

DESAIN STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN *GEOTEXTILE* PADA KELURAHAN TABONA

Julham Adingku^{1*}, Muhammad Reza Kusman², Arni Zuhairini A. Sibua³

^{1,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pasifik Morotai, julhamadingku6@gmail.com

²Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pasifik Morotai

ABSTRAK

Kondisi lereng dengan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran sehingga diperlukan sebuah perkuatan lereng, salah satunya yaitu dengan *geotekstil*. *Geotekstil* sering digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah dalam pelaksanaan, murah, dan dapat meningkatkan stabilitas lereng secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana prosedur menghitung stabilitas lereng Kelurahan Tabona dalam kondisi *eksisting*, dan mengetahui bagaimana cara menghitung stabilitas lereng Kelurahan Tabona menggunakan perhitungan manual dengan perkuatan *geotextile*. Dalam penelitian ini digunakan metode *Fellenius* untuk menganalisis lereng kondisi *eksisting*. Sedangkan untuk menganalisis lereng setelah perkuatan mengacu pada pedoman konstruksi bangunan No.003/BM/2009. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh $FK=1,1$ pada lereng untuk bidang longsor dengan jari- jari $R=9,0$ m (tidak aman). Sementara dengan mengubah geometri lereng diperoleh $FK=1,3$ (tidak aman) Selanjutnya setelah menggunakan perkuatan *geotextile* dengan tipe *woven polypropylene tensile strength (CD)* sebesar 50 kN/m diperoleh $FK=3,1$ artinya aman dari kelongsoran. *Geotextile* yang digunakan adalah sebanyak 7 lapis dan setiap lapisan memenuhi faktor aman baik terhadap cabut tulangan (FKP) maupun faktor aman terhadap putusnya tulangan (FKr) yaitu syarat FKP dan $FKr \geq 1,5$. Dari 7 lapis *geotextile* tersebut didapatkan FKP Minimum = 10 dan FKr Minimum = 1,7 yang artinya semua lapisan *geotextile* yang digunakan aman terhadap cabut dan aman terhadap putusnya *geotextile* tersebut.

Kata kunci : *Geotextile, fellenius, eksisting*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk negara yang beriklim tropis dan hanya memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Selain memiliki curah hujan yang tinggi pada musim penghujan, juga mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dan memiliki temperatur yang tinggi di saat musim kemarau. Karakteristik iklim seperti itu dapat berdampak terhadap kestabilan struktur tanah yang ada misalnya lereng. Kestabilan lereng sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya. Iklim merupakan faktor yang seringkali menyebabkan kelongsoran [1]. Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang paling sering terjadi di Indonesia [2]. Di Kota Ternate ada sejumlah wilayah yang rawan bencana tanah longsor, di antaranya di Kelurahan Tabona dan

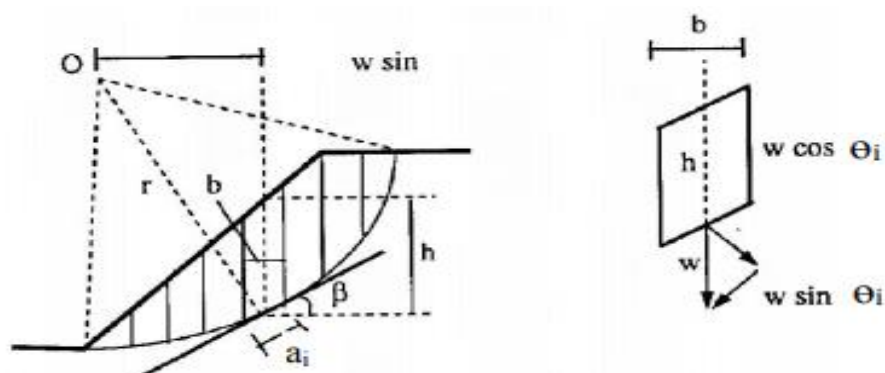
Kalumata, Kecamatan Kota Ternate Selatan, yang kedua wilayah itu merupakan bekas areal penambangan pasir kata Kepala BPBD Ternate, Hasim Yusup di Ternate. Di kedua Kelurahan tersebut ada sejumlah titik bekas penambangan pasir yang membentuk tebing tinggi, yang jika hujan lebat rawan longsor dan mengancam permukiman warga yang lokasinya tidak jauh dari tebing itu. Besarnya pengaruh curah hujan terhadap stabilitas lereng maka penelitian ini dilakukan mengingat semakin sering bencana tanah longsor yang terjadi setiap memasuki bulan-bulan basah pada musim hujan.

Perkuatan lereng difungsikan untuk mencegah terjadinya kelongsoran, sehingga kestabilan pada lereng dapat tercapai [3]. Metode yang digunakan untuk mengatasi kelongsoran adalah dengan menggunakan perkuatan geosintetik untuk menambahkan FK pada lereng. Ada berbagai jenis geosintetik seperti geogrid, geomembran, geotekstil, dan lain sebagainya. Geotekstil merupakan suatu bahan sintesis permeable yang bahan dasarnya terbuat dari tekstil polimer seperti polyester atau polypropylene. Geotekstil dapat digunakan atau berfungsi sebagai separator, filter, proteksi, dan perkuatan [1].

2 METODE PENELITIAN

Riset ini berlokasi di Lereng yang terletak di Kelurahan Tabona, Ternate Selatan, Provinsi Maluku Utara. penelitian dimulai dari perizinan penelitian dan pengambilan sampel di lapangan. Selanjutnya, pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate.

Data primer: Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan informasi, dokumentasi, survey pemetaan lapangan untuk mendapatkan Potongan melintang (*Cross Section*), dan Mengumpulkan data tanah berupa sifat mekanik tanah diantaranya kohesi dan sudut gesek dalam tanah. Data Sekunder: Data material *geotekstil* yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah Jenis material *geotextile Woven* serta sistem perkuatannya terhadap lereng. Data Tanah Longsor yang digunakan pada penelitian ini seperti pada gambar 1 [4].



Gambar 1. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan

Bila terdapat air pada lereng, tekanan air pori pada bidang longsor tidak menambah momen akibat tanah yang akan longsor karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran sehingga diperoleh persamaan [5]:

$$SF = \frac{\sum (c a_i + W_i \cos \theta_i \cdot \tan \phi)}{\sum W_i \cos \theta_i} \quad (1)$$

dengan :

- c : kohesi tanah (kN/m²),
- φ : sudut gesek dalam tanah (derajat),
- a_i : panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m),
- w_i : berat isi tanah ke- i (kN),
- θ_i : sudut dari pusat irisan ke titik berat (derajat).

Perhitungan Faktor aman lereng bertulang dapat dihitung dengan persamaan berikut [6]:

$$FK_u = \frac{\text{Momen Penahan (MR)}}{\text{Momen Pendorong (MD)}} \quad (2)$$

$$FK_R = FK_u + \frac{T_s D}{MD} \quad (3)$$

dengan:

- FKR = Faktor keamanan dengan perkuatan yang ditargetkan.
- FKU = Faktor keamanan lereng tanpa perkuatan.
- MR = Momen Penahan (kN.m).
- MD = Momen pendorong (kN.m) terhadap pusat rotasi lingkaran keruntuhan.
- TS = Jumlah gaya tarik yang dibutuhkan per satuan lebar perkuatan di seluruh lapisan perkuatan yang memotong bidang keruntuhan (kN/m).
- D = lengan momen TS terhadap pusat rotasi lingkaran keruntuhan. = Jari-jari lingkaran, R, untuk jenis perkuatan *geosintetik* lembaran menerus

Kemudian untuk menganalisis stabilitas lereng terhadap putus dan stabilitas terhadap cabut tulangan tulangan menggunakan persamaan sebagai berikut [7].

$$FK_r = \frac{T_a}{\sigma_h \cdot S_v} \geq 1,5 \quad (4)$$

dengan:

- FKr = Angka keamanan terhadap putus tulangan
- S_v = Jarak tulangan arah vertikal (m)
- T_a = Kuat tarik ijin tulangan (kN/m)
- σ_h = Tekanan horizontal tanah pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²)

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

dengan:

- FKp = Angka keamanan terhadap cabut tulangan
- μ = Koefisien gesek antara tanah dan tulangan, dapat diambil μ = tg (2φ/3)
- σ_v = Tekanan vertikal tanah pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²)
- L_e = Panjang perkuatan yang berada di belakang garis longsor (m)

3.2 Analisis Data Tanah Dasar

Pengujian yang di lakukan dalam Uji *hand boring* yang dilakukan pada bagian bawah lereng dengan kedalaman 2 meter sebanyak 1 titik. Dapat dilihat pada Gambar 2. Kemudian Sampel tanah yang diperoleh dari pengujian *hand boring* pada titik A pada Gambar 3, Selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk mengetahui parameter-parameter yang diperlukan dalam menganalisis stabilitas lereng, diantaranya adalah: $c = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 43,4^\circ$, dan $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}$.

3.3 Material Perkuatan (*Geotextile*)

Material geotekstil yang di gunakan adalah *geotekstil* teranyam (*woven geotextile*) pada umumnya digunakan sebagai elemen perkuatan tanah karena memiliki modulus elastisitas yang tinggi. Pada penelitian ini, digunakan *geotextile woven polypropylene tensile strength* (CD) sebesar 50 kN/m, seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data *Geotextile*

Specifications	Test Method	Unit	GIW250
Physical Properties			
Mass Weight	ASTM D 5261	g/m ²	250
Polymer		-	
Colour		-	
Mechanical Properties			
Tensile Strength (MD)	ASTM D 4595	kN/m	55
Tensile Strength (CD)			50
Elongation (MD)		%	45
Elongation (CD)			38
Grab Tensile (MD)	ASTM D 4632	N	2170
Grab Tensile (CD)			1880
Trapezoidal Tear Strength (MD)	ASTM D 4533		950
Trapezoidal Tear Strength (CD)			900
Puncture Resistance	ASTM D 4833		650
Hydraulic Properties			
Permeability	ASTM D 4491	mm/s	0.5
Permittivity	ASTM D 4571	Sec ⁻²	0.48
Flow Rate	ISO 11058	l/min	5.33
Apparent Opening Size (AOS)	ASTM D 4751	mm	0.49
Dimension			
Roll Width X Length	-	m	4 X 150
Roll Weight		kg	150
Roll Diameter		m	0.55

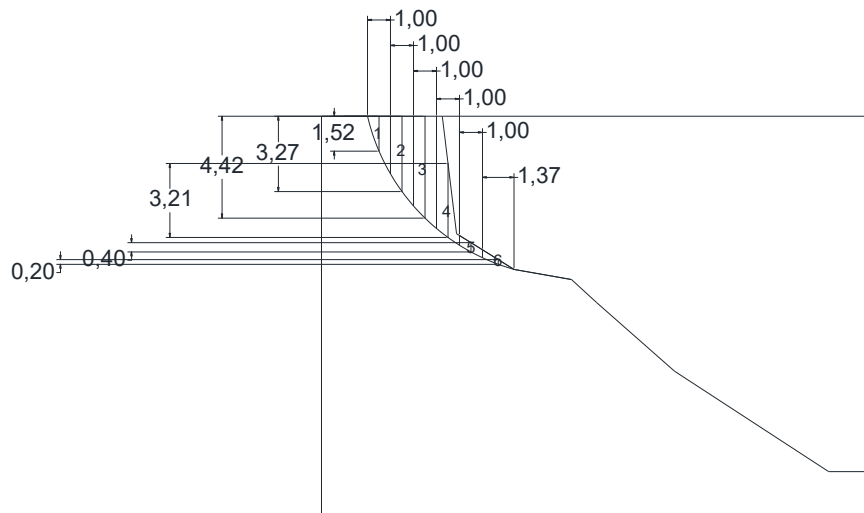
3.4 Analisis Stabilitas Lereng

Lereng Kondisi Eksisting

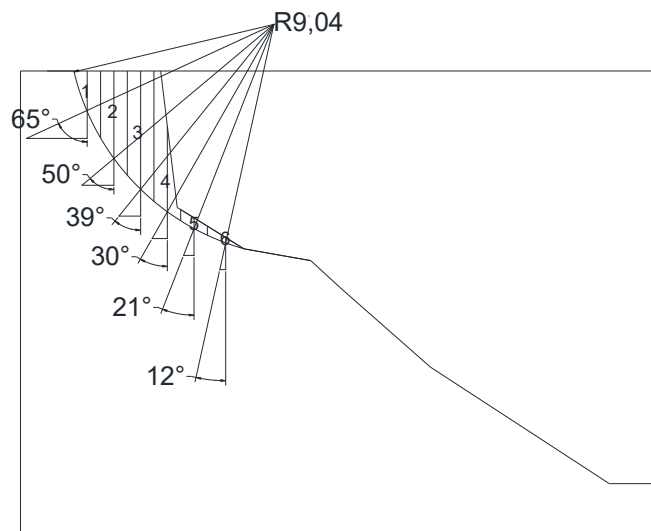
Langkah – langkah yang dilakukan untuk menganalisis stabilitas lereng kondisi *eksisting* atau kondisi sebenarnya dengan metode *Fellenius* yaitu sebagai berikut :

1. Membagi bidang longsor kritis menjadi beberapa pias, dalam lereng ini dibagi menjadi 5 pias.
2. Menentukan jarak atau lebar irisan (b) dan tinggi (h) longsor tiap irisan
3. Menentukan besarnya sudut dari pusat irisan ke titik berat (θ_i)

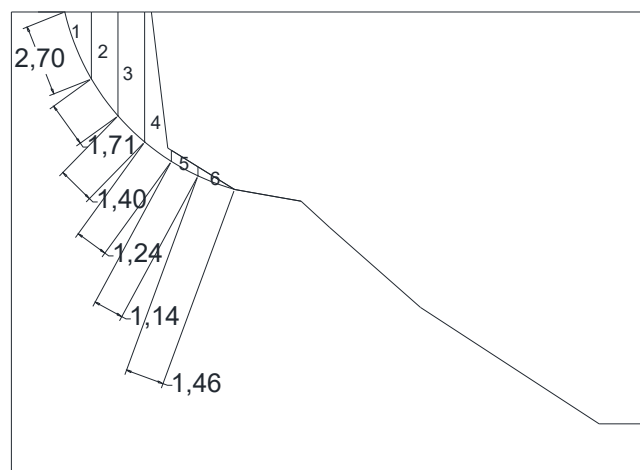
4. Membagi panjang bidang longsor masing-masing potongan
5. Menentukan berat irisan tanah (W_i)
6. Menghitung sudut dari pusat irisan ke titik berat



Gambar 4. Pengukuran tinggi dan lebar tiap bagian bidang longsor lereng kondis



Gambar 5. Besar sudut tiap bagian bidang longsor lereng kondisi *eksisting*



Gambar 6. Panjang bidang longsor masing-masing potongan

Tabel 2. Perhitungan irisan metode *fellenius*

No.	γ	b_i	h_i	$W_i = \gamma \cdot b_i \cdot h_i$	θ	$W_i \cdot \cos$	$W_i \cdot \sin$	a_i	$U_i = u_i \cdot a_i$	$\frac{W_i \cdot \cos - U_i}{U_i}$
Irisan	(kN/m ³)	(m)	(m)	(kN/m)	(°)	θ	θ	(m)	(kN/m ²)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18,50	1,00	1,52	28,11	65	11,88	25,48	2,70	0,00	11,88
2	18,50	1,00	3,27	60,48	50	38,88	46,33	1,71	0,00	38,88
3	18,50	1,00	4,42	81,75	39	63,53	51,45	1,40	0,00	63,53
4	18,50	1,00	3,21	59,37	30	51,42	29,68	1,24	0,00	51,42
5	18,50	1,00	0,40	7,40	21	6,91	2,65	1,14	0,00	6,917
6	18,50	1,37	0,2	5,07	12	4,96	1,05	1,46	0,00	4,96
						Σ	156,65	9,65	0,00	177,57

7. Menghitung tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi

$$\begin{aligned} \sum c_i \times a_i &= 0 \times 9,65 \\ &= 0 \text{ kN} \end{aligned}$$

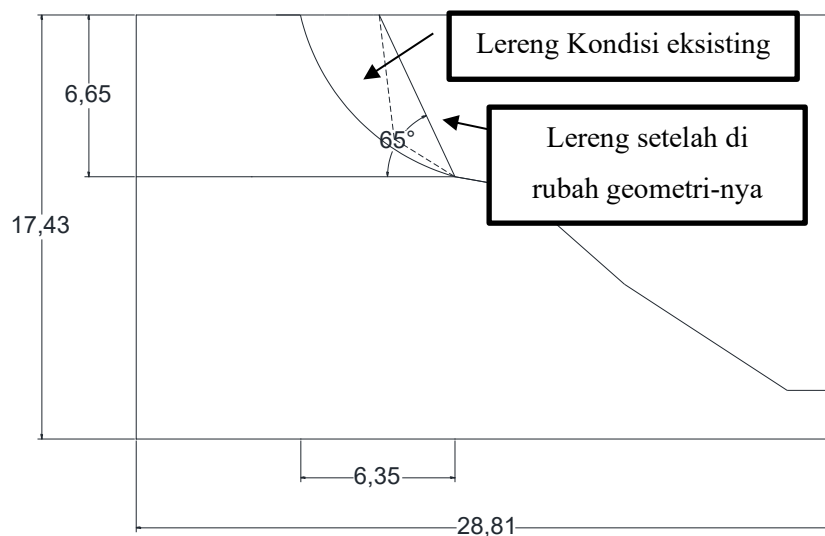
8. Menghitung tahanan longsor yang dikerahkan oleh komponen gesekan pada lapisan tanah

$$SF = \frac{\sum(c_i a_i + W_i \cos \theta_i \times \tan \phi)}{\sum W_i \cos \theta_i}$$

$$SF = \frac{0 + 168,152}{156,65} = 1,073$$

Faktor aman lereng kondisi eksisting didapatkan $FK = 1,073$ yaitu kurang dari syarat faktor aman 1,5 yang artinya lereng berpotensi longsor maka perlu di rubah geometri lereng untuk meningkatkan faktor aman

Analisis Stabilitas Lereng Dengan Mengubah Model Lereng



Gambar 8 Bidang longsor kritis lereng setelah diubah geometri-nya

Dengan perhitungan yang sama, perhitungan stabilitas lereng dengan dirubah geometri-nya didapat FK pada lereng sebesar 1,3, Artinya faktor keamanan masih lebih kecil dari batas aman dengan kriteria lereng kritis SF

$\leq 1,5$, maka lereng diberikan perkuatan untuk meningkatkan faktor keamanannya dan untuk mencegah kelongsoran yang dapat terjadi, Adapun perkuatan yang digunakan adalah *geotextile*.

Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan *Geotextile*

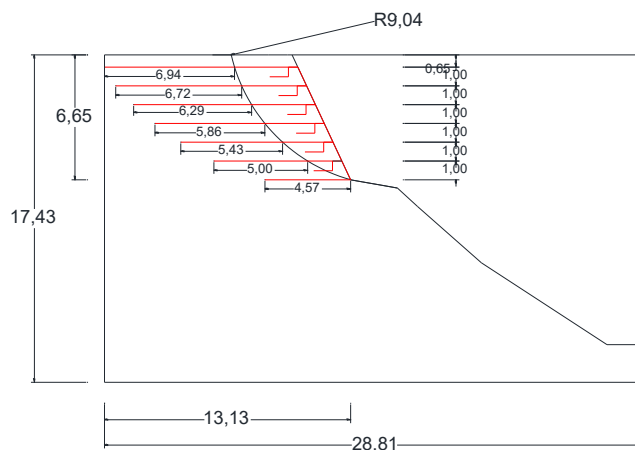
Berikut adalah parameter serta langkah – langkah perhitungan perkuatan lereng dengan sistem perkuatan *geotextile*:

- Panjang *geotextile* (L) = 7 m
- Jarak vertikal antar *geotextile* (Sv) = 1 m
- Kuat tarik *geotextile* (Ta) = 50 kN/m
- Tinggi lereng (H) = 6,65 m
- Sudut geser tanah (ϕ) = 43,4
- Bera volume tanah (γ) = 18,5 kN/m³

1. Menghitung koefisien gesek antara tanah dengan perkuatan
2. Menghitung panjang perkuatan yang berada dibelakang garis longsor
3. Menghitung koefisien tekanan tanah lateral
4. Menghitung tegangan vertika
5. Menghitung tegangan horizontal
6. Menghitung angka keamanan terhadap cabut tulangan
7. Menghitung angka keamanan terhadap putus tulangan

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan faktor aman perkuatan lereng dengan *geotextile*

No. Perkuatan	1	2	3	4	5	6	7
Kedalaman (m)	1	2	3	4	5	6	6.5
Ka	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Le(m)	4.57	5.0	5.43	5.86	6.29	6.72	6.94
σ_v (kN/m ²)	18.5	37	55.5	73.98	92.48	111	120
σ_h (kN/m ²)	9.34	18.7	28	37.37	46.71	56.05	60.7
FKp	10	11	11.9	12.84	13.78	14.73	15.2
FKr	5.35	2.68	1.78	1.338	1.07	0.892	0.82
FKp Min =	10	$\geq 1,5$		Memenuhi !			
FKr Min =	1.78	$\geq 1,5$		Memenuhi !			



Gambar 9 Detail lereng dengan sistem perkuatan *geotextile*

Tabel 3. Stabilitas lereng terhadap kelongsoran

No	Ti kN/m	Yi m	Ti.Yi kN
1	50	9.04	452
2	50	9.04	452
3	50	9.04	452
4	50	9.04	452
5	50	9.04	452
6	50	9.04	452
7	50	9.04	452
		Σ	3164

$$FKR = FK_u + \frac{T_s D}{MD}$$

$$FKR = FK_u \frac{\sum_{i=1}^{i=n} T_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i R}$$

$$FKR = 1,3 + \frac{3164}{193,61 \times 9,04} = 3,1$$

$$= 3,11.$$

Faktor keamanan terhadap longsor yang didapatkan dari sistem perkuatan *geotextile* adalah 3,11 yaitu memenuhi faktor aman yang disyaratkan yaitu $FK = \geq 1,5$. Selain itu juga dapat dilihat pada tabel 4.20, *geotextile* yang dipasang pada lereng dari lapisan 1 sampai 7 menunjukkan semua lapisan memenuhi faktor keamanan terhadap cabut dan faktor keamanan terhadap putusnya tulangan. Hasil yang didapatkan dari 7 lapis perkuatan yaitu FKP Minimum = 10 dan FKr Minimum = 1.78.

4 KESIMPULAN

Hasil pengukuran lereng diperoleh tinggi lereng yang di desain adalah 6,65 m, dengan sudut kemiringan pada bagian lereng yang direncanakan adalah 65°, hasil hitungan diperoleh faktor keamanan (FK) pada lereng dengan kondisi *eksisting* dan bidang potensial longsor lingkaran dengan jari-jari 9,04 m adalah $FK = 1,1$ artinya kurang dari batas aman 1,5. Hasil analisis faktor keamanan dengan mengubah model lereng diperoleh $FK = 1,3$ artinya kurang dari batas aman 1,5, Setelah diberikan perkuatan dengan sistem perkuatan *geotextile* faktor keamanan lereng tersebut meningkat yaitu dari faktor keamanan sebelumnya menjadi 3,11 artinya aman terhadap kelongsoran.

Disarankan melakukan perbaikan tanah pada lereng dengan bahan geosintetik lain, misalnya lapisan perkuatan

dapat dilakukan dengan *Geogrid*. Lapisan proteksi dapat dilakukan dengan menggunakan *Geomat* maupun *Geocell*. Pemodelan selanjutnya dapat dilakukan dengan *software geoteknik* lain, seperti *Geoslope* maupun *Plaxis*. Menambah variasi beban, yaitu tidak hanya beban mati tapi juga beban hidup, dan beban dinamik seperti adanya pengaruh gempa. Melakukan analisis pada lereng dengan alternatif metode yang lain sebagai perbandingan, misalnya : metode bishop, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fauji, I. M & Hamdhan, I. N., 2019. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotextile Woven Akibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 5, No. 2. Hal. 61-72.
- [2] Simblon, R & Sutanto, H., 2019. Pengaruh Penggunaan Geotextile Terhadap Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Konstruksi Dinding Penahan Tanah Kantilever. *Jurnal Teknologi Sipil*. Vol. 8, No. 1. Hal. 27-36.
- [3] Prasetyo, I. Dkk., 2017. Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Hal. 922–926
- [4] Agus S. M., 2017, *Tanah Longsor Analisis–Prediksi-Mitigasi*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- [5] Hardiyatmo, H.C., 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. UGM Press, Yogyakarta.
- [6] Anonim. 2009. Departemen Pekerjaan Umum. *Pelaksanaan dan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*.
- [7] Chasanah, U., 2012. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope. *Skripsi*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.