

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN LERENG PADA JALAN DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS PADA TOL TERBANGGI BESAR-PEMANTANG PANGGANG STA 3+650, LAMPUNG

Aryanto Suryadinullah M¹, Edy Purwanto²

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

Email: 14511296@students.uui.ac.id

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

Email: edypurwanto@uui.ac.id

Abstract : *The Terbanggi Besar-Pemantang Panggang toll road found in Lampung Province is included in the Trans Sumatra toll road project where the toll road is connecting from Lampung to Bakauheni, which is the first toll road on the island of Sumatra. The slope stockpile used in this study is devoted to the big-challenged toll road road STA 3 + 650 which has a height of slope embankment ranging from 2m to 8m. In this study there are two kinds of conditions, namely, the conditions of construction and post-construction. The purpose of this study was to obtain the safe value (SF) of slope embankment and consolidation results within 1 year (365 days). The analysis of the road body slope heap is carried out with finite element calculations which are analyzed using the help of the Plaxis 8.6 program. For variations, modeling has a type of original landfill with a secure value of 1.3, if the value has not fulfilled, an analysis of the stock of original land is replaced, and the landfill with geotextile to achieve a safe figure of 1.3. For the results of the analysis of this study at 2m heap has a safe value (SF) of the construction period of 1.8410 and post-construction 1.7894. For embankment 4m safe value (SF) of construction period 1.7014 and post construction 1.4882. For safe 6m figure (SF) construction period 1.4354 and post construction 1.2469. For 8m safe figure (SF) heap construction period of 1.2479 and post-construction 1.1868. For a 6m stockpile with a safe number replacement (SF) 1.4696 construction period and post construction 1.3565. For 8m stockpiles with a safe replacement number (SF) of construction period 1.2781 and post construction 1.2192. For 6m embankment with safe figure (SF) geotextile reinforcement for 1.8405 construction period and 1.5886 post construction period. For 8m embankment with safe number (SF) geotextile reinforcement, the construction period is 1.6501 and post construction is 1.4275. When using soil reinforcement with geotextiles with embankment heights of 6m and 8m already have a safe number factor that is greater than the safe number indicated by 1.3.*

Keywords : *Slope, Safe Rate (SF), Consolidation, Geotextile, Plaxis v.8.6*

1. PENDAHULUAN

Jalan tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang yang terdapat pada daerah provinsi Lampung termasuk dalam proyek jalan tol Trans Sumatera dimana tol ini sebagai penghubung dari Lampung hingga Bakauheni, yang merupakan tol pertama pada pulau Sumatera. Kemudian untuk mempermudah akses lalu lintas perdagangan, pertambangan, perkebunan, pertanian, dan lain sebagainya yang dari Jawa ke Sumatera ataupun sebaliknya. Pelaksanaannya dilakukan suatu penimbunan pada daerah yang akan digunakan sebagai badan jalan yang berguna untuk mendapatkan trase jalan yang aman dan nyaman bagi pengendara. Tingkat keamanan suatu lereng mempunyai beberapa faktor yaitu faktor parameter tanahm tinggi, kemiringan lereng dan beban yang bekerja pada di atasnya. Sehingga dapat diatasi kasus tersebut dengan banyak dijumpai alternatif perkuatan lereng yaitu dengan geotekstile.

Tay, Adi, Tjandra, Wulandari (2013) dalam penelitiannya Analisa Perkuatan Geotextile Pada Timbunan Kontruksi Jalan Dengan Plaxis 2D. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengatasi penurunan akibat timbunan di atas tanah lunak dengan berbagai cara untuk mengatasinya. Untuk mendapatkan angka keamanan pada tanah timbunan yang nantinya diproyeksikan terhadap kuat tarik geosintetik. Untuk menggunakan geosintetik sebagai perkuatan pada tanah lunak, diperlukan geosintetik dengan nilai kuat tarik yang paling optimum. Dari perbandingan antara angka keamanan dan kuat tarik di pilih nilai kuat tarik 600 kN/m sebagai kuat tarik optimum, karena semakin besar nilai kuat tarik geotekstile yang digunakan, nilai angka keamanan yang diperoleh tidak lagi bertambah besar. Karena perbedaan antara nilai penurunan kuat tarik 600 kN/m dan 800 kN/m

tidaklah besar. Oleh karena itu, dari hasil analisa tersebut penulis menentukan kuat tarik 600 kN/m sebagai nilai kuat tarik optimum yang dapat digunakan sebagai perkuatan.

Widodo, Subagio, Setiadji (2013) dalam penelitiannya yang berjudul Geosintetik Sebagai Perkuatan Lapis Perkerasan Lentur Jalan Raya. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari pengaruhnya terhadap kinerja beton aspal yang telah diperkuat dengan geosintetik. Perbandingan ini selanjutnya digunakan untuk memperkirakan tambahan keawetan perkerasan lentur jalan raya jika menggunakan perkuatan geosintetik. Penelitian-penelitian yang dilakukan terhadap beton aspal yang diperkuat dengan geosintetik belum memasukkan parameter-parameter kepadatan beton aspal, kuat tarik atau regangan geosintetik, letak geosintetik dan ketahanan terhadap perendaman air. Untuk melawan aksi-aksi yang terjadi akibat beban dan cuaca yang akan menyebabkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan, perlu diteliti kemampuan geosintetik jenis geogrid dalam memberikan peran menambah kuat gesek antar agregat, menambah elastisitas dan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap lendutan, dan menambah ketahanan terhadap jejak roda pada perkerasan lentur jalan raya.

2. TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui seberapa besar nilai angka aman (SF) pada lereng timbunan jalan pada kondisi menggunakan tanah asli, kondisi tanah asli dengan replacement, maupun tanah asli dengan perkuatan geotekstile yang mempunyai tinggi lereng timbunan yang bervariasi mulai dari 2m, 4m, 6m, dan 8m dengan beban gempa atau tanpa beban gempa.
2. Untuk mengetahui seberapa besar penurunan (*konsolidasi*) pada lereng

timbunan jalan dengan kondisi menggunakan tanah asli, kondisi dengan tanah asli ditambah dengan replacement, maupun pada kondisi tanah asli dengan bantuan perkuatan geotekstile.

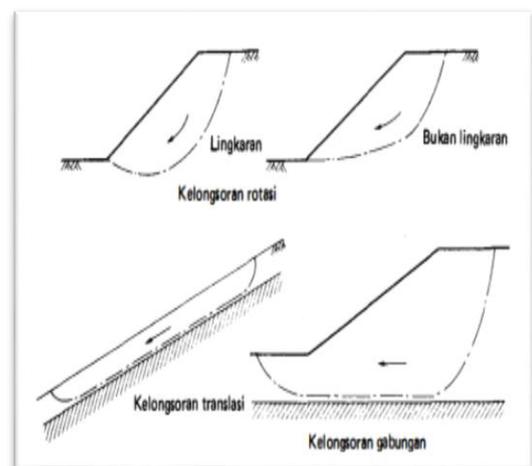
3. BATASAN PENELITIAN

1. Lokasi studi adalah ruas Jalan Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang, Lampung STA 3+650
2. Mempunyai tinggi timbunan yang bervariasi mulai dari 2m, 4m, 6m, dan 8m
3. Data tanah yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari Laporan Proyek Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang Lampung STA 3+650 PT Egis International Indonesia
4. Tidak diperhitungkan adanya fluktuasi muka air tanah ketika ada tidaknya hujan
5. Tidak dilakukakn analisis biaya dan waktu
6. Metode perhitungan menggunakan program bantu dengan *Plaxis v.8.6*
7. Perencanaan geotekstile berjenis tak teranyam (*woven*) dengan spesifikasi HRX 300 dengan kuat tarik sebesar 55 kN/m dari PT. TETRA GEOSINDO
8. Faktor gempa yang diperhitungkan sesuai pada peta gempa yang terdapat didaerah lampung dan data *USGS (United State Geological Survey)* dengan pendekatan faktor percepatan puncak gempa. Untuk data yang digunakan yaitu pada *American Canyon, California*.
9. Besar konsolidasi diperhitungkan pada timbunan lereng kondisi pasca konstruksi dengan asumsi waktu selama 365 hari (1 tahun)

4. STABILITAS LERENG

Gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami (*natural slope*), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan

tanah (*earth dams*). Tipe keruntuhan lereng yang paling penting digambarkan pada Gambar 1.1. Dalam kelongsoran rotasi (*rotasional slip*) bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran (*circular arc*) atau kurva bukan lingkaran. Pada umumnya, kelongsoran lingkaran berhubungan dengan kondisi tanah yang homogen dan kelongsoran bukan lingkaran berhubungan dengan kondisi tidak homogen. Kelongsoran translasi (*translational slip*) dan kelongsoran gabungan (*compound slip*) terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan. Kelongsoran translasi cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal di bawah permukaan lereng, di mana permukaan runtuhnya akan berbentuk bidang dan hampir sejajar dengan lereng. Kelongsoran gabungan biasanya terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih besar, dan permukaan runtuhnya terdiri dari bagian-bagian lengkung dan bidang.



Gambar 1 Tipe-tipe Keruntuhan Lereng

Di dalam praktek metode keseimbangan batas (*limiting equilibrium method*) digunakan dalam menganalisis stabilitas lereng. Dianggap bahwa keruntuhan (*failure*) terjadi pada titik di sepanjang permukaan runtuh yang diasumsikan maupun yang diketahui.

Kekuatan geser dengan dibutuhkan untuk mempertahankan kondisi keseimbangan batas dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada pada tanah, dan akan memberikan faktor keamanan rata-rata sepanjang permukaan runtuh. Masalah tersebut dianggap dua-dimensi, kondisi regangan bidang diasumsikan. Telah diperlihatkan bahwa analisis dua-dimensi memberikan hasil yang aman untuk suatu keruntuhan pada permukaan tiga-dimensi (*dishshaped*).

5. PERKUATAN TANAH DENGAN GEOTEKSTILE

Tanah dilapangan pada umumnya bersifat lepas, mudah tertekan, mempunyai permeabilitas yang tinggi dan sifat-sifat lain yang tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut perlu diberi perkuatan. Teknik perkuatan tanah yang berkembang hingga saat ini yaitu menggunakan material yang mempunyai sifat fleksibilitas relatif tinggi (Purwanto,2012). Geotextile adalah kain permeabel bila digunakan didalam tanah akan memiliki kemampuan untuk memisahkan, menyaring, memperkuat, melindungi dan menguras. Geotextile terbuat dari benang plastik memungkinkan air bisa mengalir. Geotextile memisahkan tanah mendasari permukaan. Hal ini memungkinkan tumpahan air terorganisir lalu bisa mencegah tanah di sekitarnya oleh longsor. Geotextile mempunyai dua jenis yaitu woven (teranyam) dan *non woven* (tidak teranyam). Teranyam (*woven*) di buat dari 'interlaying' pada benang-benang lewat system anyaman, sedangkan pada yang tidak teranyam (*non woven*) di buat dari beberapa system seperti : *heat bonded* (dengan panas), *needle punched* (dengan jarum), dan *chemical bonded* (menggunakan bahan kimia). Baik *woven* maupun *non woven* di buat dari benang dan serat polimer terutama dari *polypropelene*, *poliester*, *polyethilene* dan *polyamide*.

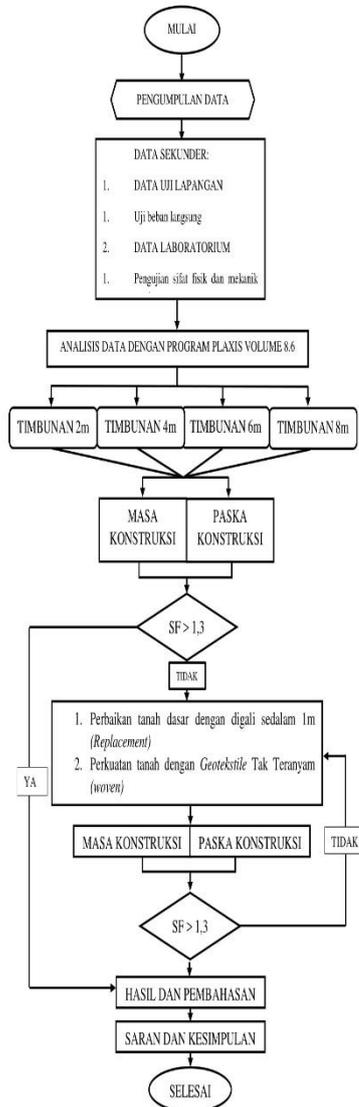
6. PLAXIS

Plaxis adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Untuk pemodelan pada program Plaxis yang digunakan untuk melakukakn perhitungan deformasi selama memlakukan analisis program mempunyai tiga tahapan yaitu tahap pertama melakukakn input data, setelah melakukakan penginputan data maka tahap kedua adalah calculation (perhitungan), kemudian tahap ketiga yaitu output (keluaran) hasil dari analisis program pada timbunan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

1. Input data Dalam tahapan input data ini yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.
 - a. Memodelkan geometri tanah
 - b. Memberikan kondisi batas (boundary condition),
 - c. timbunan (*mesh generation*).
 - d. Menentukan kondisi air tanah (*groundwater condition*),
 - e. Menentukan konfigurasi awal dari mesh (*intial mesh generation*),
 - f. Menghitung tegangan-tegangan awal (*initial stress*),
 - g. Menspesifikasikan titik yang ditinjau.
2. *Calculation* Pada tahapan ini melakukan analisis sesuai dengan pemodelan pada tahapan input data, kemudian terdapat beberapa *type calculation* yang diberikan pada program Plaxis yaitu *type plastic*, *consolidation*, *phi/c reduction*, dan *dynamic anlysis*.
3. *Output* pada tahap ini adalah tahap hasil dari analisis yang ditampilkan dalam bentuk angka, gambar, dan

kurva. Untuk hasil yang dikeluarkan serta yang akan ditinjau dalam analisis pada penelitian ini yaitu *total displacement*, potensi kelongsoran, *safety factor*, dan *total stresses*.

7. METODE PENELITIAN



Gambar 6.1 Bagan Alir Penelitian

8. DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

8.1 Data Penelitian

Parameter tanah yang digunakan pada proyek Jalan tol ruas Terbanggi Besar-

Pematang Panggang, Lampung STA 3+650 didapatkan datayang digunakan adalah data skunder dari PT Egis International Indonesia. Untuk data-data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 8.1 sebagai berikut.

1. Data Parameter Tanah

Tabel 8.1 Data Parameter Tanah

NAMA		Silty Clay Very Stiff	Silt Very Stiff	Silty Clay Stiff	Clay Sand (Timbunan)
Model	-	MC	MC	MC	MC
Jenis	-	DRAINED	DRAINED	DRAINED	DRAINED
γ unsat	kN/m ³	18,3	17,8	16,7	20,24
γ sat	kN/m ³	20	19	18	22,13
Kx	m/hari	0,00000001	0,00001	0,00000001	0,00000001
Ky	m/hari	0,00000001	0,00001	0,00000001	0,00000001
Eref	kN/m ²	27200	16800	12000	7200
v	-	0,32	0,33	0,35	0,3
Kohesi ©	kN/m ²	20,2	14,2	18,42	16,87
Sudut geser (φ)	°	9,8	12,5	8,8	18,52
Sudut dilatasi (ψ)	°	0	0	0	0

2. Data Beban Perkerasan dan Lalu lintas

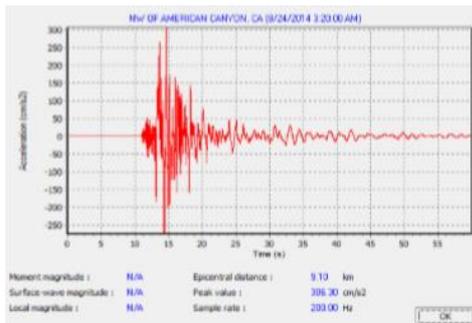
Untuk beban yang terjadi pada total pada timbunan sebesar 25 kN/m² terdiri dari beban perkerasan sebesar 10 kN/m² yang didapatkan dari data sekunder, dan beban lalu lintas sebesar 15 kN/m² yang dapatkan berdasarkan fungsi jalan sistem jaringan jalan pada Tabel 8.2 berikut ini.

Tabel 8.2 Data Beban Lalu Lintas

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

3. Data Beban Gempa

Data gempa yang sesuai dengan wilayah Lampung adalah data kawasan *American Canyon, California* yang memiliki percepatan puncak gempa sebesar 0.3g. Waktu interval yang dimasukkan dalam Plaxis diambil sebesar 14,8 detik dengan anggapan telah melewati percepatan puncak. Grafik respon spectrum dapat dilihat pada Gambar 8.1 berikut ini.



Gambar 8.1 Data Gempa

4. Data Geotekstile

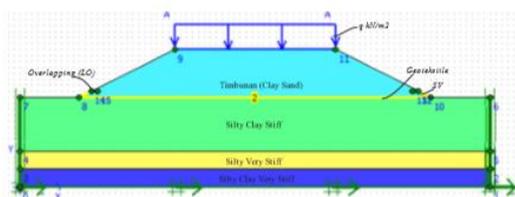
Geotekstile yang digunakan merupakan geotekstil jenis *woven* atau geotekstil teranyam. Data parameter geotekstil dari PT. Tetrasa Geosinindo. Adapun data geotekstil dapat dilihat pada Tabel 8.3 berikut ini.

Tabel 8.3 Data Geotekstile

Paremeter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ultimit	T_{ult}	55	kN/m
Regangan	ϵ	0,85	%
Kekakuan Normal	EA	392,86	kN/m
Kuat Tarik Ijin	T_{all}	28	kN/m

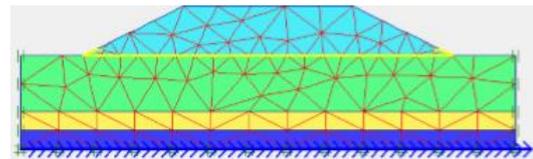
8.2 Analisis dengan Program Plaxis

Analisis stabilitas lereng dengan program Plaxis yang ditampilkan pada tinggi timbunan 8 m dengan kondisi timbunan tanah asli replacement 1 m dengan geotekstil paska konstruksi. Adapun permodelan dapat dilihat pada 8.2 Gambar berikut ini.

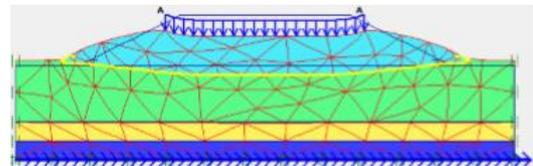


Gambar 8.2 Pemodelan Timbunan Lereng Tanah Asli 8m dengan Perkuatan

Penyusunan jaringan elemen hingga (*meshing*) pada timbunan lereng. Untuk hasil jaringan elemen dapat dilihat pada Gambar 8.3 dan 8.4 sebagai berikut.

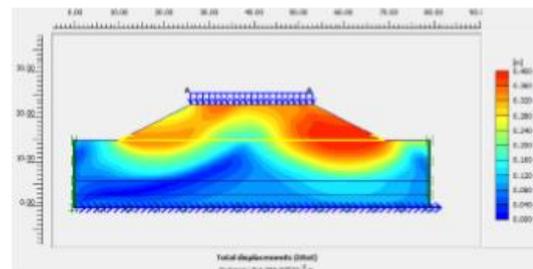


Gambar 8.3 Jaringan Elemen (*Meshing*) pada Timbunan Lereng Tanah Asli 8m dengan Perkuatan



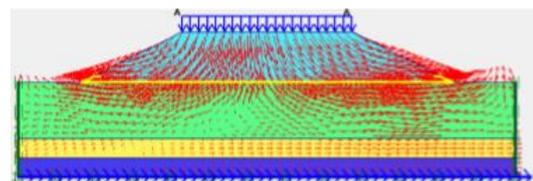
Gambar 8.4 Deformed Mesh Timbunan Lereng Tanah Asli 8m dengan Perkuatan Paska Konstruksi akibat Beban Struktur Perkerasan

Besarnya nilai *total displacement* didapatkan sebesar $394,97 \times 10^{-3}$ m. untuk hasilnya dapata dilihat pada Gambar 8.5 berikut ini.



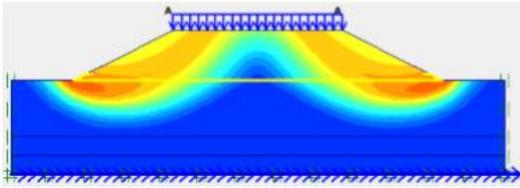
Gambar 8.5 Nilai Total Displacement pada Timbunan Lereng Tanah Asli 8m dengan Perkuatan

Arah pergerakan tanah akibat beban struktur dengan beban gempa dapat dilihat oada Gambar 8.6 berikut ini.



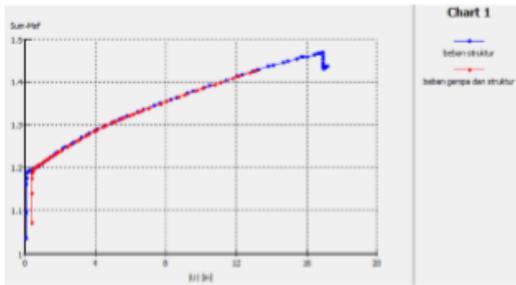
Gambar 8.7 Arah Pergerakan Timbunan Lereng Tanah Asli 8m dengan Perkuatan

Untuk potensi kelongsoran dapat dilihat pada Gambar 8.7 sebagai berikut ini.



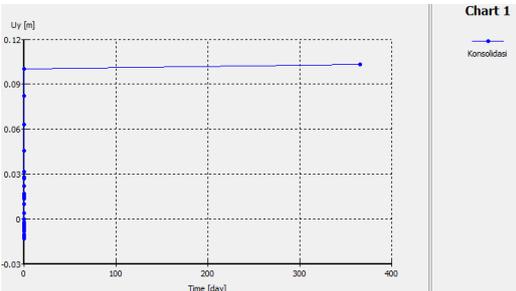
Gambar 8.8 Potensi Kelongsoran pada Timbunan Lereng Tanah Asli 6 meter dengan Perkuatan

Nilai angka aman akibat beban struktur dengan gempa sebesar 1,4275. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.9 sebagai berikut ini.



Gambar 8.9 Nilai Angka Aman (SF) pada Timbunan Lereng Tanah Asli 8 meter dengan Perkuatan

Nilai penurunan (*konsolidasi*) tanah yang dilakukan selama 1 tahun (365 hari) sebesar 0,3921 m. untuk hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.10 sebagai berikut.

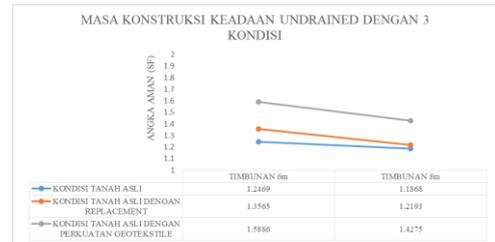
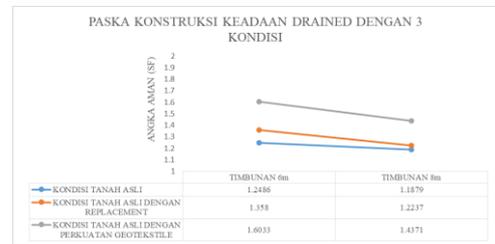
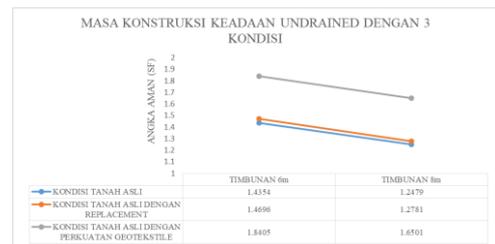
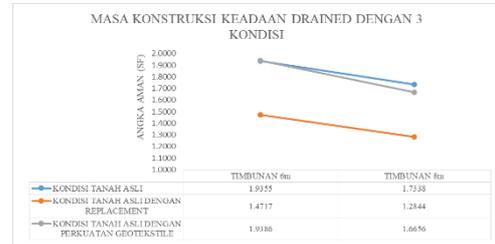


Gambar 8.10 Konsolidasi Timbunan Lereng Tanah Asli 8m dengan Perkuatan Paska Konstruksi Selama Periode 1 Tahun

8.3 Analisis dengan Program Plaxis

Dari hasil analisis diperoleh kurva hubungan nilai angka aman dan kondisi yang ditinjau, yaitu kondisi dengan atau tanpa beban gempa dan kurva hubungan

penurunan dan waktu penurunan. Kurva nilai angka aman dan penurunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.11 dan hasil rekapitulasi Tabel 8.4 berikut ini.



Gambar 8.11 Grafik Perbandingan Nilai Angka Aman pada Timbunan Lereng

Tabel 8.4 Rekapitulasi Angkan Aman

ANGKA AMAN (SF)	MASA KONSTRUKSI		PASKA KONSTRUKSI	
	KONDISI TANAH ASLI			
	BEBAN STRUKTUR	BEBAN STRUK & GEMPA	BEBAN LALU LINTAS	BEBAN LALIN & GEMPA
TIMBUNAN 2m	1.9355	1.8410	1.9221	1.7894
TIMBUNAN 4m	1.7338	1.7014	1.5326	1.4882
TIMBUNAN 6m	1.4367	1.4354	1.2486	1.2469
TIMBUNAN 8m	1.2503	1.2479	1.1879	1.1868
KONDISI TANAH ASLI DENGAN REPLACEMENT				
TIMBUNAN 6m	1.4717	1.4696	1.358	1.3565
TIMBUNAN 8m	1.2844	1.2781	1.2237	1.2193
KONDISI TANAH ASLI DENGAN GEOTEKSTILE				
TIMBUNAN 6m	1.9386	1.8405	1.6033	1.5886
TIMBUNAN 8m	1.6656	1.6501	1.4371	1.4275

**Tabel 8.5 Rekapitulasi Penurunan
(konsolidasi)**

KONSOLIDASI TANAH ASLI		
TIMBUNAN	PENURUNAN	SATUAN
2m	0.1389	m
4m	0.23109	m
6m	0.30656	m
8m	0.39053	m
KONSOLIDASI TANAH ASLI DENGAN		
TIMBUNAN	PENURUNAN	SATUAN
6m	0.0500	m
8m	0.37301	m
KONSOLIDASI TANAH ASLI DENGAN		
TIMBUNAN	PENURUNAN	SATUAN
6m	0.3145	m
8m	0.23109	m

9. KESIMPULAN

Untuk hasil analisis timbunan lereng dengan tanah asli 2m dan 4m pada masa konstruksi dan paska konstruksi mempunyai nilai angka aman yang lebih besar dari angka aman yang diijinkan sebesar 1,3. Untuk timbunan lereng setinggi 6m pada masa konstruksi angka aman lebih besar dibanding angka aman yang di syaratkan sebesar 1,3, tetapi paska konstruksi angka aman lebih kecil dari angka aman yang di syaratkan sebesar 1,3. Dan untuk timbunan lereng setinggi 8m pada masa konstruksi dan paska konstruksi belum memenuhi syarat angka aman (SF) 1,3. Untuk hasil analisis timbunan lereng tanah asli dengan replacement hanya pada timbunan yang belum mencapai angka aman pada analisis timbunan lereng tanah asli yaitu pada timbunan 6m dan 8m. pada tahap ini angka aman didapatkan lebih besar dibandingkan dengan timbunan lereng tanah asli, selisih perbedaan angka aman tidak terlalu besar. Sedangkan untuk konsolidasi lebih besar pada saat diberikan replacement daripada dengan tanah asli. Untuk hasil analisis timbunan lereng tanah asli dengan perkuatan geotekstile sesuai dengan kebutuhan. Pada timbunan 6m, dan 8m yang dilakukan perkuatan menghasilkan angka aman lebih besar dibandingkan angka aman yang diijinkan. Untuk penggunaan geotekstile dapat meningkatkan angka

aman baik pada tanah asli maupun diberikan replacement.

10. DAFTAR PUSTAKA

Bina Marga, D. J. (2009). Perencanaan Dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik. Jakarta: Bina Marga.

Geosinindo , P. T. (n.d.). Technical Spesification Geotekstil Woven. jakarta.

International Indonesia, P. E. (2017). Laporan Analissa Geoteknikal. In P. E. International Indonesia, Pekerjaan Detail Engineering Desain (DED) unutk Pembangunan Proyek Jalan Tol Ruas Terbanggi Besar-Pematang Panggang. Indonesia

Purwanto, E. (2012). Handout Mata Kuliah. In Perkuatan Tanah. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.

Widodo, S., Subagio, B. S., & Setiadji, B. H. (2013). Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta sedang kuliah Program Doktor di Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponogoro Semarang. Geosintetik Sebagai Perkuatan Lapis Perkerasan Lentur Jalan Raya.

Tay, P. A., Adi, F. S., Tjandra, D., & Wulandari, P. S. (2013). Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Analisa Perkuatan Geotekstil pada Timbunan Konstruksi Jalan dengan *Plaxis* 2D.

Umum, D. P. (2005). <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/pd-t-09-2005-b.pdf>. Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng Pada Tanah Residual Dan Batuan.

