

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL MENGUNAKAN PROGRAM PLAXIS 8.2 PADA TOL TRANS SUMATERA

Taufikurachman Saleh¹ dan Edy Purwanto²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

Email: taufikurrachmans@gmail.com

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

Email: edypurwanto@uii.ac.id

Abstract: Jalan tol Trans Sumatera yang menghubungkan Bakauheni sampai Lampung merupakan jalan tol pertama yang ada di pulau Sumatera. Timbunan lereng yang dilakukan penelitian dikhususkan pada ruas tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang Sta. 9+100 dengan tinggi lereng yang bervariasi mulai dari 2m sampai dengan 8m. Timbunan lereng kemudian dianalisis dengan dua kondisi, yaitu pada kondisi saat dilakukan masa konstruksi dan pada kondisi pasca konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai angka aman (SF), dan konsolidasi yang terjadi selama satu tahun. Analisis stabilitas lereng dilakukan perhitungan dengan metode elemen hingga menggunakan program Plaxis 8.2. Variasi kondisi pemodelan pada saat masa konstruksi dan pasca konstruksi dengan jenis timbunan tanah asli dan timbunan tanah *replacement*. Untuk perencanaan perkuatan pada timbunan lereng yang tidak aman digunakan perkuatan geotekstil *woven* UW-250 produksi PT.Teknindo Geosistem Unggul. Nilai angka aman untuk timbunan 2m pada saat masa konstruksi untuk tanah asli 2,2046 pada tanah *replacement* 2,2603 dan pasca konstruksi untuk tanah asli 1,6532 pada tanah *replacement* 1,8145. Untuk timbunan 4m didapatkan nilai angka aman pada saat masa konstruksi tanah asli 1,4664 pada tanah *replacement* 1,5115, saat pasca konstruksi pada tanah asli 1,2594 pada tanah *replacement* 1,2856. Pada timbunan 6m saat masa konstruksi nilai angka aman tanah asli 1,1636 sedangkan tanah *replacement* 1,2024 dan saat pasca konstruksi nilai angka aman tanah asli 1,0711 sedangkan tanah *replacement* 1,2856. Pada timbunan 8m masa konstruksi didapatkan angka aman pada tanah asli 1,0075 pada tanah *replacement* 1,0408, sedangkan saat pasca konstruksi tanah timbunan mengalami *collapse*. Kemudian tanah timbunan 4m sampai 8m diperkuat menggunakan geotekstil. Hasil analisis dengan perkuatan pada semua timbunan 4m, 6m, dan 8m yang diperkuat menghasilkan angka aman yang lebih besar dari yang disyaratkan 1,3.

Keywords : Timbunan lereng, Angka aman (SF), Konsolidasi, Geotekstil, Plaxis 8.2..

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak wilayah rawan tanah longsor. Hal ini karena Indonesia memiliki banyak wilayah pegunungan, tanah berbukit-bukit yang menyebabkan banyak lereng tajam dan landai. Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga dibuat oleh manusia. Peristiwa longsor merupakan salah satu ancaman yang dapat terjadi pada dataran tinggi atau permukaan tanah yang lebih tinggi dari sekitarnya. Menurut Vernes (1978) mengartikan longsor sebagai pergerakan material ke bawah dan keluar lereng karena pengaruh gaya gravitasi bumi. Penyebab terjadinya longsor dapat dikarenakan adanya curah hujan yang tinggi, erosi tanah, getaran yang kuat atau beban yang berlebih pada bidang longsor.

Dalam pembangunan konstruksi khususnya pada konstruksi jalan, sering dijumpai peristiwa kelongsoran lereng yang kebanyakan terjadi pada saat musim penghujan. Hal ini terjadi akibat peningkatan tekanan air pori pada lereng yang berakibat terjadinya penurunan kuat geser tanah dan sudut geser dalam. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dapat menghasilkan tegangan geser pada seluruh massa tanah, dan suatu gerakan akan terjadi kecuali tahanan geser pada setiap permukaan runtuh yang mungkin terjadi lebih besar dari tegangan geser yang bekerja (Bowles, 1991).

Permasalahan yang akan dilakukan penelitian oleh penulis yaitu dengan contoh studi kasus pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Lampung Bakauheni pada ruas tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang. Ruas tol ini memiliki panjang 25 km, dimulai dari Sta. 3+650 sampai dengan Sta. 28+650. Proyek tol ini sendiri memiliki panjang total ± 2700 km yang akan menghubungkan pulau Sumatera mulai dari Lampung sampai ke Bakauheni. Pada proyek tol ini terdapat lereng yang harus

dilakukan analisis untuk mendapatkan angka keamanan dalam mendesain lereng pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Lampung Bakauheni. Lereng yang akan dilakukan penelitian sebagai contoh studi kasus pada lokasi Sta. 9+100.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mampu mengetahui nilai angka aman dan besar konsolidasi yang terjadi pada lereng dengan tinggi timbunan yang bervariasi dari 2m sampai 8m. Kemudian tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan nilai angka aman dan konsolidasi pada tanah timbunan bervariasi 2m sampai 8m tanpa perkuatan geotekstil dengan diberi perkuatan geotekstil. Selain itu tujuan yang lain adalah mengetahui perbandingan timbunan lereng menggunakan tanah asli dengan tanah timbunan yang diberi *replacement*. Semua analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan program Plaxis 8.2.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam melakukan penelitian mengenai “Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis 8.2 Pada Tol Trans Sumatera”, dilakukan peninjauan terhadap beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya untuk mempertajam konsep dan teori yang ada untuk penelitian.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan pustaka dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Tugas Akhir “Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil” oleh Yulifa Erwin Nur Wicaksono (2016). Bertujuan untuk mengetahui nilai aman lereng tanah asli dan nilai aman lereng dengan geometri tanpa perkuatan. Kemudian mengetahui nilai aman lereng dengan geometri baru diperkuat geotekstil.

2. Tugas Akhir “Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Geoslope” oleh Uswatun Chasanah (2012). Bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kemiringan lereng, panjang geotekstil, dan jarak vertikal antar geotekstil dengan angka keamanan (SF). Mengetahui perbandingan analisis stabilitas lereng menggunakan perhitungan manual dengan program Geoslope.
3. Jurnal Sipil “Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya)” oleh Zaika dkk (2014). Bertujuan untuk mengetahui penyebab longsor lereng sebelum perkuatan tanah dan kerusakan penahan tanah eksisting, menentukan stabilitas lereng dan merencanakan perkuatan tanah dengan geotekstil menggunakan bantuan perangkat lunak Geoslope.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Angka Keamanan

Berdasarkan Hardiyatmo (2002) faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau :

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (1)$$

dengan τ = tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah, τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor, dan F = faktor aman.

Menurut teori Mohr-Coulomb dalam Hardiyatmo (2002), tahanan terhadap tegangan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, sepanjang bidang longsornya, dinyatakan oleh :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad (2)$$

dengan τ = tegangan geser, c = kohesi, ϕ = sudut gesek dalam tanah, dan σ = tegangan normal.

Dengan cara yang sama, dapat dituliskan persamaan tegangan geser yang terjadi (τ_d)

akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsornya :

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \phi_d \quad (3)$$

dengan τ_d = tegangan geser, c_d = kohesi, ϕ_d = sudut gesek dalam tanah, dan σ = tegangan normal.

3.2 Konsolidasi

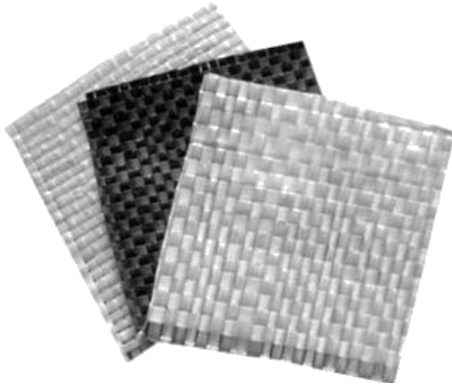
Bila lapisan tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori di dalam tanah tersebut segera bertambah. Perbedaan tekanan pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Karena permeabilitas tanah yang rendah, proses ini membutuhkan waktu. Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanah. Proses konsolidasi dapat diamati dengan pemasangan *piezometer*, untuk mencatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya. Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu (Hardiyatmo, 2002).

3.3 Geotekstil

Geotekstil adalah salah satu jenis geosintetik yang berbahan sintetik umumnya lolos terhadap air dan dipasang bersama pondasi, tanah, batuan atau material geoteknik lainnya. Dalam proses pembuatan geotekstil, elemen tekstil kemudian dikombinasikan menjadi struktur tekstil lembaran. Elemen tersebut dapat berupa filamen (serat menerus) berbentuk benang polimer tipis dan panjang atau serabut serat (*stable fiber*) berbentuk filamen pendek. (Isparmo, 2010)

Jenis perkuatan tanah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah geotekstil *woven*, dimana geotekstil merupakan material lolos air atau material tekstil buatan pabrik yang dibuat dari bahan-bahan sintetik. Geotekstil anyaman (*woven*) dibuat dengan cara dianyam (Gamabar 1), geotekstil jenis ini mempunyai kuat taraik yang cukup tinggi sehingga pada

aplikasi di lapangan lebih banyak digunakan sebagai lapisan perkuatan dan sebagai lapisan pemisah. Sebagai perkuatan, geotekstil *woven* berfungsi sebagai tulangan pada tanah. Sedangkan sebagai pemisah, geotekstil *woven* berfungsi memisahkan antara tanah lunak dengan tanah keras.



Gambar 1 Geotekstil anyaman (*woven*)

3.4 Plaxis

Pada saat ini perkembangan teknologi memunculkan berbagai struktur yang rumit sehingga pada analisa yang sedemikian kompleks, metode eksak akan sulit digunakan. Sebagai solusi yang lebih baik, maka orang sudah mulai mengembangkan berbagai metode.

Metode numerik yang merupakan suatu metode pendekatan terhadap solusi eksak seteliti mungkin. Metode numerik adalah suatu rekayasa matematika yang mentransformasikan ekspresi mekanika kontinyu (berbentuk kalkulus dan persamaan diferensial) menjadi mekanika diskrit (bentuk matrik) salah satu metode numerik yang telah dikembangkan dalam analisis numerik adalah Metode Elemen Hingga .

Program Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat (Brinkgreve 2007).

4. METODE PENELITIAN

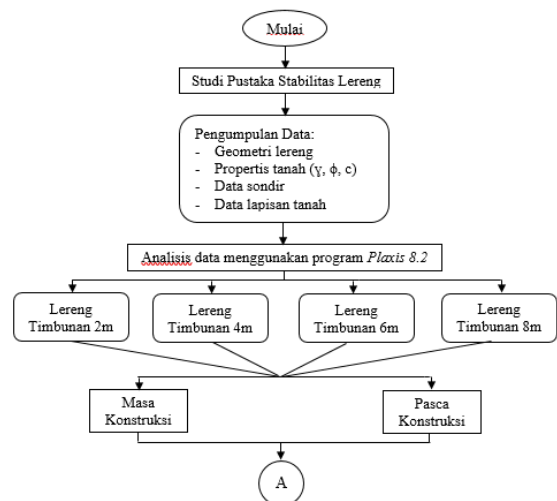
4.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini proses penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan, diantaranya yaitu sebagai berikut..

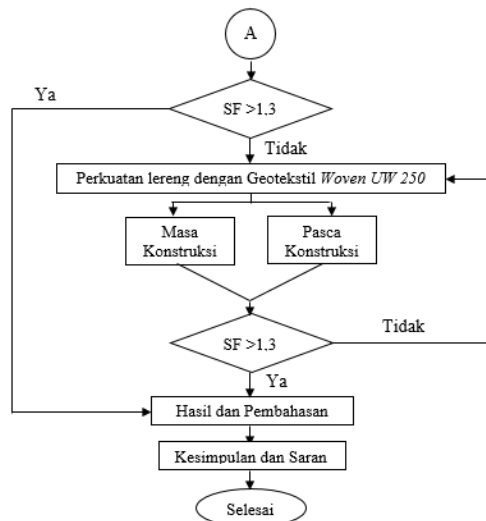
1. Tahap pengumpulan data, dimana tahap ini meliputi tahap pengambilan data tanah dan data lereng (data uji lapangan dan laboratorium) yang dibutuhkan untuk keperluan analisis dari Proyek Jalan Tol Trans Sumatera.
2. Tahap pengolahan data program dan analisis, pada tahapan ini data yang telah didapatkan kemudian akan diolah dan di *input* kedalam program Plaxis 8.2 dan kemudian diolah dengan logika dan teori yang berlaku sebagai koreksi, selanjutnya dapat ditentukan tindak lanjut dari hasil program Plaxis 8.2.
3. Tahap pembahasan dan penarikan kesimpulan, tahap ini akan dilakukan penulisan kedalam laporan yang dimana berisi hasil-hasil yang telah didapatkan dari tahapan analisis, kemudian akan dihasilkan solusi dari masalah-masalah yang timbul dan diambil kesimpulan berdasarkan teori yang ada.

4.2 Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

5. HASIL ANALISIS

5.1 Data Analisis Program Plaxis

Kondisi timbunan lereng sesuai dengan proyek tol trans Sumatera pada Sta. 9+100. Parameter tanah yang digunakan berdasarkan hasil laboratorium data tanah pada lokasi Sta. 9+100. Berikut adalah parameter tanah, beban-beban yang bekerja, perkuatan lereng yang digunakan, serta kondisi eksisting lereng.

1. Data parameter tanah

Tabel 1. Data Parameter Tanah

NAMA	SILTY FIRM	SANDY CLAY	CLAY STIFF	CLAYEY SAND (TIMBUNAN)
Model	MC	MC	MC	MC
Jenis	DRAIN ED	DRAINE D	DRAIN ED	DRAINED
γ_{unsat}	17,09	16,32	16,62	20,61
γ_{sat}	18,13	18,54	17,91	22,71
K_x	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
K_y	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
E_{ref}	16372	12650	12650	10000
ν	0,33	0,25	0,25	0,35
Kohesi (C)	15,32	17,64	20,13	12,43
Sudut geser (ϕ)	5,5	8,3	7,4	18,23
Sudut dilatasi (Ψ)	0	0	0	0

2. Data beban struktur

Parameter beban pada perhitungan analisis selama masa konstruksi dianggap memiliki beban merata akibat adanya beban struktur dari perkerasan jalan. Berdasarkan data digunakan sebagai perhitungan analisis pada proyek Jalan Tol Trans Sumatera, beban dari struktur lapis perkerasan sebesar 10 kN/m^2 .

3. Data beban lalu lintas

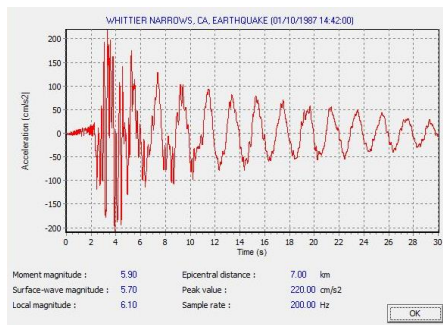
Tabel 2. Data Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m^2)
Primer	Arteri	Semua	15
		>10.000	15
	Kolektor	<10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6.000	12
		<6.000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

Data beban lalu lintas yang digunakan untuk analisis perkuatan lereng pada jalan Tol Trans Sumatera adalah sebesar 15 kN/m^2 .

4. Data beban gempa

Wilayah Lampung memiliki percepatan puncak gempa (PGA) sebesar $0,2-0,25g$. Data gempa yang sesuai dengan nilai tersebut adalah data gempa di kawasan Whittier Narrows pada 1 Oktober 1987 yang memiliki percepatan puncak gempa sebesar $0,22g$ (Gambar 2). Waktu interval gempa yang dimasukkan kedalam Plaxis diambil sebesar $3,2$ detik dengan anggapan telah melewati puncak.



Gambar 2 Grafik Hubungan Percepatan dan Waktu Gempa Whittier Narrows, 1 Oktober 1987

5. Data geotekstil

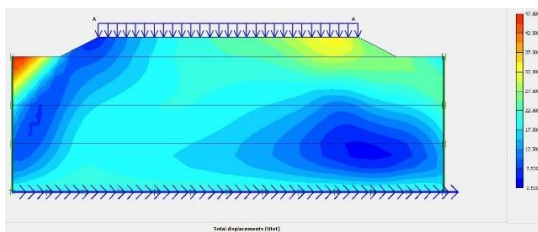
Geotekstil yang digunakan adalah produksi dari PT. Teknindo Geosistem Unggul jenis *woven* UW 250. Nilai kuat tarik ijin dan regangannya yang diperoleh dari brosur produksinya, yaitu masing-masing sebesar 52 kN/m² dan 20%. Maka nilai geotekstil yang dijadikan *input* ke dalam program Plaxis 8.2 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Geotekstil Woven UW-250

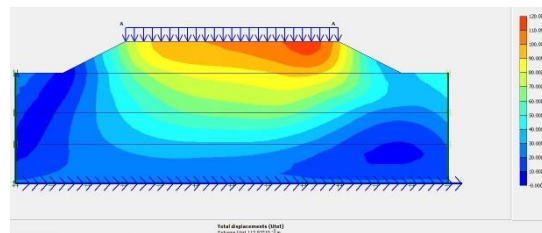
Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik	T	52	kN/m
Regangan	ϵ	20	%
Kekakuan normal	EA	260	kN/m

5.2 Lereng Tanah Asli Tanpa Perkuatan

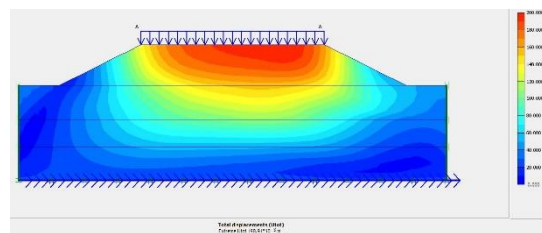
Besarnya nilai total displacement pada analisis dengan variasi tinggi timbunan 2m sampai 8m pada tanah asli akan ditampilkan pada pasca konstruksi akibat beban dan gempa. Hasil total displacement dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan khusus untuk timbunan 8m ditampilkan pada masa konstruksi dikarenakan saat dilakukan analisis pasca konstruksi, tanah timbunan mengalami kondisi *collapse* pada Gambar 6.



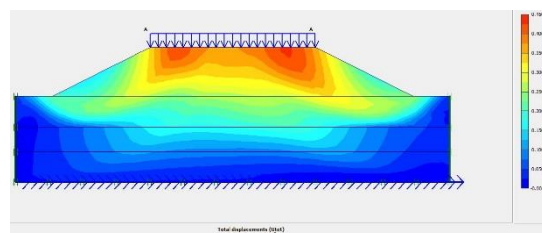
Gambar 3 Total Displacement Timbunan 2m Tanah Asli Tanpa Perkuatan



Gambar 4 Total Displacement Timbunan 4m Tanah Asli Tanpa Perkuatan



Gambar 5 Total Displacement Timbunan 6m Tanah Asli Tanpa Perkuatan



Gambar 6 Total Displacement Timbunan 8m Tanah Asli Tanpa Perkuatan

Hasil dari analisis timbunan lereng badan jalan dengan tanah asli tanpa perkuatan geotekstil pada timbunan 2m nilai safety factor yang didapatkan sudah aman pada masa konstruksi maupun pasca konstruksi karena lebih besar dari 1,3. Pada timbunan 4m dengan kondisi saat masa konstruksi nilai SF > 1,3 yang artinya masih aman, akan tetapi pada kondisi pasca konstruksi nilai SF menurun menjadi kurang dari 1,3. Sedangkan pada timbunan 6m dan 8m pada kondisi masa konstruksi maupun pasca konstruksi timbunan lereng sudah tidak aman karena nilai nya kurang dari 1,3. Untuk timbunan 8m pada kondisi pasca konstruksi sudah terjadi *collapse* yang artinya tanah timbunan tidak aman dan mengalami kelongsoran. Untuk hasil rekapitulasi analisis dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Rekapitulasi Safety Factor Tanah Asli Tanpa Perkuatan

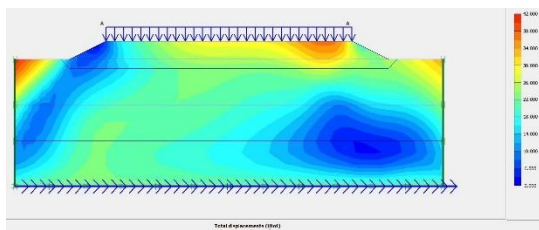
Timbunan	Masa Konstruksi		Pasca Konstruksi	
	Beban struktur	Beban & gempa	Beban struktur	Beban & gempa
2m	2,2080 (aman)	2,2046 (aman)	1,6563 (taman)	1,6532 (aman)
4m	1,4715 (aman)	1,4664 (aman)	1,2606 (tidak aman)	1,2594 (tidak aman)
6m	1,1654 (aman)	1,1636 (tidak aman)	1,0722 (tidak aman)	1,0711 (tidak aman)
8m	1,0101 (aman)	1,0075 (tidak aman)	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>

Tabel 5 Rekapitulasi Konsolidasi Tanah Asli Tanpa Perkuatan

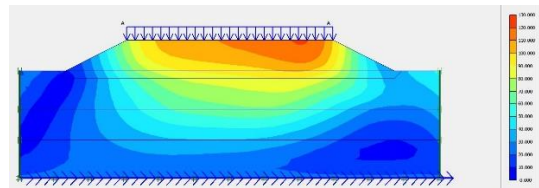
Timbunan	Konsolidasi
	Kondisi Tanah Asli
2m	0,013 m
4m	0,031 m
6m	0,056 m
8m	<i>Collapse</i>

5.3 Lereng dengan Replacement Tanpa Perkuatan

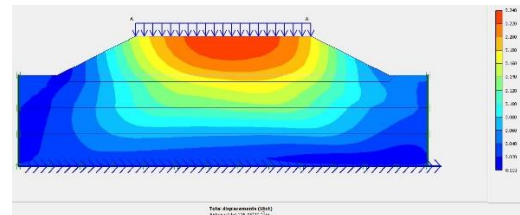
Besarnya nilai total displacement pada analisis dengan variasi tinggi timbunan 2m sampai 8m pada tanah dengan *replacement* akan ditampilkan pada pasca konstruksi akibat beban dan gempa. Hasil total displacement dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan khusus untuk timbunan 8m ditampilkan pada masa konstruksi dikarenakan saat dilakukan analisis pasca konstruksi, tanah timbunan mengalami kondisi *collapse* pada Gambar 10.



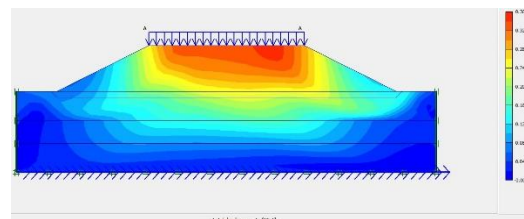
Gambar 7 Total Displacement Timbunan 2m Tanah Replacement Tanpa Perkuatan



Gambar 8 Total Displacement Timbunan 4m Tanah Replacement Tanpa Perkuatan



Gambar 9 Total Displacement Timbunan 6m Tanah Replacement Tanpa Perkuatan



Gambar 10 Total Displacement Timbunan 8m Tanah Replacement Tanpa Perkuatan

Untuk tanah *replacement* dengan tanah timbunan hasilnya tidak berbeda jauh dengan menggunakan tanah asli. Dari hasil analisis menunjukkan angka safety factor yang dihasilkan oleh tanah dengan *replacement* lebih aman. Sedangkan besarnya konsolidasi yang terjadi pada tanah displacement lebih besar dibandingkan dengan tanah asli. Untuk hasil rekapitulasi analisis dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6 Rekapitulasi Safety Factor Tanah Replacement Tanpa Perkuatan

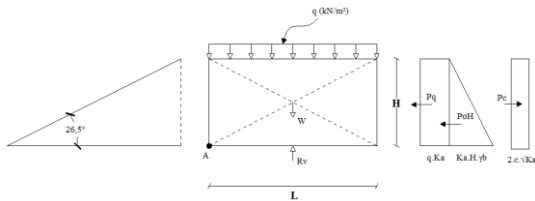
Timbunan	Masa Konstruksi		Pasca Konstruksi	
	Beban struktur	Beban & gempa	Beban struktur	Beban & gempa
2m	2,2613 (aman)	2,2603 (aman)	1,8151 (aman)	1,8145 (aman)
4m	1,5122 (aman)	1,5115 (aman)	1,2866 (tidak aman)	1,2856 (tidak aman)
6m	1,2043 (tidak aman)	1,2024 (tidak aman)	1,0950 (tidak aman)	1,0931 (tidak aman)
8m	1,0418 (tidak aman)	1,0408 (tidak aman)	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>

Tabel 7 Rekapitulasi Konsolidasi Tanah Replacement Tanpa Perkuatan

Timbunan	Konsolidasi
	Kondisi Tanah Asli
2m	0,019 m
4m	0,033 m
6m	0,059 m
8m	<i>Collapse</i>

5.4 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil

Beban merata yang digunakan adalah beban maksimal pada kondisi pasca konstruksi sebesar 25 kN/m². Nilai safety factor sebagai acuan dalam perhitungan kebutuhan geotekstil digunakan 1,5. Gaya-gaya yang akan bekerja pada tanah timbunan lereng adalah sebagai berikut.



Gambar 11 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Timbunan Lereng

1. Menentukan jarak vertikal minimal antar lapis geotekstil (SV).

Tabel 8 Rekapitulasi Nilai SV

Timbunan	σ_{hi}	S_{vi}	S_{vi} Pakai	Jumlah Lapis
4m	38,213	0,454	0,5	1 lapis
6m	59,771	0,289	0,5	1 lapis
8m	81,329	0,213	0,5	2 lapis

2. Menentukan panjang geotekstil

Tabel 9 Rekapitulasi Kebutuhan Panjang Geotekstil

Tinggi Timbunan (H)	4 m	6 m	8 m
Stabilitas Guling	1,46	2,46	3,47
Stabilitas Geser	4,33	7,72	11,23
Stabilitas Eksentrisitas	2,06	3,48	4,91
Stabilitas Daya Dukung Tanah	5,49	2,85	1,92
Panjang Minimum (L)	6	8	12

3. Panjang *overlapping* geotekstil

Tabel 10 Rekapitulasi Panjang Overlapping Geotekstil

Timbunan	L_o teoritis	L_o pakai
4m	0,54	1 m
6m	0,56	1 m
8m	0,57	1 m

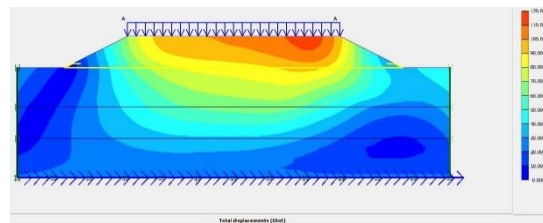
4. Panjang efektif geotekstil

Tabel 11 Rekapitulasi Panjang Efektif Geotekstil

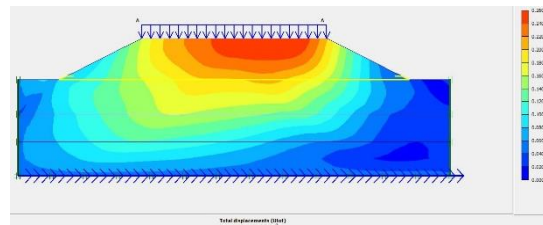
Timbunan	L_e teoritis	L_e pakai
4m	0,60	1 m
6m	0,60	1 m
8m	0,60	1 m

5.5 Lereng Tanah Asli Dengan Perkuatan

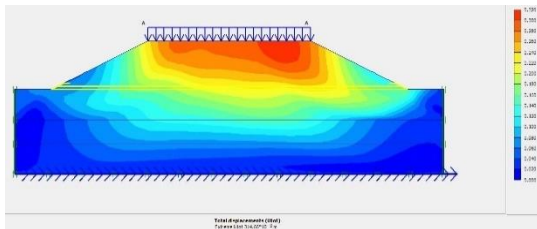
Besarnya nilai total displacement pada analisis dengan variasi tinggi timbunan 2m sampai 8m pada tanah dengan *replacement* akan ditampilkan pada pasca konstruksi akibat beban dan gempa. Hasil total displacement dapat dilihat pada Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 berikut.



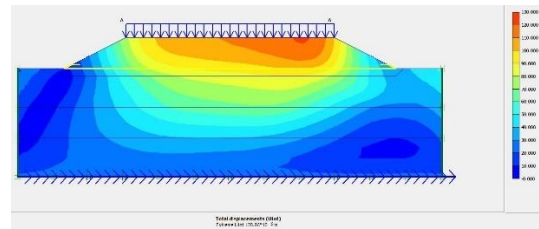
Gambar 12 Total Displacement Timbunan 4m Tanah Asli Dengan Perkuatan



Gambar 13 Total Displacement Timbunan 6m Tanah Asli Dengan Perkuatan



Gambar 14 Total Displacement Timbunan 8m Tanah Asli Dengan Perkuatan



Gambar 15 Total Displacement Timbunan 4m Tanah Replacement Dengan Perkuatan

Hasil rekapitulasi nilai angka aman dan besar konsolidasi pada analisis dengan program Plaxis untuk lereng tanah asli yang diperkuat oleh geotekstil dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 12 Rekapitulasi Safety Factor Tanah Asli Dengan Perkuatan

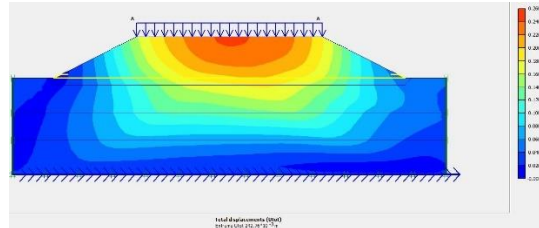
Timbunan	Masa Konstruksi		Pasca Konstruksi	
	Beban struktur	Beban & gempa	Beban struktur	Beban & gempa
4m	2,0996 (aman)	2,0796 (aman)	1,5982 (aman)	1,5948 (aman)
6m	1,7170 (aman)	1,7094 (aman)	1,4174 (aman)	1,4147 (aman)
8m	1,5696 (aman)	1,5692 (aman)	1,3471 (aman)	1,3373 (aman)

Tabel 13 Rekapitulasi Konsolidasi Tanah Asli Dengan Perkuatan

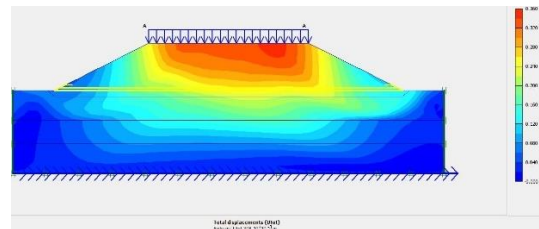
Timbunan	Konsolidasi
	Kondisi Tanah Asli
4m	0,034 m
6m	0,059 m
8m	0,094 m

5.6 Lereng Tanah Replacement dengan Perkuatan

Besarnya nilai total displacement pada analisis dengan variasi tinggi timbunan 2m sampai 8m pada tanah dengan replacement akan ditampilkan pada pasca konstruksi akibat beban dan gempa. Hasil total displacement dapat dilihat pada Gambar 15, Gambar 16, dan Gambar 17 berikut.



Gambar 16 Total Displacement Timbunan 6m Tanah Replacement Dengan Perkuatan



Gambar 17 Total Displacement Timbunan 8m Tanah Replacement Dengan Perkuatan

Hasil rekapitulasi nilai angka aman dan besar konsolidasi pada analisis dengan program Plaxis untuk lereng tanah replacement yang diperkuat oleh geotekstil dapat dilihat pada Tabel 14 dan Tabel 15.

Tabel 14 Rekapitulasi Safety Factor Tanah Replacement Dengan Perkuatan

Timbunan	Masa Konstruksi		Pasca Konstruksi	
	Beban struktur	Beban & gempa	Beban struktur	Beban & gempa
4m	2,1013 (aman)	2,0997 (aman)	1,6066 (aman)	1,6055 (aman)
6m	1,7475 (aman)	1,7466 (aman)	1,4409 (aman)	1,4325 (aman)
8m	1,5751 (aman)	1,5698 (aman)	1,3496 (aman)	1,3442 (aman)

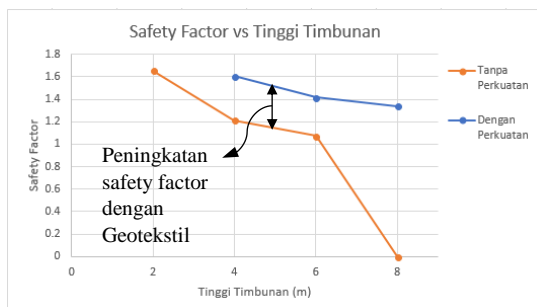
Tabel 15 Rekapitulasi Konsolidasi Tanah Replacement Dengan Perkuatan

Timbunan	Konsolidasi
	Kondisi Tanah Asli
4m	0,034 m
6m	0,059 m
8m	0,094 m

4m	0,054 m
6m	0,088 m
8m	0,113 m

5.7 Pembahasan

Perkuatan geotekstil berfungsi untuk meningkatkan nilai angka aman lereng dengan tinggi timbunan yang belum aman. Pada lereng dengan perkuatan juga didapatkan hasil bahwa tinggi timbunan 8m sudah mencapai batas aman yang diperbolehkan untuk difungsikan sebagai jalan tol, karena nilai aman lereng timbunan 8m sudah hampir senilai dengan angka aman yang disyaratkan. Berikut adalah perbandingan angka aman dengan variasi tinggi timbunan pada saat tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil yang disajikan dalam grafik pada Gambar 18 berikut.



Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada lereng dengan timbunan 8m sudah mencapai batas angka aman pada saat diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada timbunan 2m sudah tidak perlu diberi perkuatan karena sudah melewati batas aman dari syarat angkat keamanan untuk jalan tol. Peningkatan yang dihasilkan oleh geotekstil pada penelitian ini cukup besar yaitu sekitar 0,4 safety factor.

Pada penelitian ini juga membandingkan pengaruh dari tanah yang diberi *replacement* oleh tanah timbunan. Dari hasil analisis lereng tanpa perkuatan didapatkan hasil yang tidak berbeda jauh antara tanah asli dan tanah yang diberi *replacement*. Untuk hasil angka aman dengan tanah yang diberi *replacement* lebih besar dibandingkan dengan lereng timbunan tanah asli, akan tetapi setelah diberi perkuatan geotekstil perbedaan angka aman antara tanah asli dan tanah yang diberi *replacement* semakin kecil selisihnya. Hal ini dikarenakan

kekuatan dari tanah timbunan yang menggantikan tanah asli sudah tidak begitu berpengaruh setelah adanya perkuatan dari geotekstil.

Perbandingan stabilitas lereng tanah asli dengan tanah yang diberi *replacement* juga terdapat pada hasil konsolidasi yang terjadi. Dari hasil konsolidasi tersebut tanah dengan *replacement* memiliki konsolidasi yang lebih besar dibandingkan tanah asli. Hal ini terjadi dimungkinkan karena jenis pada tanah timbunan yang dijadikan sebagai tanah *replacement* memiliki nilai angka pori yang lebih besar dibandingkan tanah asli, sehingga menghasilkan konsolidasi yang lebih besar.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Hasil analisis stabilitas lereng dengan tanah asli timbunan 2m menggunakan program Plaxis didapatkan nilai angka aman pada saat masa konstruksi untuk tanah asli 2,2046 pada tanah *replacement* 2,2603 dan pasca konstruksi untuk tanah asli 1,6532 pada tanah *replacement* 1,8145, nilai ini telah aman karena lebih besar dari angka aman yang disyaratkan yaitu 1,3. Untuk timbunan 4m didapatkan nilai angka aman pada saat masa konstruksi tanah asli 1,4664 pada tanah *replacement* 1,5115 hasil ini menunjukkan masih aman, akan tetapi saat paska konstruksi pada tanah asli 1,2594 pada tanah *replacement* 1,2856 angka aman ini sudah tidak aman karena kurang dari 1,3. Pada tanah asli timbunan 6m pada saat masa konstruksi maupun paska konstruksi didapatkan hasil angka aman lebih kecil dari yang disyaratkan, saat masa konstruksi nilai angka aman tanah asli 1,1636 sedangkan tanah *replacement* 1,2024 dan saat pasca konstruksi nilai angka aman tanah asli 1,0711 sedangkan tanah *replacement* 1,2856. Pada timbunan 8m masa konstruksi didapatkan angka

aman pada tanah asli 1,0075 pada tanah *replacement* 1,0408, sedangkan saat pasca konstruksi tanah timbunan mengalami collapse yang artinya terjadi keruntuhan pada saat pasca konstruksi.

2. Hasil analisis yang diperkuat menggunakan geotekstil menghasilkan angka aman yang lebih besar dari yang disyaratkan. Untuk timbunan 4m saat masa konstruksi angka aman didapatkan tanah asli 2,096 pada tanah *replacement* 2,0997, sedangkan saat pasca konstruksi tanah asli 1,5948 pada tanah *replacement* 1,6055. Pada timbunan 6m saat masa konstruksi angka aman didapatkan tanah asli 1,7094 pada tanah *replacement* 1,7466, sedangkan saat pasca konstruksi tanah asli 1,4147 pada tanah *replacement* 1,4325. Timbunan lereng 8m didapatkan nilai angka aman saat masa konstruksi tanah asli 1,5692 pada tanah *replacement* 1,5698, dan saat pasca konstruksi tanah asli 1,3374 pada tanah *replacement* 1,3442. Pada timbunan 8m yang diperkuat menggunakan geotekstil telah mencapai batas minimum dari batas angka aman yang disyaratkan 1,3, sehingga timbunan 8m adalah batas tinggi yang dapat ditimbun pada kondisi tanah proyek jalan tol trans Sumatera di Sta 9+100.
3. Hasil analisis stabilitas lereng dengan tanah yang diberi *replacement* menghasilkan angka aman yang lebih besar dibandingkan lereng dengan tanah asli. Selisih perbedaan angka aman tidak terlalu besar yaitu 0,4, dan pada saat menggunakan perkuatan selisih antar lereng tanah asli dengan tanah yang diberi *replacement* semakin kecil. Sedangkan untuk konsolidasi yang dihasilkan pada tanah yang diberi *replacement* lebih besar dibandingkan dengan lereng tanah asli.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil studi kasus yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut ini.

1. Jenis tanah timbunan bisa dilakukan analisis dengan menggunakan variasi

jenis tanah dengan variasi nilai berat jenis tanah (γ_b), kohesi (c), atau kuat geser tanah (ϕ), untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter tanah pada stabilitas lereng.

2. Pada penelitian ini hanya menggunakan satu parameter perkuatan menggunakan perkuatan jenis geotekstil, untuk penelitian lebih lanjut dapat dipertimbangkan dengan perbandingan apabila menggunakan parameter perkuatan tambahan seperti sheet pile maupun cerucuk bambu karena dari hasil analisis masih terdapat potensi kelongsoran yang sampai kedalam tanah.
3. Bagi penelitian yang lebih lanjut dapat dipertimbangkan dengan menggunakan kondisi geometri lereng yang tergenang oleh air, untuk mengetahui pengaruh dari kondisi adanya genangan air atau muka air pada tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1991, "*Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Jilid 2*", Erlangga. Jakarta.
- Brinkgreve, R.B.J et al., 2007, "*PLAXIS 2D-Versi 8*", Delft University of Technology and PLAXIS. Belanda.
- Chasanah, U. 2012, "*Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope*", Universitas Sebelas Maret. Solo.
- Wicaksono E. N., 2016, "*Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil*", Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 2002, "*Mekanika Tanah I*", Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Isparmo, 2010. Geotextile Woven, Definisi dan Fungsi. (<http://geotextile.web.id/geotextile-woven-definisi-dan-fungsi.html>. Diakses 20 September 2017)
- PT. Teknindo Geosistem Unggul, (Tanpa Tahun), "*Technical Spesification Geotextile Woven*", Surabaya.

Purwanto, Edy., 2012, "*Hand Out Mata Kuliah Perkuatan Tanah*", Universitas Islam Indoneisa, Yogyakarta.

Varnes, D.J. 1978, "*Slope movement types and processes. In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.)*", Transportation and Road Research Board National Academy of Science. Washington D. C.

Zaika, dkk. 2015, Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak. "*Jurnal Sipil*". Malang.