

Pengaruh Jumlah Lapisan Geotekstil Woven Terhadap Stabilitas Lereng Zona Penyangga Situs Gunung Padang

Irfan Fadhila Efendi¹ dan Fatin Adriati^{1,*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie, Jl. H. R. Rasuna Said, Kuningan, DKI Jakarta, 12940, Indonesia

* Korespondensi: fatin.adriati@bakrie.ac.id

Abstrak

Situs Gunung Padang adalah situs peninggalan kebudayaan megalitikum yang terletak di Kelurahan Karyamukti, Kecamatan Cempaka, Cianjur, Jawa Barat. Diketahui bahwa terjadi kelongsoran di lereng bagian timur dan barat dari zona penyangga situs tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil woven. Variasi yang digunakan jumlah lapisan geotekstil woven dengan 3 model. Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dilakukan menggunakan program Plaxis, untuk mengetahui model mana yang paling efektif. Hasil analisis menunjukkan bahwa lereng tanpa perkuatan dengan asumsi muka air tanah (selevel dengan lereng) dalam keadaan kritis. Penambahan perkuatan geotekstil mampu meningkatkan faktor keamanan lereng, namun tidak signifikan. Semakin banyak lapisan geotekstil, maka angka keamanan semakin tinggi begitu juga sebaliknya.

Kata kunci: Geotekstil, longsor, Plaxis, Stabilitas lereng, Woven

1 Pendahuluan

Situs Gunung Padang adalah situs peninggalan kebudayaan megalitikum seluas 291.800 m² yang terletak di Kelurahan Karyamukti, Kecamatan Cempaka, Cianjur, Jawa Barat. Selain menyajikan kebudayaan megalitikum, situs ini juga menyajikan wisata alam yang salah satunya berupa menara pandang di ujung bukit. Situs Gunung Padang merupakan salah satu objek geowisata yang sering dikunjungi oleh wisatawan, tercatat jumlah pengunjung sedikitnya 200 sampai 300 orang per minggu dan meningkat ketika musim liburan.

Keberadaan situs di puncak gunung dengan akses yang melewati lereng, menimbulkan adanya potensi longsor. Hal ini dibenarkan seperti yang terjadi pada hari Kamis, 16 Mei 2019, bencana longsor timbul di lereng bagian timur dan barat (medcom.id). Menurut warga sekitar, lereng bagian timur mengalami longsor selebar 30 m dengan panjang sekitar 70 m. Longsor disinyalir disebabkan curah hujan yang tinggi di daerah sekitar.

Longsor di daerah lereng biasanya diakibatkan karena tanah kehilangan kuat geser dan daya dukungnya yang disebabkan oleh kandungan air yang tinggi di dalam tanah atau faktor kemiringan dan beban yang bekerja di atasnya. Kelongsoran bisa ditanggulangi dengan memperkuat stabilitas lereng.

Untuk mengetahui stabilitas lereng maka perlu

diperlukan analisis stabilitas lereng, dimana stabilitas lereng dapat diperkuat dan bencana longsor dapat diminimalisir dengan beberapa metode, salah satunya adalah metode geotekstil. Hardiyatmo (2007) menyatakan bahwa 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. Keunggulan metode geotekstil antara lain murah, mudah dalam pelaksanaan dan efektif dapat meningkatkan stabilitas lereng.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ichsan Prasetyo, dkk (2017). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui angka keamanan lereng alami dan lereng dengan perkuatan geotekstil pada lereng bertingkat. Metode elemen hingga adalah metode yang digunakan pada penelitian ini. Pemodelan dilakukan dengan variasi tebal tanah timbunan pengisi dan panjang geotekstil. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah semakin besar panjang geotekstil maka angka SF semakin tinggi dan ketebalan timbunan tidak berpengaruh pada angka SF.

Penelitian yang lain oleh Prasasti, dkk (2014) mengenai perkuatan tanah pada lahan lereng yang digunakan untuk bangunan tempat tinggal penduduk dengan menggunakan metode geotekstil. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lokasi maksimum dalam pemasangan geotekstil dengan jumlah geotekstil 3 buah dan jarak pondasi ke tepi lereng sepanjang 12 cm, dimana panjang lapisan geotekstil dipasang dengan tiga

variasi yang berbeda dan dengan tiga variasi jarak vertikal antarlapis geotekstil yang berbeda. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa model lereng mengalami peningkatan daya dukung secara signifikan. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil jarak antar geotekstil, maka penambahan daya dukung semakin tinggi.

Metode geotekstil terbukti mampu meningkatkan stabilitas lereng yang didukung oleh penelitian-penelitian sebelumnya. Faktor harga yang murah dan mudahnya pengerjaan adalah salah satu pengajuan metode geotekstil untuk diaplikasikan di lereng Gunung Padang yang longsor, khususnya lereng bagian timur. Penelitian ini menggunakan kombinasi variabel jumlah lapisan geotekstil dan panjang penjangkaran dengan jenis geotekstil woven (teranyam). Untuk menentukan analisa tersebut maka digunakan aplikasi Plaxis.

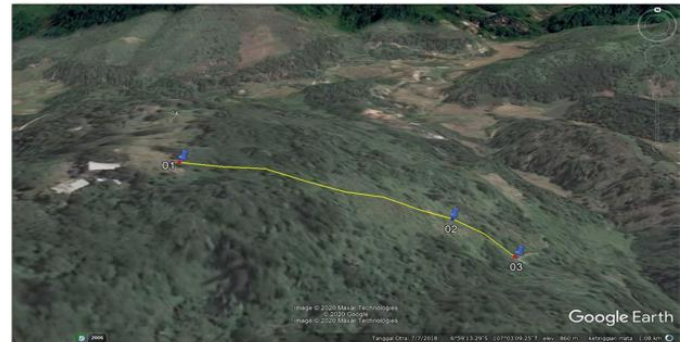
Aplikasi Plaxis digunakan karena aplikasi tersebut adalah satu aplikasi analisis stabilitas lereng yang tepat dalam solusi untuk memecahkan kasus stabilitas lereng Gunung Padang. Aplikasi ini dapat menghitung angka aman secara akurat dengan waktu yang relatif singkat. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Jumlah Lapisan Geotekstil Woven Terhadap Stabilitas Lereng Zona Penyangga Situs Gunung Padang”.

2 Metode

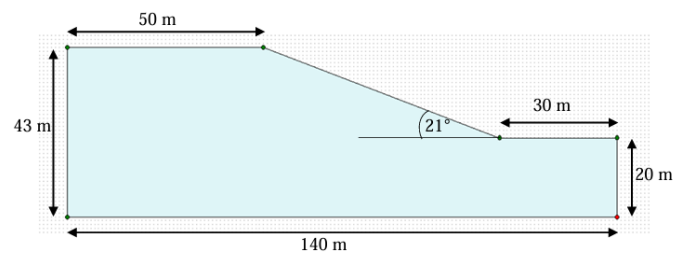
Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh dengan melakukan observasi lapangan dan pengujian di laboratorium. Dari observasi lapangan didapatkan data geometri lereng, lalu dari pengujian di laboratorium menghasilkan data parameter-parameter tanah, baik fisik maupun mekanis.

2.1 Geometri Lereng

Data geometri lereng didapatkan dengan cara penelusuran langsung ke area longsor yang berada di lereng sebelah timur Gunung Padang, Cianjur, Jawa Barat. Data diambil menggunakan Global Positioning System (GPS) berupa titik – titik koordinat yang dimulai dari puncak lereng area longsor yang nantinya dapat diketahui elevasinya dengan menggunakan software Google Earth (lihat **Gambar 1**). Setelah data elevasi didapatkan untuk mengetahui detail perbedaan elevasi tanah tersebut, data dari Google Earth di export ke dalam software AutoCad secara manual yang kemudian di input ke dalam Plaxis. Hasil geometri lereng yang didapat seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Titik Lokasi Pengambilan Data GPS



Gambar 2. Elevasi Lereng Timur Gunung Padang

2.2 Parameter Tanah

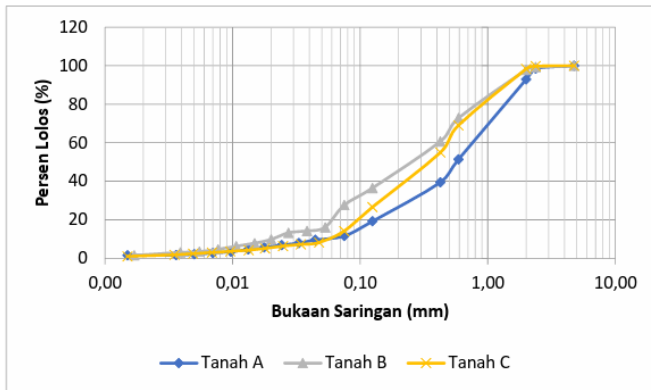
Pengambilan sampel tanah menggunakan hand boring dilakukan di 3 titik, yaitu di titik awal kelongsoran (A), tengah (B) dan titik akhir kelongsoran (C). Sampel tanah, kemudian diuji di laboratorium untuk menentukan parameter fisik dan mekanis tanah. Parameter fisik tanah yang diperoleh antara lain:

- Berat volume (γ) diperoleh melalui tes berat volume berdasarkan ASTM D-2049.
- Kadar air (w_c) diperoleh melalui tes kadar air berdasarkan ASTM D2216-92 (1996).
- Berat Jenis (G_s) diperoleh melalui tes Specific Gravity berdasarkan ASTM D 854, AASHTO T 100 dan SNI 1964:2008.
- Batas-batas Atterberg:
 - Liquid Limits (LL) diperoleh melalui tes Liquid Limits berdasarkan ASTM D 4318, AASHTO T 89 dan SNI 1967:2008.
 - Plastic Limits (PL) diperoleh melalui tes Plastic Limits berdasarkan ASTM D 4318, AASHTO T 90 dan SNI 1966:2008.
- Analisis saringan diperoleh melalui tes Sieve Analysis berdasarkan ASTM D 421, ASTM D 422, AASHTO T 88 dan SNI 3423:2008.
- Analisis pembagian butir yang lolos saringan No.200 diperoleh melalui tes Hydrometer berdasarkan ASTM D 421, ASTM D 422, AASHTO T 88 dan SNI 3423:2008.

Parameter tanah diperoleh dari hasil uji laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 1**. Sementara itu, grafik distribusi butiran disajikan dalam **Gambar 3**.

Tabel 1. Parameter Fisik Tanah

Parameter	Satuan	Tanah		
		A	B	C
Kadar Air (w_c)	%	45,38	45,52	45,95
Berat Jenis (G_s)		2,45	2,19	2,38
Gamma Unaturated (γ_{unsat})	kN/m ³	16,37		
Gamma Saturated (γ_{sat})	kN/m ³	18,01		
Batas Cair (LL)	%	66,70	52,07	40,97
Batas Plastis (PL)	%	39,92	32,27	35,71
Indeks Plastisitas (PI)	%	17,49	14,79	5,26



Gambar 3. Grafik Distribusi Butiran Tanah

Berdasarkan tabel Unified Soil Classification System (USCS), tanah sampel termasuk tanah pasir berlempung atau tanah campuran pasir lempung (SC). Hal ini dikarenakan lebih dari setengah materialnya tidak lolos saringan No. 200. Lebih dari setengah fraksi kasarnya lolos saringan No. 4 dan diperkuat dengan nilai PI sebesar 12,5%. Tanah pasir sampel memiliki nilai sudut geser dalam 35° - 40° yang termasuk ke dalam kepadatan agak kompak (medium dense)

2.3 Variabel Geotekstil

Dalam penelitian ini, variasi yang digunakan adalah jumlah lapisan geotekstil. Panjang penjangkaran sebesar 32 m. Jumlah lapisan perkuatan adalah sebanyak 7 lapisan dengan ketinggian vertikal 3,8 m, 9 lapisan dengan ketinggian vertikal 2,8 m dan yang terakhir 11 lapisan dengan ketinggian vertikal 2,3 m.

Tabel 2. Variasi Panjang dan Lebar Geotekstil Woven

		Woven	
		Jarak Penjangkaran (m)	
		32	
Jumlah Timbunan	7 (H = 3,8 m)	1	
	9 (H = 2,8 m)	2	
	11 (H = 2,3 m)	3	

Berdasarkan **Tabel 2**, 3 (tiga) pemodelan yang seluruhnya menggunakan geotekstil woven dengan spesifikasi yang sama, yaitu menggunakan geotekstil woven UW 250 hasil produksi dari PT Tekindo Geosistem Unggul dengan parameter yang dapat dilihat pada Tabel 3.5. Pada model 1 menggunakan panjang penjangkaran sebesar 32 m dan 7 lapisan dengan ketinggian vertikal sebesar 3,8 m. Model 2 menggunakan panjang penjangkaran sebesar 32 m dan 9 lapisan dengan ketinggian vertikal 2,8 m. Model 3 menggunakan panjang penjangkaran sebesar 32 m dan 11 lapisan dengan ketinggian vertikal 2,3 m. Lereng diasumsikan terdapat muka air tanah (selevel dengan

permukaan lereng) dengan nilai berat jenis air sebesar 9,81 kN/m³.

2.4 Perencanaan Perkuatan Geotekstil dengan Perhitungan

Pada penelitian ini selain menggunakan variabel berdasarkan asumsi, penelitian ini juga merencanakan panjang penjangkaran dan tebal lapisan sesuai teori perhitungan. Hasil yang didapatkan adalah panjang penjangkaran sebesar 10 m dan 15 m serta panjang lipatan sebesar 1 m. Dari perhitungan, didapatkan tebal lapisan perkuatan geotekstil sebesar 0,5 m, dari desain dimensi tersebut, lereng akan diujikan dengan stabilitas eksternal antara lain aman dari geser, aman dari guling dan aman terhadap kelongsoran daya dukung.

2.5 Pemodelan

Pemodelan menggunakan data material tanah yang telah diuji sebelumnya dan data material geotekstil yang ada pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

1. Data Material Tanah

Data material tanah yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Parameter Tanah untuk Pemodelan

Parameter	Nama	Nilai	Satuan
Model material	Model	Mohr-Coulomb	-
Jenis perilaku material	Jenis	Drained	-
Berat isi tanah di atas garis freatik	γ_{unsat}	13	kN/m ³
Berat isi tanah di bawah garis freatik	γ_{sat}	18	kN/m ³
Berat jenis air	γ_w	9,81	kN/m ³
Permeabilitas arah horisontal	k_x	8,64	m/hari
Permeabilitas arah bertikal	k_y	8,64	m/hari
Modulus Young (konstan)	E_{ref}	20000	kN/m ²
Angka Poisson	ν	0,25	-
Kohesi (konstan)	C_{ref}	11,01	kN/m ²
Sudut geser	Φ	35	°
Sudut dilatasi	Ψ	0	°

2. Data Material Geotekstil

Data geotekstil yang diperlukan adalah EA , Np serta perilaku atau sifat geotekstil terhadap perkuatan. Geotekstil yang digunakan adalah geotekstil woven UW 250 hasil produksi dari PT Tekindo Geosistem Unggul.

• Material Nail

Tabel 4. Data Material Geotekstil Woven UW 250

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik	T	52	kN/m
Regangan	ϵ	20	%
Kekakuan Normal	EA	260	kN/m
Kuat Tarik ijin	Np	11,5	kN/m

3 Hasil dan Pembahasan

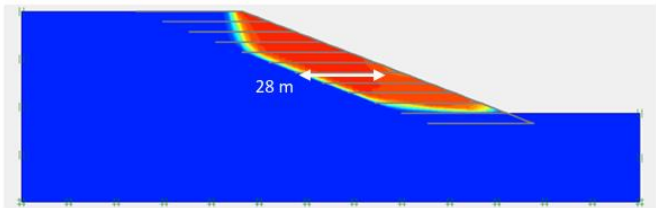
3.1 Analisis Stabilitas Lereng

Kemiringan lereng zona penyangga Situs Wisata Gunung Padang sebesar 21° termasuk dalam kategori sedang yang kemudian dianalisis stabilitasnya. Analisis stabilitas lereng terbagi atas 2 (dua) pemodelan yaitu kondisi tanpa perkuatan dan kondisi dengan perkuatan geotekstil. Analisis tersebut dilakukan dengan software Plaxis 2D

versi 8.6. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan mengasumsikan adanya muka air tanah (selevel dengan muka lereng). Hasil analisis menggunakan software Plaxis berupa nilai safety factor (SF) yang digunakan untuk mengetahui kondisi keamanan lereng dan bentuk bidang gelincir yang mungkin terjadi di lereng, untuk pertimbangan desain perkuatan lereng dengan geotekstil.

3.1.1 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

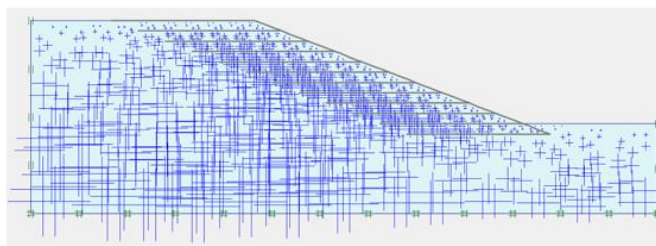
Perhitungan stabilitas lereng tanpa perkuatan diperlukan untuk mengetahui kondisi, nilai keamanan, besaran penurunan serta bentuk bidang gelincir pada lereng.



(a)

Pengali		Informasi tambahan	Informasi langkah
Informasi langkah			
Langkah	235 dari 337	Faktor ekstrapolasi	1.000
Langkah Plastis		Kekakuan relatif	0.001
Pengali			
	Peningkatan faktor pengali	Faktor pengali total	
Perpindahan tertentu	Mdisp: 0.000	Σ-Mdisp:	0.000
Sistem beban A	MloadA: 0.000	Σ-MloadA:	1.000
Sistem beban B	MloadB: 0.000	Σ-MloadB:	1.000
Berat tanah	Mweight: 0.000	Σ-Mweight:	1.000
Percepatan	Maccel: 0.000	Σ-Maccel:	0.000
Faktor reduksi kekuatan	Msf: 0.001	Σ-Msf:	0.988
Waktu	Peningkatan:	Waktu akhir:	0.000
Waktu dinamis	Peningkatan:	Waktu akhir:	0.000

(b)



(c)

Gambar 4. Hasil Analisis Lereng Tanpa Perkuatan (a)

Bidang Longsor (b) Calculation Info (c) Pore pressure

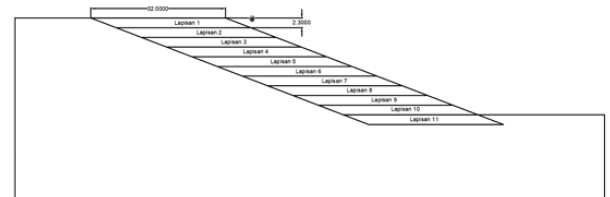
Dari hasil output Plaxis, didapatkan nilai SF sebesar 0,98 dengan deformasi lereng sebesar 2,26 m dan bidang longsor yang mungkin terjadi seperti Gambar 4. Dari hasil analisis juga didapatkan nilai active pore water pressure sebesar 419,50 kN/m², nilai ini didapatkan dari tekanan air pori hidrostatik ditambah dengan tekanan air pori berlebih. Jika ditinjau dari nilai SF, kondisi lereng eksisting adalah keadaan kritis. Kondisi kritis lereng disebabkan oleh adanya muka air tanah di permukaan lereng.

3.1.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Kondisi lereng eksisting masuk dalam keadaan kritis, sehingga diperlukan perkuatan dan salah satunya dengan geotekstil. Spesifikasi geotekstil yang diaplikasikan adalah dengan nilai EA: 260 kN/m dan nilai Np : 11,5

kN/m. Lereng eksisting diberikan perkuatan dengan variasi panjang penjangkaran dan jumlah lapisan geotekstil. Dari Gambar 4 terlihat, warna merah pada lereng yang merupakan bidang longsor yang mungkin terjadi dengan jarak 28 m. Oleh karena itu, panjang penjangkaran yang diperlukan minimal 32 m agar geotekstil memotong bidang longsor. Jumlah lapisan geotekstil berdasarkan asumsi untuk mengetahui perbandingan dan kenaikan nilai SF. Adapun visualisasi variasi perkuatan ada pada Gambar 5. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan dengan asumsi jumlah lapisan geotekstil sebanyak 7 (kombinasi 1), 9 (kombinasi 2) dan 11 (kombinasi 3) lapisan. Dari kombinasi tersebut dapat dipilih kombinasi yang paling berpengaruh terhadap kenaikan nilai SF dan dapat dijadikan rekomendasi untuk perkuatan lereng.

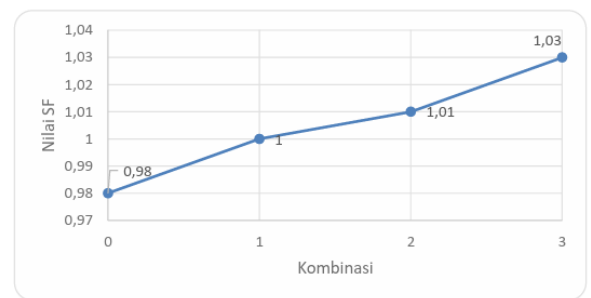
Tabel 5 adalah hasil perhitungan stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil, yang kemudian disajikan dalam grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Visualisasi Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Tabel 5. Faktor Keamanan dan Deformasi Lereng

Model	Faktor Keamanan (SF)	Peningkatan Nilai SF terhadap Lereng Tanpa Perkuatan
Tanpa Perkuatan	0,98	-
1	1,00	2,04%
2	1,01	3,06%
3	1,03	5,10%



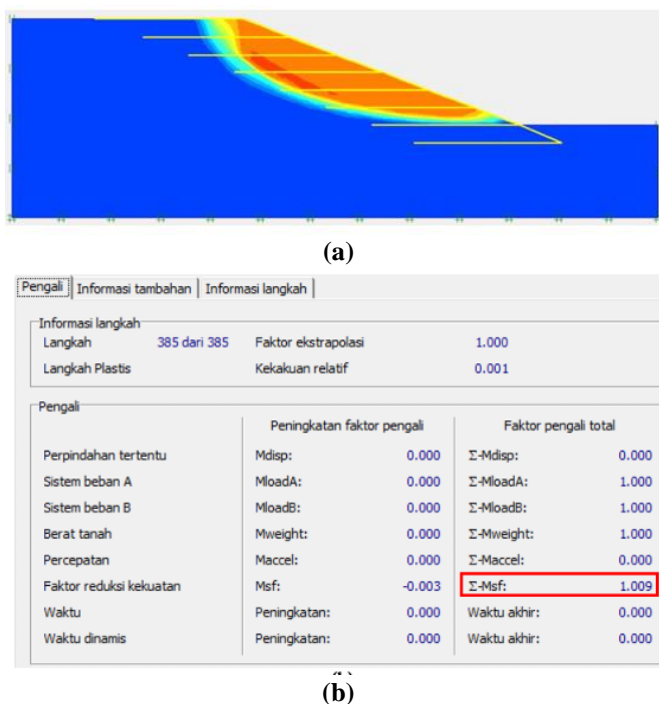
Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai SF

Adapun nilai estimasi deformasi untuk tanpa perkuatan dan setelah adanya perkuatan disajikan pada Tabel 6.

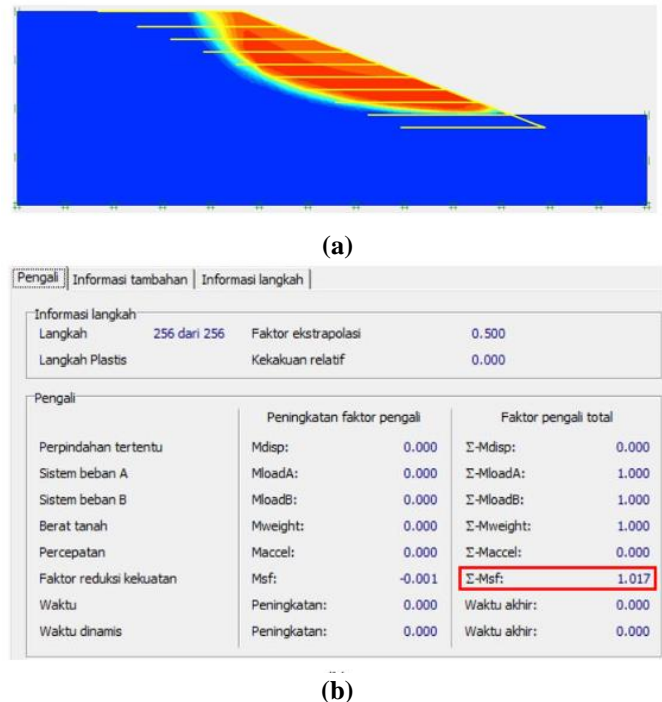
Tabel 6. Estimasi Deformasi Lereng

Kombinasi	Deformasi Lereng (cm)
Tanpa Perkuatan	226
1	42,1
2	33,7
3	31,8

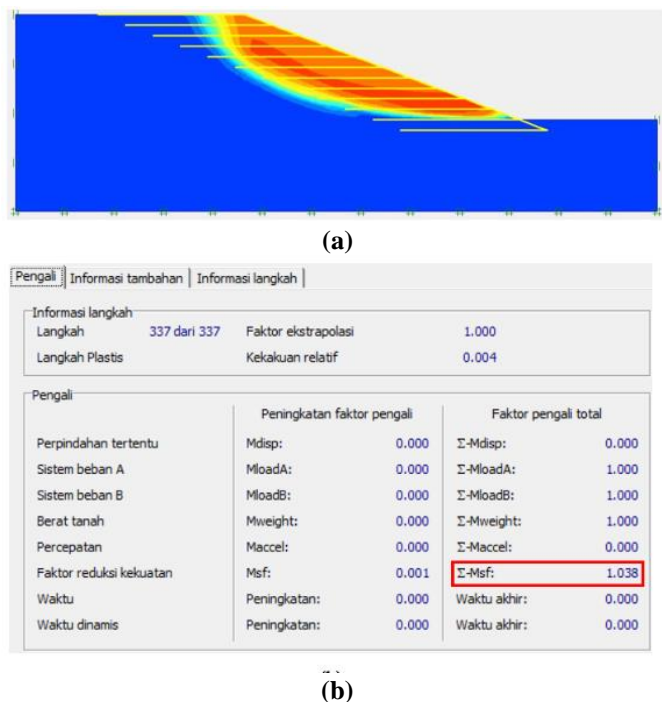
Pada **Tabel 5** dan **Tabel 6** memperlihatkan bahwa penambahan kekuatan geotekstil dapat meningkatkan nilai faktor keamanan (SF) sebesar 2,04% - 5,10% dan mampu menurunkan estimasi deformasi lereng. Persentase peningkatan faktor keamanan yang didapatkan setelah penambahan kekuatan dengan geotekstil sebesar 2,04% sampai 5,10%. Namun peningkatan faktor keamanan belum dapat mencapai syarat faktor keamanan minimum sebesar 1,25. Peningkatan yang tidak signifikan dimungkinkan terjadi karena jenis tanah yang merupakan pasir sehingga mudah terjadi gesekan antara pasir dan geotekstil. Dari **Tabel 5** dan **Gambar 6** juga memperlihatkan bahwa jumlah lapisan geotekstil yang banyak membuat nilai stabilitas lereng lebih tinggi. Peningkatan nilai stabilitas dikarenakan dengan lapisan yang lebih banyak kekuatan dapat memperkecil beban yang dipikul geotekstil. Pada **Gambar 7** sampai **Gambar 8** dapat dilihat bahwa perbedaan jumlah lapisan geotekstil tidak berpengaruh signifikan terhadap bidang longsor. Hal tersebut dapat dijelaskan dari **Tabel 6** yang memperlihatkan perbedaan estimasi deformasi yang cukup kecil. **Tabel 6** memperlihatkan bahwa semakin banyak jumlah lapisan geotekstil dapat memperkecil estimasi deformasi lereng. Berdasarkan analisis di atas dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah lapisan memiliki faktor keamanan yang lebih besar dibandingkan dengan jumlah lapisan yang sedikit.



Gambar 7. Hasil Analisis Lereng Model 1 (a) Bidang Longsor (b) Calculation Info



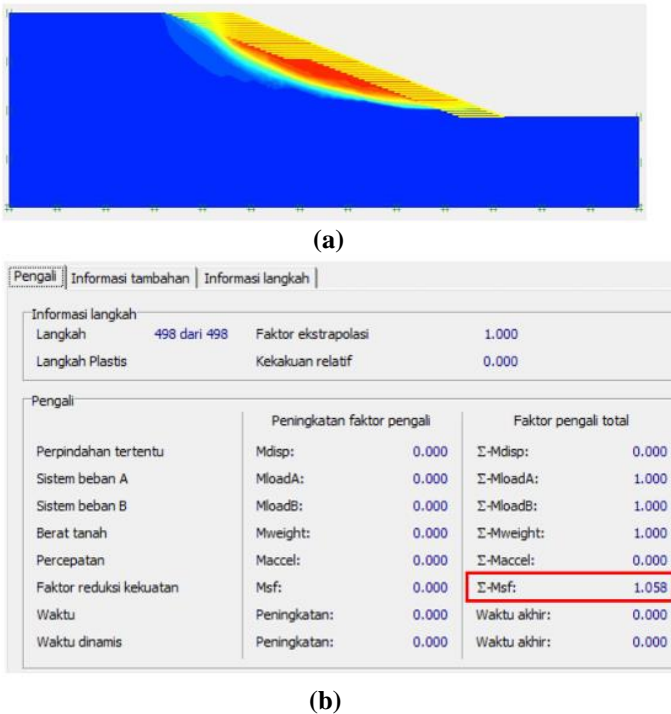
Gambar 8. Hasil Analisis Lereng Model 2 (a) Bidang Longsor (b) Calculation Info



Gambar 9. Hasil Analisis Lereng Model 3 (a) Bidang Longsor (b) Calculation Info

Dari hasil analisis dengan asumsi kekuatan seperti di atas didapatkan nilai kenaikan SF yang tidak signifikan. Kemudian dilakukan perhitungan manual untuk mengetahui dimensi panjang penjangkaran serta tinggi vertikal kekuatan (Sv) yang efektif (perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3). Berdasarkan perhitungan manual tersebut didapatkan jumlah lapisan kekuatan geotekstil sebanyak 46 lapisan (Kombinasi 4). Dari hasil output Plaxis, didapatkan nilai SF sebesar 1,058 dengan deformasi lereng sebesar 27,3 cm. Jika ditinjau dari nilai SF, kondisi lereng masih dalam

keadaan kritis. Hasil output plaxis stabilitas lereng dengan perkuatan melalui proses perhitungan pada **Gambar 10**.



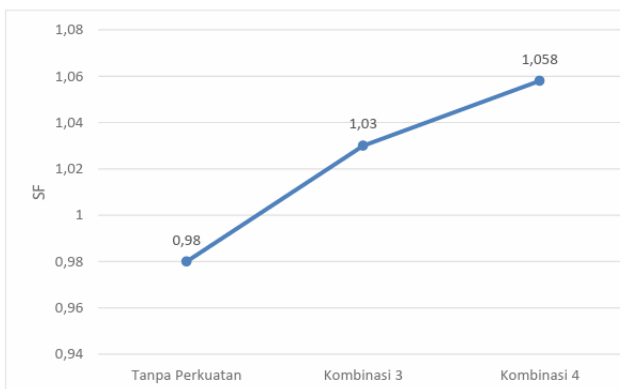
(b)

Gambar 10. Hasil Analisis Lereng dengan Perkuatan melalui Proses Perhitungan (a) Bidang Longsor (b) Calculation Info

Dari variasi perkuatan di atas didapatkan nilai SF dan deformasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Untuk perkuatan dengan variasi jumlah lapisan geotekstil diambil kombinasi nomor 3 karena kombinasi tersebut memiliki kenaikan SF yang signifikan.

Tabel 7. Perbandingan Stabilitas Lereng dengan Variasi Jumlah Geotekstil

Kombinasi	SF	Persentase SF	Deformasi (cm)	Persentase Deformasi
Tanpa Perkuatan	0,98	-	226	-
Kombinasi 3	1,03	5,10%	31,8	-98,59%
Kombinasi 4	1,058	7,95%	27,3	-98,79%



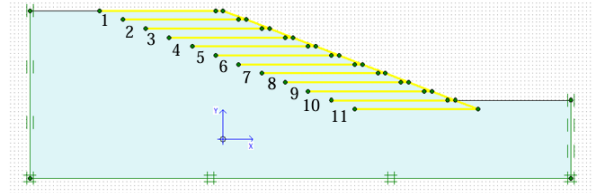
Gambar 11. Grafik Peningkatan SF

Dari **Tabel 7** dan **Gambar 11**, dapat dilihat bahwa kombinasi 4 memiliki kenaikan stabilitas lereng yang signifikan, namun nilai tersebut masih belum memenuhi persyaratan nilai kemanan. Kemudian dari parameter deformasi terlihat bahwa deformasi lebih kecil dari perkuatan menggunakan variasi jumlah lapisan geotekstil berdasarkan asumsi. Itu dikarenakan bahwa semakin

banyak jumlah lapisan geotekstil dapat memperkecil deformasi lereng.

3.2 Gaya Pada Geotekstil

Dari analisis di atas, didapatkan variasi perkuatan yang paling efektif adalah kombinasi 4 dengan jumlah 46 lapisan serta panjang penjangkaran sebesar 10 sampai dengan 15 m. Untuk mengetahui efektifitas geotekstil pada kombinasi 4, maka dilakukan analisis faktor keamanan terhadap pull out. Untuk mempermudah analisis pada geotekstil, maka dibuat penomoran yang dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 12. Contoh Penomoran Lapisan Perkuatan Geotekstil

Tabel 8. Gaya pada Geotekstil dengan Perhitungan Kombinasi 4

Lapisan	Gaya Aksial (kN/m)	Kapasitas (kN/m)	SF
1	7,34	11,5	1,57
2	7,34	11,5	1,57
3	7,34	11,5	1,57
4	7,34	11,5	1,57
5	7,34	11,5	1,57
6	7,34	11,5	1,57
7	7,34	11,5	1,57
8	7,34	11,5	1,57
9	7,34	11,5	1,57
10	7,34	11,5	1,57
11	7,34	11,5	1,57
12	7,34	11,5	1,57
13	5,06	11,5	2,27
14	4,73	11,5	2,43
15	4,73	11,5	2,43
16	3,21	11,5	3,58
17	2,14	11,5	5,37
18	2,26	11,5	5,09
19	0,80	11,5	14,44
20	0,36	11,5	32,16
21	0,45	11,5	25,39
22	0,68	11,5	16,79
23	0,51	11,5	22,68
24	0,39	11,5	29,19

25	0,34	11,5	34,23
26	0,32	11,5	36,47
27	0,14	11,5	79,62
28	0,07	11,5	174,35
29	0,09	11,5	126,53
30	0,13	11,5	86,89
31	0,14	11,5	79,98
32	0,86	11,5	13,33
33	0,46	11,5	25,00
34	0,16	11,5	70,63
35	0,41	11,5	27,85
36	0,24	11,5	48,79
37	1,14	11,5	10,09
38	1,56	11,5	7,37
39	0,65	11,5	17,72
40	4,26	11,5	2,70
41	1,05	11,5	10,95
42	3,64	11,5	3,16
43	4,08	11,5	2,82
44	1,05	11,5	10,95
45	0,03	11,5	381,93
46	0,02	11,5	482,18

Pada **Tabel 8**, dapat dilihat gaya yang terjadi pada geotekstil. Gaya terbesar terjadi pada lapisan nomor 1 dengan nilai 7,34 kN/m. Gaya yang terjadi merupakan gaya tarik, hal tersebut terjadi karena tanah pada lereng bergerak ke bawah sesuai dengan arah gravitasi.

Nilai faktor yang dihitung adalah lapisan kedelapan yang memiliki gaya aksial terbesar dan dapat mewakili lapisan lainnya yang memiliki gaya aksial yang lebih kecil. Nilai kuat tarik ijin untuk material geotekstil sebesar 11,5 kN/m, sehingga didapatkan nilai faktor keamanan untuk geotekstil sebesar 1,57. Dari nilai faktor keamanan tersebut diketahui bahwa geotekstil mampu menahan gaya yang diakibatkan pergerakan lereng dan tidak terjadi pull out atau geotekstil tercabut dari timbunan.

Erosion control berfungsi untuk melindungi permukaan tanah dan pelindung lereng dari erosi akibat air permukaan, dengan syarat kondisi lereng yang sudah stabil atau $SF \geq 1,25$. Biasanya bahan erosion control terbuat dari bahan polyester 3 dimensi untuk perlindungan permanen dan instan untuk masalah erosi, serta dilapisi dengan polimer untuk melindunginya dari pengaruh sinar ultra-violet. Namun karena sudah ada perkuatan dengan model wrap sehingga tidak perlunya penambahan erosion control lagi pada lereng dikarenakan tanah pada lereng sudah terbungkus oleh geotekstil tersebut.

4 Kesimpulan

Berdasarkan analisa stabilitas lereng yang telah dilalui, kesimpulan yang diambil adalah analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan dengan mengasumsikan adanya muka air tanah (selevel dengan lereng) menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 0,98. Nilai tersebut mengindikasikan keadaan lereng yang kritis sehingga diperlukan perkuatan. Hasil analisis perkuatan dengan geotekstil dapat disimpulkan bahwa penambahan geotekstil dapat

meningkatkan angka keamanan lereng sebesar 2,04% - 5,10% dan menurunkan nilai estimasi deformasi. Namun penambahan geotekstil belum mampu menaikkan nilai faktor keamanan secara signifikan, sehingga lereng masih dalam keadaan kritis.

Selain hal tersebut, berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa semakin sedikit lapisan geotekstil maka nilai faktor keamanan semakin kecil, begitu juga sebaliknya. 4 variasi model yang dianalisis didapatkan permodelan dengan jumlah lapisan 46 dan panjang penjangkaran sebesar 10 sampai dengan 15 m merupakan pemodelan yang paling efektif.

Terdapat juga geotekstil sebagai perkuatan lereng mampu menahan pergerakan tanah. Gaya terbesar yang terjadi pada geotekstil sebesar 7,34 kN/m, dengan faktor keamanan 1,57. Dari nilai faktor keamanan tersebut diketahui bahwa geotekstil mampu menahan gaya yang diakibatkan pergerakan lereng dan tidak terjadi pull out atau geotekstil tercabut dari timbunan.

Daftar Pustaka

- [1] Azizah, dkk. 2014. Pengaruh Geotekstil pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta. e Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Vol. 2 No.1. Indonesia
- [2] Prasetyo, dkk. 2017. Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga. 922. Solo:Indonesia
- [3] Fauzi, dkk. 2019. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven Akibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. Jurnal Teknik Sipil Itenas, 61-62. Bandung:Indonesia
- [4] Kemal, A. A. 2017. Perencanaan Timbunan Jakan Kereta Api STA KM 88+ 700 - KM 90+300 Jalur Makassar - Pare-Pare, Barru, Sulawesi Selatan. Surabaya:Indonesia.
- [5] Rachmatullah, dkk. 2014. Pengaruh Lebar dan Jumlah Lapisan Geotekstil dengan Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm Terhadap Daya Dukung Pondasi Menerus pada Pemodelan Lereng $R_c = 74\%$. Indonesia
- [6] Prasasti, dkk. 2014. Pengaruh Variasi Panjang Lapisan dan Jarak Vertikal Antar Geotekstil Terhadap Daya Dukung Pondasi Menerus Pada Pemodelan Lereng Pasir Kepadatan 74%. Malang:Indonesia
- [7] Tay, dkk. 2014. Analisa Perkuatan Geotekstil pada Timbunan Konstruksi Jalan dengan Plaxis 2D. Surabaya:Indonesia
- [8] Azizah, dkk. 2014. Penggunaan Geotekstil pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta. Surakarta:Indonesia