penahan lebih kecil dibandingkan gaya pendorong maka akan timbul keruntuhan pada lereng.

Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor (Putra et al, 2010).. Disamping gaya yang mendorong kebawah terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja melawan sehingga kedudukan tanah tetap stabil. Gaya pendorong berupa gaya berat, gaya tiris/muatan dan gaya-gaya inilah penyebab terjadinya kelongsoran. Gaya penahan berupa gaya gesekan/geseran, lekatan (dari kohesi), kekuatan geser tanah. Antara permukaan dari tanah yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah dihubungkan suatu permukaan yang disebut lereng

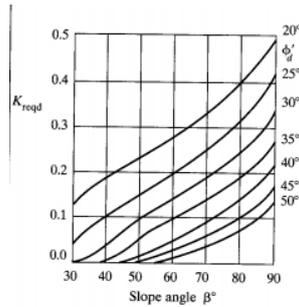
Perkuatan Geotekstil

Salah satu metode perkuatan lereng ialah menggunakan geotekstil. Geotekstil merupakan material lolos air buatan pabrik yang dibuat dari bahan-bahan sintesis, seperti *polypropylene*, *polyester*, *nylon*, *polyvinyl chloride*, dan campuran dari bahan-bahan tersebut. Seluruh material tersebut termasuk dalam thermoplastic (Hardiyatmo, 2007).

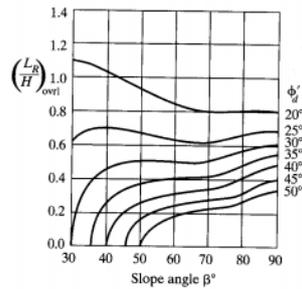
Penggunaannya dalam bidang teknik sipil geotekstil mempunyai banyak fungsi. Geotekstil juga digunakan untuk perkuatan tanah, mencegah pergerakan tanah, dan mengontrol tekanan air. Dengan penggunaan geotekstil, konstruksi perkuatan lereng lebih terjangkau dan secara teknis lebih layak dibandingkan teknik konstruksi tradisional (Kim et al, 2016)

Dalam perkuatan lereng dapat menggunakan geotekstil yang pasang dalam tanah timbunan lereng. Dalam perhitungannya menggunakan metode After Jewell dimana dapat ditentukan panjang penjangkaran geotekstil (L_R) serta kuat tarik yang diperlukan (T_{reqd}).

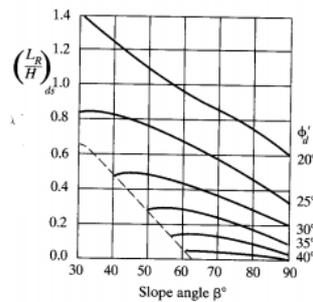
Untuk menentukan kedua nilai tersebut dibutuhkan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kemiringan lereng (β). Dengan nilai sudut geser dan kemiringan lereng dapat diperoleh nilai koefisien tegangan lateral aktif (K_{reqd}), panjang minimum penjangkaran untuk overall stability ($\left(\frac{L_R}{H}\right)_{ovrl}$) dan panjang minimum penjangkaran untuk direct sliding ($\left(\frac{L_R}{H}\right)_{ds}$) menggunakan grafik-grafik sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik K_{reqd} (Koerner, 2005)



Gambar 2. Grafik $(\frac{L_R}{H})_{ovrl}$ (Koerner, 2005)



Gambar 3. Grafik $(\frac{L_R}{H})_{ds}$ (Koerner, 2005)

Nilai K_{reqd} yang diperoleh dari Gambar 1 digunakan untuk menghitung kuat tarik minimum (T_{reqd}) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$T_{reqd} = S_v \times K_{reqd} \times \gamma \times H \quad (1)$$

Untuk panjang penjangkaran (L_R) ditentukan dengan membandingkan nilai $(\frac{L_R}{H})_{ovrl}$ dan $(\frac{L_R}{H})_{ds}$ yang diperoleh dari Gambar 2 dan Gambar 3. Dimana, jika $(\frac{L_R}{H})_{ovrl} > (\frac{L_R}{H})_{ds}$, maka menggunakan nilai konstan $(\frac{L_R}{H})_{ovrl}$. Sebaliknya, jika $(\frac{L_R}{H})_{ovrl} < (\frac{L_R}{H})_{ds}$, maka menggunakan panjang konstan $(\frac{L_R}{H})_{ds}$ atau panjang beragam dari $(\frac{L_R}{H})_{ds}$ pada dasar lereng sampai $(\frac{L_R}{H})_{ovrl}$ pada puncak lereng.

Analisis Keseimbangan Batas

Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng adalah metode keseimbangan batas dengan asumsi bentuk bidang longsor berupa lingkaran. Karena lereng yang dianalisis merupakan lereng perkuatan maka harus menghitung stabilitas eksternal dan stabilitas internal.

Stabilitas Internal

Angka keamanan terhadap putus tulangan

$$SF_r = \frac{T_a}{\sigma_h S_v} \geq 1,5 \quad (2)$$

Angka keamanan terhadap cabut tulangan

$$SF_p = \frac{2\mu\sigma_v L_e}{\sigma_h S_v} \geq 1,5 \quad (3)$$

Stabilitas eksternal

Angka keamanan terhadap geser

$$SF = \frac{F}{\Sigma E} \geq 1,5 \quad (4)$$

Angka keamanan terhadap guling

$$SF = \frac{\Sigma M_p}{\Sigma M_A} \geq 1,5 \quad (10)$$

Angka keamanan terhadap daya dukung tanah

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} \quad (11)$$

Untuk menghitung tegangan ultimate (σ_{ult}) digunakan rumus Terzaghi:

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (12)$$

Pada konstruksi lereng dengan sistem perkuatan lereng, gaya yang meruntuhkan akan dilawan oleh kemampuan geser dan tarik dari bahan perkuatan tersebut (Suryolelono, 1994).

2. METODE PENELITIAN

Alur atau tahapan dari penelitian ini tertera dalam bentuk diagram pada Gambar 4:



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini, dimulai dari penentuan topik analisis, kemudian mengumpulkan data. Data yang digunakan meruakan data asumsi berdasarkan jenis tanah timbunan yang digunakan. Kemudian dilakukan analisis manual untuk memperoleh kuat tarik dan panjang geotekstil yang diperlukan. Kemudian dianalisis menggunakan program untuk memperoleh faktor keamanan lereng.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data asumsi

Parameter tanah yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Berat isi tanah (γ) = 18 kN/m³
- Sudut geser dalam (ϕ) = 25°
- Kohesi tanah (c) = 30 kN/m²
- Ketinggian lereng (H) = 6 m
- Kemiringan lereng (β) = 45°-80°
- Jarak vertikal geotekstil (S_v) = 50 cm

Kuat Tarik dan Panjang Penjangkaran

Dengan nilai parameter tanah yang diasumsikan menggunakan grafik *after jewel* diperoleh nilai kuat tarik (T_{reqd}) dan panjang penjangkaran (L_R) untuk geotekstil ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Tabel nilai T_{reqd} dan L_R

β	ϕ	K_{reqd}	L_r/H			L_R (m)	T_{reqd} (kN/m)	Pullout Resistance (kPa)
			ovrl	ds	reqd			
45°	25°	0,125	0,69	0,8	0,8	4,8	6,75	1,4063
50°	25°	0,15	0,67	0,77	0,77	4,62	8,1	1,7532
55°	25°	0,175	0,65	0,7	0,7	4,2	9,45	2,25
60°	25°	0,2	0,62	0,66	0,66	3,96	10,8	2,7273
65°	25°	0,225	0,61	0,61	0,61	3,66	12,15	3,3197
70°	25°	0,25	0,61	0,58	0,61	3,66	13,5	3,6885
75°	25°	0,28	0,63	0,5	0,63	3,78	15,12	4
80°	25°	0,315	0,65	0,48	0,65	3,9	17,01	4,3615

Stabilitas Overall

Dengan nilai kuat tarik, panjang penjangkaran, dan parameter tanah yang diasumsikan diawal maka dapat memperoleh hasil faktor keamanan untuk setiap kemiringan dan muka air tanah yang berbeda-beda.

Tabel 2. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 45°

Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,698	-
1	2,631	2,48%
2	2,53	3,84%
3	2,416	4,51%
4	2,298	4,88%
5	2,182	5,05%
6	2,065	5,36%

Berdasarkan Tabel 2 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentan 2-2,7 yang menurun seiring bertambah tingginya muka air tanah penurunan sekitar 2,4%-5,5%.

Tabel 3. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 50°

Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,551	-
1	2,488	2,47%
2	2,397	3,66%
3	2,286	4,63%
4	2,165	5,29%
5	2,04	5,77%
6	1,917	6,03%

Berdasarkan Tabel 3 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentan 1,9-2,6 yang menurun seiring bertambah tingginya muka air tanah penurunan sekitar 2,4%-6,1%.

Tabel 4. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 55°

Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,409	-
1	2,366	1,78%
2	2,279	3,68%
3	2,188	3,99%
4	2,12	3,11%
5	1,934	8,77%
6	1,785	7,70%

Berdasarkan Tabel 4 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentan 1,7-2,5 yang menurun seiring bertambah tingginya muka air tanah penurunan sekitar 1,7%-7,7%.

Tabel 5. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 60°

Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,322	-
1	2,305	0,73%
2	2,263	1,82%
3	2,204	2,61%
4	2,073	5,94%
5	1,935	6,66%
6	1,718	11,21%

Berdasarkan Tabel 5 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentan 1,7-2,4 yang menurun seiring bertambah tingginya muka air tanah penurunan sekitar 0,7%-11,5%.

Tabel 6. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 65°

Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,288	-
1	2,302	-0,61%
2	2,251	2,22%
3	2,183	3,02%
4	2,06	5,63%
5	1,917	6,94%
6	1,709	10,85%

Berdasarkan Tabel 6 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentan 1,7-2,4 dimana pada ketinggian muka air tanah 1 m faktor keamanan mengalami kenaikan sebesar 0,61% dan kemudian mengalami penurunan untuk ketinggian muka air tanah selanjutnya dengan persentase sekitar 2%-11%.

Tabel 7. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 70°

Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,28	-
1	2,283	-0,13%
2	2,255	1,23%
3	2,144	4,92%
4	2,035	5,08%
5	1,921	5,60%
6	1,693	11,87%

Berdasarkan Tabel 7 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentan 1,69-2,3 dimana pada ketinggian muka air tanah 1 m faktor keamanan mengalami kenaikan sebesar 0,13% dan kemudian mengalami penurunan untuk ketinggian muka air tanah selanjutnya dengan persentase sekitar 1,2%-12%.

Tabel 8. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 75°

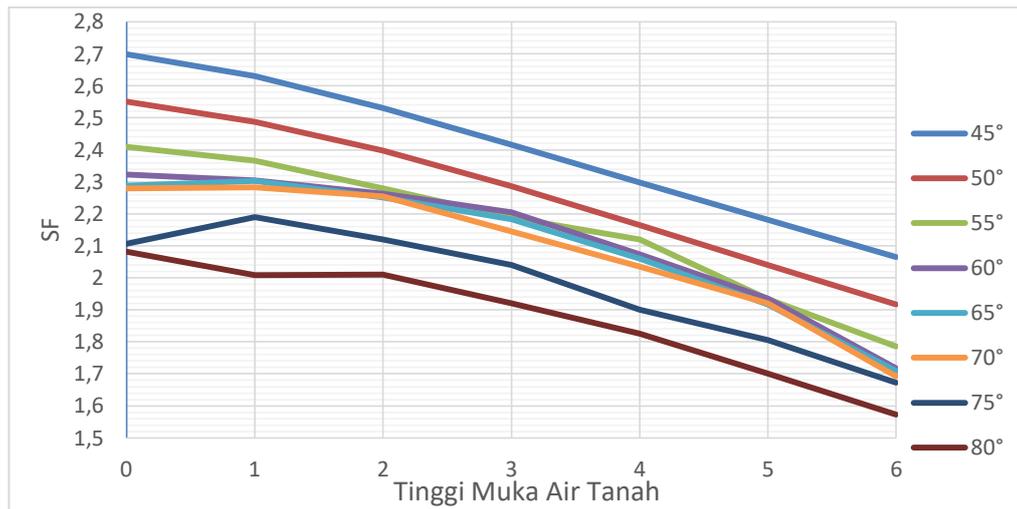
Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,106	-
1	2,19	-3,99%
2	2,12	3,20%
3	2,04	3,77%
4	1,901	6,81%
5	1,806	5,00%
6	1,672	7,42%

Berdasarkan Tabel 8 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentan 1,6-2,2 dimana pada ketinggian muka air tanah 1 m faktor keamanan mengalami kenaikan sebesar 3,99% dan kemudian mengalami penurunan untuk ketinggian muka air tanah selanjutnya dengan persentase sekitar 3,2%-7,5%.

Tabel 9. Faktor Keamanan Lereng Lempung dengan Kemiringan 80°

Tinggi Muka Air (m)	SF	Persentase Penurunan
0	2,081	-
1	2,009	3,46%
2	2,01	-0,05%
3	1,921	4,43%
4	1,826	4,95%
5	1,7	6,90%
6	1,572	7,53%

Berdasarkan Tabel 9 nilai faktor keamanan SF yang diperoleh berada pada rentang 1,57-2,1 dimana pada ketinggian muka air tanah 2 m faktor keamanan mengalami kenaikan sebesar 0,05% dan kemudian mengalami penurunan untuk ketinggian muka air tanah selanjutnya dengan persentase sekitar 4%-7,6%.



Gambar 5. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air Tanah dan Faktor Keamanan

Dari Gambar 5 diperlihatkan grafik perbandingan kenaikan tinggi muka air tanah terhadap nilai faktor keamanan untuk setiap kemiringan lereng.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis yang telah dilakukan, penulis menemukan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar SF untuk setiap kemiringan lereng
 - 45° berkisar antara 2-2,7 dengan penurunan rata-rata 2,4%-5,5%
 - 50° berkisar antara 1,9-2,6 dengan penurunan rata-rata 2,4%-6,1%
 - 55° berkisar antara 1,7-2,5 dengan penurunan rata-rata 1,7%-7,7%
 - 60° berkisar antara 1,7-2,4 dengan penurunan rata-rata 0,7%-11,5%
 - 65° berkisar antara 1,7-2,4 dengan penurunan rata-rata 2%-11%
 - 70° berkisar antara 1,69-2,3 dengan penurunan rata-rata 1,2%-12%
 - 75° berkisar antara 1,6-2,2 dengan penurunan rata-rata 3,2%-7,5%
 - 80° berkisar antara 1,57-2,1 dengan penurunan rata-rata 4%-7,6%
2. Faktor keamanan cenderung menurun seiring bertambahnya tinggi muka air tanah.
3. Faktor keamanan pada lereng lempung cenderung mengalami penurunan seiring bertambah besarnya sudut kemiringan lereng.
4. Terjadi anomali pada hasil analisis untuk kemiringan lereng 65°-80° untuk lereng timbunan lempung dimana terjadi peningkatan nilai faktor keamanan pada kenaikan muka air tanah 1m (65°-75°) dan 2m (80°).

Saran

Saran dari analisis yang penulis lakukan adalah sebagai berikut:

1. Hasil Perlu dilakukan perhitungan spesifikasi geotekstil dengan metode yang lebih kompleks.
2. Menambah lapisan timbunan lereng dengan parameter yang berbeda.
3. Menggunakan jarak lapisan dan bentuk lereng yang lebih bervariasi.
4. Memperhitungkan beban luar yang pekerja pada lereng.
5. Membandingkan hasil pemodelan fisik pada laboratorium.
6. Menggunakan jenis perkuatan lereng lainnya.
7. Membandingkan hasil analisis menggunakan pemodelan program lain.

DAFTAR PUSTAKA

Das, Braja M. *Principles of Geotechnical Engineering, 3rd ed.* Boston: PWS Publishing Company, 1985.

Hardiyatmo, Hary Christady. *Pemeliharaan Jalan Raya.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2007.

Kim, Yoo Jae, et al. *GEOSYNTHETIC REINFORCED STEEP SLOPES.* Technical Report. Texas: Texas State University, 2016.

Koerner, Robert M. *Designing with Geosynthetics, 5th Ed.* New Jersey: Pearson Education Inc., 2005.

Putra, Tjokorda Gde Suwarsa, Made Dodiek Wirya Ardanan and Made Aryanti. "ANALISIS STABILITAS LERENG PADA BADAN JALAN DAN PERENCANAAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* (2010).

Suryolelono, K Basah. "Teknik Fondasi Bagian II." *Nafiri* (1994).