

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN PADA BADAN JALAN DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS

Liana Hayumi¹ dan Muhammad Rifqi Abdurrozak²

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

Email: 16511093@students.uui.ac.id

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

Email: 135111101@uui.ac.id

ABSTRACT

Padang – Pekanbaru Toll Road is a part of the Trans Sumatra Toll Road Network. In implementations, embankment work is carried out on the road to even out the contours of the land at the construction site. With the accumulation of soil, new embankment slopes will need to be analyzed for stability. In the process, the soil embankment is also reinforced with geotextiles to minimize the occurrence of landslides. This study was analyzed by modeling embankment variations of 4 meters, 6 meters, and 8 meters with geotextile reinforcement using the Plaxis V20 program. For calculations on the original soil conditions were analyzed by the fellenius method. The results of embankment stability analysis in the original soil condition with geotextile reinforcement using the Plaxis V20 program during the construction period obtained the safety factor for the 4-meter embankment without earthquake load of 1.893, the 6-meter embankment load of 1.637, and the 8-meter embankment load of 1.622. While in post-construction, the safety factor for the 4-meter embankment without earthquake loads of 1.651, the 6-meter embankment load of 1.572, and the 8-meter embankment load of 1.512. For the analysis settlement of the original soil condition with geotextile reinforcement for the calculation of excess pore water pressure on a 4-meter embankment, the settlement has a value of 0.207 meters with a time of 88 days, a 6-meter embankment has a value of 0.434 meters with a time of 104 days, and an 8-meter embankment has a value of 0.639 meters with a time of 131 days.

Keywords: *Stability, geotextile, safety factor, consolidation settlement, Plaxis V20*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana transportasi yang digunakan untuk menghubungkan daerah satu ke daerah yang lainnya. Jalan mempunyai peran penting dalam pembangunan dan perekonomian di Indonesia, sehingga jalan semakin banyak dibangun oleh pemerintah agar daerah-daerah yang ada di Indonesia dapat mengalami kemajuan dan perkembangan secara merata. Salah satu pembangunan

infrastruktur jalan di Jaringan Jalan Tol Trans Sumatera ini adalah Jalan Tol Padang – Pekanbaru yang pembangunannya terbagi kedalam 6 seksi. Lokasi penelitian yang akan ditinjau yaitu pada seksi 1 Sicincin – Lubuk Alung - Padang sepanjang 28 kilometer. Pada pelaksanaannya dilakukan pekerjaan timbunan pada badan jalan untuk meratakan kontur tanah yang ada di lokasi konstruksi. Proses pembangunan jalan tol Padang – Pekanbaru ini dilakukan timbunan pada badan jalan dengan perkuatan

geotekstil untuk meningkatkan daya dukung tanah. Pada penelitian ini, dilakukan suatu analisis stabilitas timbunan pada badan jalan dengan menggunakan program *Plaxis V20*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besarnya angka aman pada timbunan badan jalan supaya perkuatan dapat efektif dan berfungsi secara optimal. Berdasarkan dari uraian latar belakang, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. mengetahui hasil angka aman (*safety factor*) tanah timbunan badan jalan dengan variasi tinggi timbunan 4 meter, 6 meter, dan 8 meter tanpa perkuatan,
2. mengetahui besar penurunan pada tanah dengan variasi tinggi timbunan 4 meter, 6 meter, dan 8 meter,
3. mengetahui hasil angka aman (*safety factor*) tanah timbunan badan jalan dengan variasi tinggi timbunan 4 meter, 6 meter, dan 8 meter setelah dilakukan perkuatan dengan geotekstil,
4. mengetahui besar penurunan pada tanah dengan variasi tinggi timbunan 4 meter, 6 meter, dan 8 meter setelah dilakukan perkuatan dengan geotekstil,
5. mengetahui pengaruh penambahan geotekstil dalam meningkatkan stabilitas timbunan, dan
6. mengetahui pengaruh penambahan geotekstil dalam mengurangi penurunan konsolidasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Lubis dan Lubis (2019), melakukan penelitian mengenai evaluasi perbaikan tanah menggunakan geotekstil untuk meningkatkan stabilitas tanah lapisan subgrade pekerjaan jalan. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu kekuatan Tarik geotekstil *non woven* 20 kN/m diperlukan 1 lapis geotekstil, sedangkan kekuatan Tarik geotekstil *ppolypropylene woven* 30 kN/m diperlukan 2 lapis geotekstil.

Menurut Suryadinullah (2018) pada kondisi tanah asli timbunan 2 m dan 4 m masa

konstruksi dan paska konstruksi mempunyai nilai angka aman yang lebih besar dari 1,3. Timbunan 6 m kondisi tanah asli pada masa konstruksi mempunyai nilai angka aman lebih besar dari 1,3 sedangkan pada paska konstruksi nilai angka aman lebih kecil dari 1,3. Timbunan 8 m kondisi tanah asli pada masa konstruksi dan paska konstruksi mempunyai angka aman lebih kecil dari 1,3. Setelah ditambah perkuatan dengan geotekstil angka aman dapat meningkat pada kondisi tanah asli maupun diberikan *replacement*. Hasil konsolidasi yang didapat setelah adanya penambahan perkuatan dengan geotekstil pada kondisi tanah asli maupun diberikan *replacement* dapat mengurangi nilai penurunan pada timbunan jalan yang dianalisis.

Menurut Prabowo (2019) nilai angka aman yang didapat tanpa dan dengan beban gempa pada kondisi lereng asli dengan Program *Plaxis 8.2* secara urut sebesar 1,338 dan 1,331, kondisi lereng dengan sudut 76° tanah asli dan tanah timbunan tanpa diperkuat geotekstil tidak dapat diaplikasikan di lapangan karena menghasilkan nilai aman < 1 yang dapat mengalami keuntuhan, kondisi lereng dengan sudut 76° diperkuat geotekstil tanpa dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman sebesar 1,737 dan 1,350 yang dapat diaplikasikan di lapangan.

LANDASAN TEORI

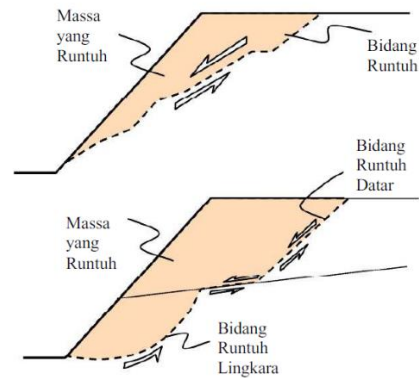
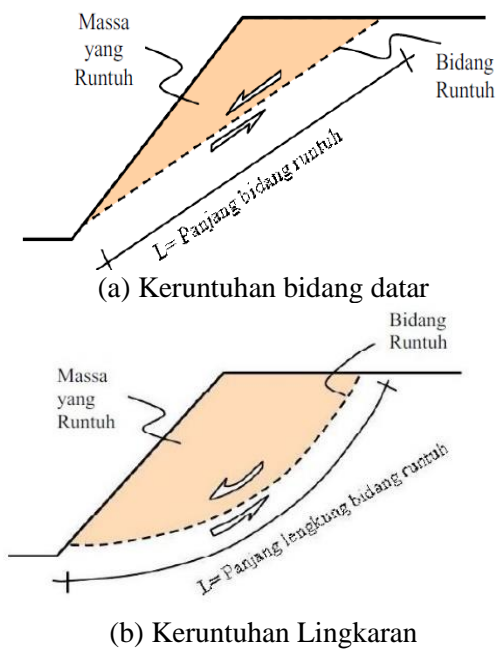
Tanah

Menurut Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lainnya dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berparikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah merupakan dasar dari suatu struktur

atau konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penyaluran untuk menerima beban dari konstruksi bangunan yang berada di atasnya.

Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang membentuk sudut kemiringan tertentu terhadap bidang horisontal. Lereng dapat terbentuk oleh alam karena proses geologi maupun karena buatan (rekayasa) manusia. Lereng yang mengalami keruntuhan secara teknis dapat dikatakan telah kehilangan kestabilannya karena mempunyai nilai keamanan yang rendah. Berdasarkan bentuknya, terdapat beberapa tipe keruntuhan lereng seperti Gambar 1 berikut ini.



(c) Keruntuhan Kombinasi *Irregular* dan gabungan

Gambar 1 Bentuk Bidang Longsor (Sumber: Hakam, 2010)

Komponen gravitasi yang cukup besar menyebabkan terjadinya pergerakan tanah vertikal sehingga terjadi kelongsoran lereng. Maka dari itu, diperlukan adanya stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng bertujuan untuk menentukan faktor aman terhadap bidang longsor potensial. Nilai kisaran faktor keamanan (FS) yang terdapat dalam SNI 13-7124-2005 dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 1 Kisaran Faktor Keamanan (FS)

Faktor Keamanan	Kerentanan Gerakan Tanah
$\leq 1,2$	Tinggi : Gerakan Tanah Sering Terjadi
$1,2 < Safety Factor \leq 1,7$	Menengah : Gerakan Tanah Dapat Terjadi
$1,7 < Safety Factor \leq 2,0$	Rendah : Gerakan Tanah Jarang Terjadi
$> 2,0$	Sangat Rendah : Gerakan Tanah Sangat Jarang Terjadi

Sumber: SNI 13-7124 (2005)

Konsolidasi

Menurut SNI 2812:2011, konsolidasi adalah suatu proses pemampatan tanah yang terjadi akibat adanya pembebanan dalam jangka waktu tertentu, sehingga menyebabkan mengalirnya air ke luar dari ruang pori. Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu (Hardiyatmo, 2010). Pada umumnya tanah dibagi menjadi 2 jenis yaitu tanah kohesif dan tanah berbutir. Pada tanah kohesif, air pori dapat mengalir keluar struktur tanah memerlukan waktu yang lama disebabkan karena permeabilitasnya yang rendah. Sedangkan untuk tanah berbutir, air pori dapat mengalir keluar dari struktur tanah dengan mudah. Konsolidasi berlangsung dalam satu arah pergerakan yaitu arah vertikal, oleh karena arah horisontal tertahan oleh lapisan tanah disekelilingnya maka dapat diabaikan saja. Selama peristiwa konsolidasi berlangsung, tanah akan mengalami proses penurunan (*settle*).

Geotekstil

Geotekstil memiliki bentuk berupa lembaran sintesis yang mempunyai sifat mudah tertembus oleh air. Menurut Bina Marga (2009), geotekstil adalah geosintetik yang lolos air yang berasal dari bahan tekstil. Geotekstil digunakan pada pondasi, tanah, batuan, bumi atau aplikasi geoteknik lainnya sebagai material pelengkap dalam suatu produk, struktur maupun sistem buatan manusia. Penggunaan perkuatan geotekstil pada pelaksanaan konstruksi jalan dapat menghindari terjadinya keruntuhan lokal pada tanah lunak yang memiliki daya dukung yang rendah. Ketika tanah dan geotekstil digabungkan, material komposit tanah yang diperkuat akan menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik yang tinggi, sehingga akan dapat menahan gaya yang berkerja dan deformasi.

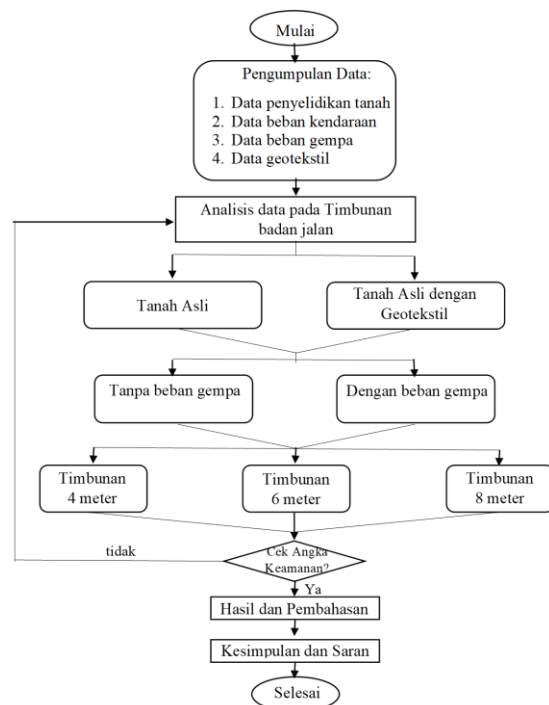
3.1 Software Plaxis

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, seperti daya dukung tanah. Kondisi lapangan yang disimulasikan dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara *axisymetris*. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat, sedangkan berbagai fasilitas yang tersedia dapat digunakan untuk menampilkan hasil komputasi secara mendetil. Proses perhitungan sepenuhnya berjalan secara otomatis dan didasarkan pada prosedur numerik yang handal.

METODE PENELITIAN

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis stabilitas timbunan badan jalan dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *Plaxis V20* dengan hasil berupa nilai faktor aman (*safety factor*) dengan variasi tinggi 4 meter, 6 meter dan 8 meter. Bagan alir atau langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

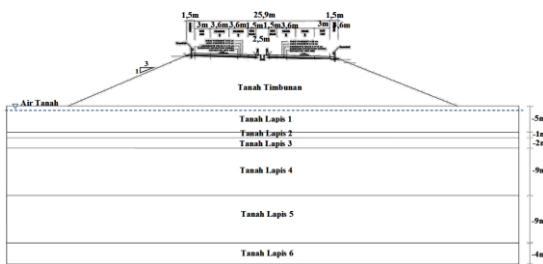
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Data – data yang dibutuhkan didapat dari PT. Utama Karya selaku pelaksana proyek. Data parameter tanah, beban-beban yang bekerja serta data geotekstil adalah sebagai berikut.

1. Data parameter tanah

Potongan melintang jalan dan data parameter tanah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 2 berikut.



Gambar 3 Potongan Melintang Jalan

Tabel 2 Data Parameter Tanah

Parameter Tanah	satuan	Timbunan	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Lapisan 4	Lapisan 5	Lapisan 6
Model		Mohr Coulomb						
Jenis		Undrained						
H	m	8	5	1	2	9	9	4
γ_{sat}	kN/m ³	19	15	15	15	16	17	19
γ_{unsat}	kN/m ³	17	13	13	13	14	15	17
γ_w	kN/m ³	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
c	kN/m ²	5	9	3	36	3	3	3
ϕ	°	30	5	32	6	36	39	45
poisson ratio (ν)		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Kx	m/day	0,0026	0,0026	0,043	0,0026	0,043	0,043	0,043
Ky	m/day	0,0026	0,0026	0,043	0,0026	0,043	0,043	0,043
Eref	kN/m ²	12500	3000	13000	12000	34500	42000	55000

Sumber: PT. Utama Karya (2019)

2. Data beban perkerasan dan lalu lintas

Data beban perkerasan yang digunakan adalah sebesar 13,2 kN/m² dari data sekunder. Sedangkan data beban lalu lintas yang digunakan mengacu pada panduan Geoteknik 4 (2002) dengan klasifikasi sistem jaringan yang digolongkan ke dalam fungsi jalan dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). Berdasarkan fungsi jalan dan sistem jaringan jalan pada Tabel 3 berikut, beban lalu lintas yang digunakan sebagai perhitungan yaitu sebesar 15 kN/m².

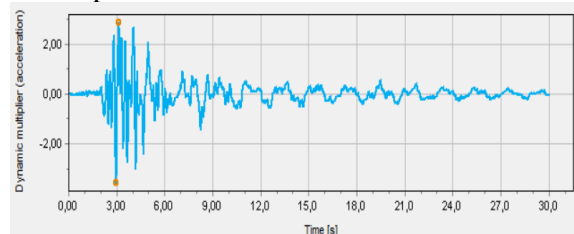
Tabel 3 Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas

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

Sumber: Panduan Geoteknik 4 (DPU, 2002)

3. Beban Gempa

Data gempa yang dianalisis ke dalam perhitungan Paxis adalah data kawasan *Gempa Whittier Narrows, California* tahun 1987 dengan percepatan puncak gempa sebesar 3,5g. Sedangkan untuk waktu interval yang akan dianalisis diambil sebesar 5,5 detik dengan anggapan telah melewati percepatan puncak gempa. Grafik respon spektrum dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Percepatan Dan Waktu
(Sumber: Usgs.gov, 2020)

4. Data Geotekstil

Geotekstil yang digunakan merupakan geotekstil jenis *woven* yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Data Geotekstil

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ijin	T	60	kN/m
Regangan	ϵ	19	%
Kekakuan Normal	EA	570	kN/m

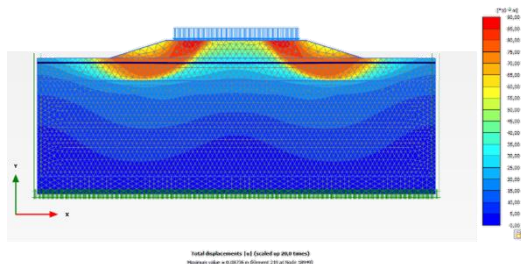
Sumber: PT. Prima Geotex Indo (2020)

Analisis Stabilitas Timbunan

Analisis stabilitas lereng yang dihitung pada penelitian ini adalah analisis stabilitas timbunan pada badan jalan dengan variasi tinggi timbunan 4 meter, 6 meter, dan 8

meter. Analisis perhitungan yang ditampilkan yaitu pada timbunan 4 meter pada kondisi tanah asli tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil pada masa konstruksi dengan tahapan berikut.

1. Timbunan Tanah Asli Tanpa Perkuatan
 Pada timbunan lereng 4 meter kondisi tanah asli tanpa perkuatan saat konstruksi pada proses perhitungan terjadi *soil body collapse*. Sehingga didapat *circular slip surface* timbunan 4 meter yang dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 5 *Slip Surface* Timbunan 4 meter Kondisi Tanah Asli Masa Konstruksi

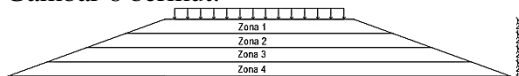
Untuk variasi tinggi timbunan 4 meter, 6 meter dan 8 meter masa konstruksi dan paska konstruksi dengan cara analisis yang sama, hasil perhitungan angka keamanan timbunan pada kondisi tanah asli dengan *Plaxis* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Keamanan Kondisi Tanah Asli

Variasi Timbunan	Permodelan	Masa Konstruksi		Paska Konstruksi	
		Tanpa Gempa	Dengan Gempa	Tanpa Gempa	Dengan Gempa
Timbunan 4 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
Timbunan 6 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
Timbunan 8 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>

2. Pemakaian Geotekstil

Perhitungan perencanaan geotekstil pada timbunan 8 m dengan beban merata yang digunakan adalah $13,2 \text{ kN/m}^2$. Geotekstil yang digunakan merupakan geotekstil woven dengan kuat Tarik ijin sebesar 60 kN/m . Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pembagian zona pada tanah timbunan seperti Gambar 6 berikut.



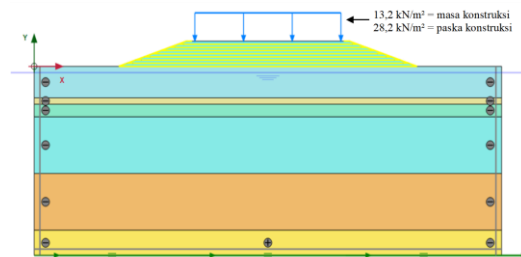
Gambar 6 Pembagian Zona Pada Tanah Timbunan

Didapat hasil perhitungan pemakaian geotekstil pada tiap zona pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Geotekstil

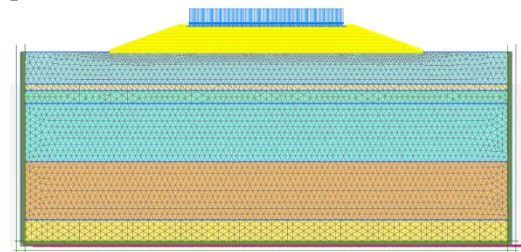
	Z_i (m)	S_{v_i} (m)	S_{v_i} pakai (m)	L_o (m)	L_o pakai (m)
zona 1	2	0,891	1	0,509	1
	2	0,891	1	0,509	1
zona 2	4	0,789	1	0,255	1
	4	0,789	1	0,255	1
zona 3	6	0,472	0,5	0,170	1
	6	0,472	0,5	0,170	1
	6	0,472	0,5	0,170	1
	6	0,472	0,5	0,170	1
zona 4	8	0,337	0,5	0,127	1
	8	0,337	0,5	0,127	1
	8	0,337	0,5	0,127	1
	8	0,337	0,5	0,127	1

3. Timbunan Tanah Asli Dengan Perkuatan Berikut merupakan hasil perhitungan dengan menggunakan program *Plaxis V20* pada kondisi tanah asli dengan perkuatan pada timbunan 4 meter masa konstruksi.



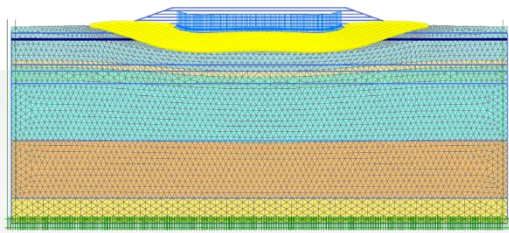
Gambar 7 Permodelan Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil

Penyusunan jaringan elemen hingga (*meshing*) pada timbunan 4 m dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



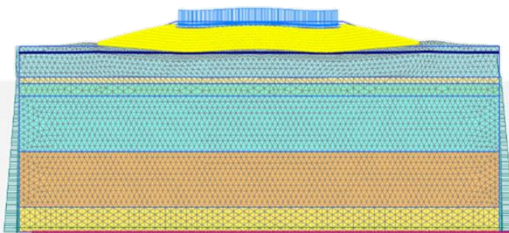
Gambar 8 *Meshing* Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil

Untuk hasil *deformed mesh* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



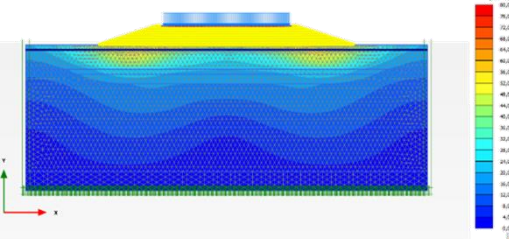
Gambar9 *Deformed Mesh* Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Saat Konstruksi Tanpa Beban Gempa

Untuk hasil *deformed mesh* dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



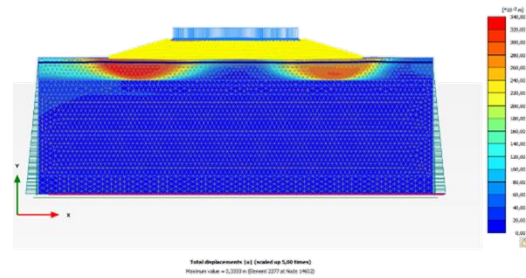
Gambar 10 *Deformed Mesh* Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Saat Konstruksi Dengan Beban Gempa

Besarnya nilai *total displacements* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 11.



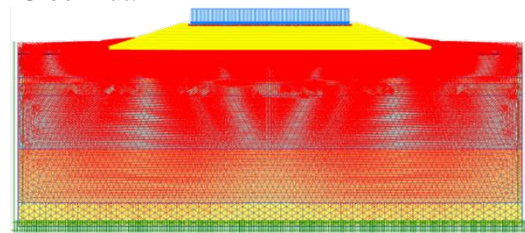
Gambar 11 *Total Displacements* Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Saat Konstruksi Tanpa Beban Gempa

Besarnya nilai *total displacements* dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 12



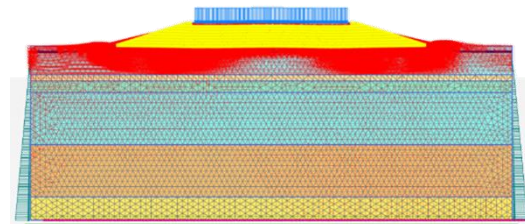
Gambar 12 *Total Displacements* Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Saat Konstruksi dengan Beban Gempa

Arah pergerakan dan daerah potensial longsor tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.



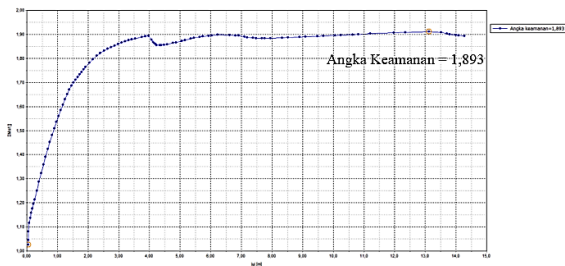
Gambar 13 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Saat Konstruksi Tanpa Beban Gempa

Arah pergerakan dan daerah potensial longsor dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



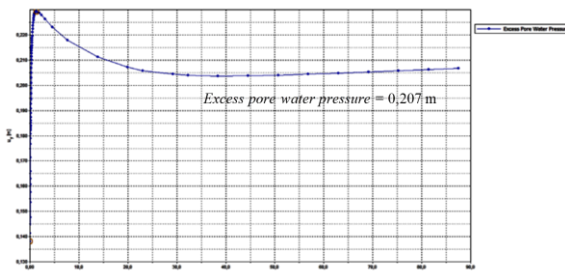
Gambar 14 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Saat Konstruksi dengan Beban Gempa

Grafik angka keamanan kondisi tanah asli dengan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15 Grafik *Safety Factor* Tanah Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Saat Konstruksi

Grafik penurunan *excess pore water pressure* dapat dilihat pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16 Grafik Penurunan Perhitungan *Excess Pore Water Pressure* pada Timbunan 4 m Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil

Pembahasan

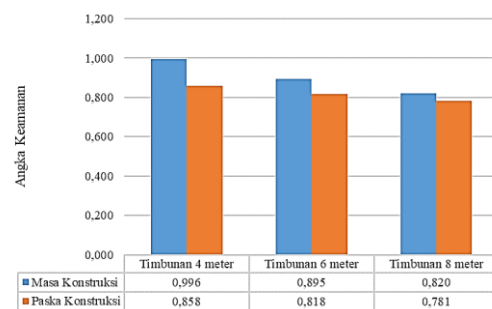
1. Angka Keamanan
Perhitungan angka keamanan pada *Plaxis V20* hanya dapat menghitung kondisi tanpa gempa, sedangkan angka keamanan pada kondisi dengan beban gempa tidak dapat dihitung setelah proses perhitungan dinamik pada *Plaxis V20*. Sehingga analisis gempa dinamik hanya dapat menghitung *total displacements* yang terjadi. Perhitungan angka keamanan pada kondisi tanah asli dengan menggunakan program *Plaxis V20* tidak dapat dimunculkan karena terjadi *soil body collapse* pada saat analisis. Sehingga digunakan metode *fellenius* untuk mendapatkan angka keamanan pada setiap variasi tinggi timbunan kondisi tanah asli.

Hasil angka keamanan pada kondisi tanah asli dengan metode *fellenius* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 17 berikut.

Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Keamanan Menggunakan Metode *Fellenius*

Timbunan (m)	Angka Keamanan	
	Masa Konstruksi	Paska Konstruksi
4	0,996	0,858
6	0,895	0,818
8	0,820	0,781

Berikut ini merupakan grafik hasil angka keamanan kondisi tanah asli dengan metode *fellenius* dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 17 Grafik Perhitungan Angka Keamanan Pada Kondisi Tanah Asli Menggunakan Metode *Fellenius*

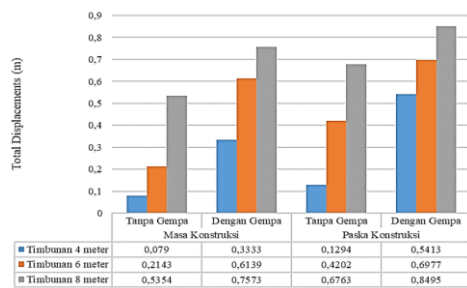
Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan program *Plaxis V20* pada setiap variasi timbunan kondisi tanah asli dengan perkuatan geotekstil, didapatkan hasil perhitungan *total displacements* dan angka keamanan pada setiap variasi timbunan yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 18 berikut ini.

Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan *Total Displacement* Dengan *Plaxis*

Variasi Timbunan	Permodelan	Masa Konstruksi		Paska Konstruksi	
		Tanpa Gempa	Dengan Gempa	Tanpa Gempa	Dengan Gempa
Timbunan 4 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	0,079	0,3333	0,1294	0,5413
Timbunan 6 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	0,2143	0,6139	0,4202	0,6977
Timbunan 8 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	0,5354	0,7573	0,6763	0,8495

Berikut ini merupakan grafik analisis perhitungan *total displacement* dengan program *Plaxis V20* pada setiap variasi

timbunan dapat dilihat pada Gambar 18 berikut ini.



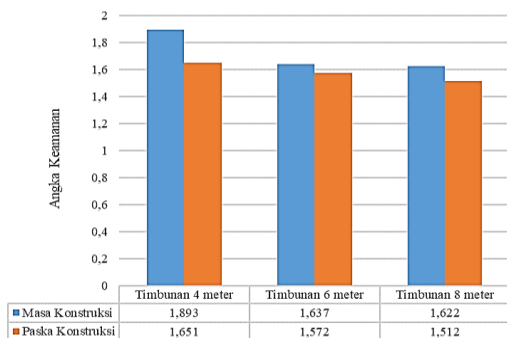
Gambar 18 Grafik Perhitungan *Total Displacement*

Rekapitulasi hasil angka keamanan dengan menggunakan *Plaxis V20* pada setiap variasi timbunan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 19 berikut.

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Keamanan Dengan *Plaxis*

Variasi Timbunan	Permodelan	Masa Konstruksi	Paska Konstruksi
Timbunan 4 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	1,893	1,651
Timbunan 6 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	1,637	1,572
Timbunan 8 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	1,622	1,512

Grafik analisis perhitungan angka keamanan dengan program *Plaxis V20* kondisi tanah asli dengan perkuatan geotekstil pada setiap variasi timbunan dapat dilihat pada Gambar 19 berikut ini.

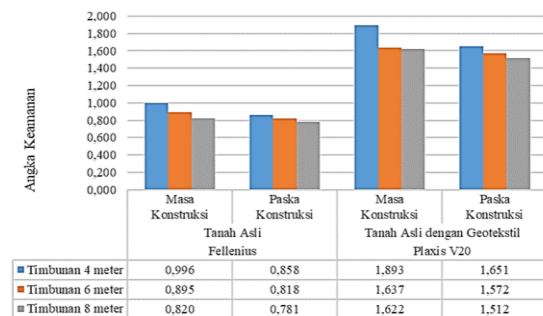


Gambar 19 Grafik Perhitungan Angka Keamanan Pada Kondisi Tanah Asli Dengan Geotekstil Menggunakan Program *Plaxis*

Berdasarkan analisis dengan menggunakan program *Plaxis* yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa angka keamanan yang

diperoleh pada setiap variasi timbunan dengan menggunakan bahan tambah perkuatan geotekstil memiliki nilai yang memenuhi persyaratan yaitu $>1,5$.

Grafik hasil angka keamanan yang didapat pada kondisi tanah asli dan tanah asli dengan geotekstil pada setiap variasi timbunan dapat dilihat pada Gambar 20 berikut ini.



Gambar 20 Rekapitulasi Hasil Angka Keamanan Pada Kondisi Tanah Asli Dan Tanah Asli Dengan Geotekstil

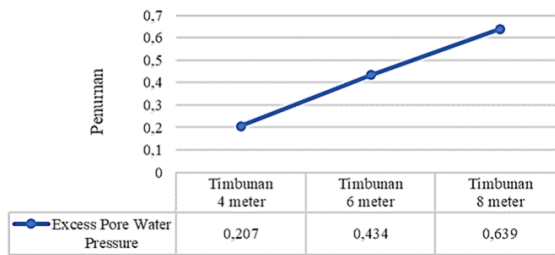
2. Penurunan

Analisis penurunan yang dilakukan dengan *Plaxis V20* yaitu dengan perhitungan *excess pore water pressure*. Nilai besaran penurunan yang dianalisis dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 21 berikut ini.

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Penurunan *Excess Pore Water Pressure*

Variasi Timbunan	Permodelan	Penurunan (m)	<i>Excess Pore Water Pressure</i> (hari)
Timbunan 4 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	0,207	88
Timbunan 6 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	0,434	103
Timbunan 8 m	Tanah Asli	<i>collapse</i>	<i>collapse</i>
	Tanah Asli Dengan Geotekstil	0,639	131

Grafik rekapitulasi hasil penurunan dengan perhitungan *excess pore water pressure* dapat dilihat pada Gambar 21 berikut ini.



Gambar 21 Grafik Hasil Penurunan *Excess Pore Water Pressure*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

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

1. Hasil analisis stabilitas timbunan pada kondisi tanah asli dengan menggunakan program *Plaxis* mengalami *soil body collapse*, sehingga nilai angka keamanannya dihitung dengan menggunakan metode *fellenius*. Didapatkan nilai angka keamanan dengan menggunakan metode *fellenius* pada masa konstruksi dengan variasi timbunan 4 meter sebesar 0,996, timbunan 6 meter sebesar 0,895, dan timbunan 8 meter sebesar 0,820. Sedangkan pada paska konstruksi didapatkan nilai angka keamanan dengan variasi timbunan 4 meter sebesar 0,858, timbunan 6 meter sebesar 0,818, dan timbunan 8 meter sebesar 0,781.
2. Hasil analisis penurunan menggunakan program *Plaxis V20* kondisi tanah asli pada setiap variasi timbunan yaitu 4 meter, 6 meter, dan 8 meter terjadi *soil body collapse* pada saat dilakukan perhitungan penurunan.
3. Hasil analisis stabilitas timbunan pada kondisi tanah asli dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *Plaxis V20* pada masa konstruksi didapatkan nilai angka keamanan pada timbunan 4 meter sebesar 1,893, timbunan 6 meter sebesar 1,637, dan timbunan 8 meter sebesar 1,622. Sedangkan pada paska konstruksi

didapatkan nilai angka keamanan pada timbunan 4 meter sebesar 1,651, timbunan 6 meter sebesar 1,572, dan timbunan 8 meter sebesar 1,512.

4. Hasil analisis penurunan dengan menggunakan program *Plaxis V20* pada kondisi tanah asli dengan perkuatan geotekstil didapatkan nilai penurunan untuk perhitungan *excess pore water pressure* pada timbunan 4 meter mempunyai nilai sebesar 0,207 meter dengan waktu 88 hari, timbunan 6 meter mempunyai nilai sebesar 0,434 meter dengan waktu 104 hari, dan timbunan 8 meter mempunyai nilai sebesar 0,639 meter dengan waktu 131 hari.
5. Penambahan geotekstil pada kondisi tanah asli dapat meningkatkan angka keamanan pada setiap variasi timbunan yaitu 4 meter, 6 meter, dan 8 meter. Tinggi timbunan mempengaruhi hasil angka keamanan karena semakin tinggi variasi timbunan yang dianalisis angka keamanan yang diperoleh semakin kecil.
6. Penambahan geotekstil pada kondisi tanah asli dapat mengurangi nilai penurunan yang terjadi pada perhitungan *excess pore water pressure*. Tinggi timbunan mempengaruhi hasil penurunan karena semakin tinggi variasi timbunan yang dianalisis penurunan yang diperoleh semakin besar.

Saran

Berdasarkan hasil yang didapat dalam penelitian, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis timbunan menggunakan program *Plaxis V20* dengan perkuatan geotekstil, didapatkan hasil angka keamanan pada variasi timbunan memiliki tingkat kerentanan gerakan tanah pada tahapan menengah sampai tinggi. Oleh karena itu, perkuatan yang digunakan dapat ditambah dengan *Prefabricated Vertical Drainage (PVD)* atau *counterweight* agar dapat mengurangi gerakan tanah yang terjadi.

2. Analisis ini dapat dikembangkan dengan penambahan dinding penahan tanah dan turap.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. 2011. *Cara Uji Konsolidasi Tanah Satu Dimensi*. SNI 2812:2011. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI 1726:2002. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. SNI 1726:2019. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2005. *Penyusunan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah*. SNI 7124:2005. Jakarta. .
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. 1988. Erlangga. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Panduan Geoteknik 4 Desain dan Kontruksi*, Edisi Pertama. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Panduan Geoteknik 4 Desain dan Kontruksi*, Edisi Pertama. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik*. Bina Marga. Jakarta
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah II*, Edisi Ke 3. Gadjah Mada University. Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah II*, Edisi Ke V. Gadjah Mada University. Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2013. *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya*, Edisi Ke 2. Gadjah Mada University. Press. Yogyakarta.
- Hakam, A. 2010. *Stabilitas Lereng dan Dinding Penahan Tanah*. CV. Ferila. Padang.
- Lubis, M.K.Z. dan Lubis, K. 2019. Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lapisan *Subgrade* Pekerjaan Jalan. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 3(2):2549-6387. Medan.
- Prabowo, A. 2018. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- PT Hutama Karya. 2019. Data Jalan Tol Padang-Pekanbaru.
- PT Prima Geotex Indo. 2021. Data Geotekstil. Banten.
- Purwanto, E. 2012. Perkuatan Tanah. Handout Mata Kuliah, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*, Cetakan Pertama. Jakarta. Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan.
- Suryadinullah, A.M. 2018. Analisis Stabilitas Timbunan Lereng Pada Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis Pada Tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang STA 3+650, Lampung. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Wihardi., Munirwansyah., Saleh, S.M. 2018. Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan *Software Plaxis 8.6* dengan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*) (Studi Kasus Ruas Jalan Nasional Banda Aceh-Medan STA 83+135 Gunung Seulawah). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 1(3):2615-1340. Banda Aceh