

Pengaruh Geotekstil Terhadap Stabilitas Timbunan Jalan

Helmi Januar Hamzah*¹, Sri Wulandari²

*¹Mahasiswa, Program Magister, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gunadarma

²Dosen, Program Magister, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gunadarma

e-mail: *¹hamzahjanuar@gmail.com

Received 12 March 2022; Reviewed 16 March 2022; Accepted 15 April 2022

Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2484>

Abstract

Infrastructure development, especially road is closely related to geotechnical activities. The difference of contours at construction site forces embankment and excavation work. Embankment is an interesting thing to study more deeply because embankments have characteristics such as slopes that have safety factor and must be handled specifically. Geotextiles as an alternative to handling embankment stability are popularly used for embankment construction. Many types of geotextile need to calculate and analyze in determining the type of geotextile that are suitable to the characteristics of the subgrade and embankment construction. Embankment stability analysis in this study was calculated using PLAXIS version 8.2 software and Mohr-Coulomb method as basic for calculation. Base on the result of this studie, use of geotextiles, whether woven, non-woven or geogrid, can increase the safety factor and accelerate consolidation time. There will be secondary consolidation consequence of the plastic adjustment of soil grains and geotextiles. The ideal of stress percentage for geotextile to be suitable for use is 56.957% - 37.194%.

Keywords: Embankment, Safety Factor, Horizontal Displacement, Geotextiles, PLAXIS

Abstrak

Pembangunan infrastruktur khususnya jalan, erat kaitannya dengan kegiatan geoteknik. Perbedaan kontur pada lokasi pembangunan memaksa adanya pekerjaan timbunan dan galian. Timbunan merupakan hal yang menarik untuk dikaji lebih dalam karena timbunan mempunyai karakteristik seperti lereng yang mempunyai faktor keamanan tertentu dan harus ditangani khusus. Geotekstil sebagai salah satu alternatif penanganan stabilitas timbunan yang populer digunakan untuk konstruksi timbunan. Banyaknya jenis geotekstil, memerlukan perhitungan dan analisis dalam menentukan jenis geotekstil yang sesuai dengan karakteristik tanah dasar dan konstruksi timbunan. Analisis stabilitas timbunan pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan bantuan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2 dengan menggunakan metode Mohr-Coulomb sebagai dasar perhitungan. Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan geotekstil baik itu jenis woven, non woven ataupun geogrid dapat meningkatkan faktor keamanan (Safety Factor) serta mempercepat waktu konsolidasi. Akan terjadi konsolidasi sekunder akibat dari penyesuaian plastis butiran tanah dengan geotekstil. Presentase tegangan yang ideal untuk geotekstil agar cocok digunakan adalah sebesar 56.957% - 37.194%.

Kata kunci: Timbunan, Faktor Keamanan, Potensi Longsor, Geotekstil, PLAXIS

1. Pendahuluan

Infrastruktur merupakan sarana untuk pengembangan transportasi, peningkatan stabilitas ekonomi dan pengembangan wilayah di Indonesia, dalam upaya pemenuhan kebutuhan tersebut, saat ini pembangunan infrastruktur khususnya jalan terus dikembangkan dan ditingkatkan, agar tercapainya pemerataan ekonomi diseluruh Indonesia. Kegiatan konstruksi pada pembangunan infrastruktur jalan tidak pernah lepas dari pekerjaan tanah yang terkadang menjadi kendala, perbedaan kontur pada lokasi pembangunan memaksa adanya kegiatan galian dan timbunan (*cut and fill*). Berarti dapat dikatakan kegiatan konstruksi sangat erat kaitannya dengan bidang geoteknik. Timbunan dan galian menjadi hal yang menarik untuk dikaji lebih dalam karena timbunan dapat mempunyai karakteristik seperti lereng yang mempunyai faktor aman (*safety factor*) tertentu dan harus dengan penanganan khusus. Ferra Fahriani (2016), mengatakan ketinggian timbunan sangat mempengaruhi kestabilan timbunan, ini disebabkan oleh adanya penambahan beban akibat bertambahnya massa timbunan itu sendiri.

Analisis sangat diperlukan dalam pekerjaan timbunan jalan, karena tanah timbunan harus mempunyai stabilitas terhadap kelongsoran dan mampu menopang beban lalu lintas yang disalurkan oleh perkerasan, serta diharapkan tidak terjadi penurunan karena tanah timbunan yang mempunyai kekuatan dan stabilitas yang rendah serta rentan mengalami penurunan akan mengakibatkan perkerasan jalan mudah mengalami gelombang dan kerusakan. Suryadi Muhammad (2015), mengatakan timbunan tanpa menggunakan perkuatan lebih rentan terhadap kelongsoran dan nilai *safety factor* (SF) dibawah standar yang diharapkan. Salah satu alternatif untuk menstabilkan timbunan adalah dengan menggunakan geotekstil.

Hardiyatmo (2013), mengatakan geotekstil berfungsi sebagai pemisah antara timbunan dan tanah dasar, maka geotekstil dapat berfungsi sebagai penstabil timbunan, dengan adanya geotekstil integritas struktur timbunan lebih terjaga, sehingga beban timbunan disebarkan ke area yang lebih luas dan geotekstil dianggap dapat mengurangi tekanan ke tanah dibawahnya. Namun penelitian terkait pemilihan geotekstil yang sesuai dengan karakteristik dan konstruksi timbunan masih sedikit ditemukan. Oleh karena itu penelitian kali ini akan membahas tentang stabilitas timbunan jalan yang diperkuat oleh geotekstil dengan menggunakan bantuan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2, serta rekomendasi jenis geotekstil apa saja yang sesuai dengan karakteristik tanah dasar timbunan berdasarkan *safety factor* (SF), konsolidasi, penurunan (*vertical displacement*), potensi longsor (*horizontal displacement*) dan perilaku geotekstil.

2. Metode Penelitian

Terdapat tiga tahapan dalam penelitian ini yaitu, tahapan pertama adalah pengumpulan data, tahap kedua yaitu analisis data, dan tahap ketiga yaitu penarikan kesimpulan. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini berupa data sekunder diantaranya data penyelidikan tanah asli yang meliputi pengujian *standard penetration test* (SPT) dan penyelidikan laboratorium. Data konstruksi timbunan, data parameter geotekstil, serta data beban lalu lintas dan beban gempa. Lokasi penelitian ini berada di Jalan Tol Kayu Agung Palembang Betung STA 49+500.

2.1 Profil Tanah

Jalan Tol Kayu Agung Palembang Betung ini mayoritas mempunyai klasifikasi tanah lempung dan lanau yang diakibatkan oleh lokasi Jalan tol tersebut yang sebagian besar merupakan rawa. Berikut merupakan profil lapisan tanah asli untuk STA 49+500:

Tabel 1 Profil Lapisan Tanah Asli

Kedalaman (m)	NSPT	Klasifikasi	γ_{Sat} (kN/m ³)	γ_{Unsat} (kN/m ³)	Cu (kN/m ³)	ϕ (°)
0-6	1,00	<i>Silty Clay</i>	15,54	8,53	18,90	3,77
6-15	6,00	<i>Clayey Silt</i>	17,70	12,05	40,05	2,70
15-21	3,00	<i>Clayey Silt</i>	16,48	10,07	37,50	2,43
21-27	6,00	<i>Clayey Silt</i>	18,08	13,01	41,70	3,05
27-30	28,00	<i>Clay</i>	20,00	15,00	58,40	3,25

Selain profil lapisan tanah asli pada STA 49+500 yang merupakan timbunan setinggi 5 meter ini terdapat parameter tanah timbunan sebagai berikut:

Tabel 2 Parameter Tanah Timbunan

Jenis Tanah	γ_{Sat} (kN/m ³)	γ_{Unsat} (kN/m ³)	Cu (kN/m ³)	ϕ (°)
Timbunan Tak Terendam	18,08	16,807	16,56	2,71
Timbunan Terendam	18,08	16,807	5,00	1,86

2.2 Parameter Geotekstil

Nilai *normal stiffness* atau kuat Tarik (EA) pada geotekstil tergantung kepada bahan baku pembuatan geotekstil itu sendiri, pada penelitian kali ini terdapat tiga jenis geotekstil yang digunakan, geotekstil tersebut mempunyai kekuatan berbeda-beda dan bervariasi diantaranya:

Tabel 3 Nilai Parameter Geotekstil

Jenis Geotekstil	Nama Produk	Type	Strength (kN/m)	Strain (%)	Normal Stiffness / EA(kN/m)
Geotekstil <i>Non-woven</i>	Polyfelt® KET	KET 9	9,5	40	23,750
		KET 28	28	50	56,000
	Polyfelt® TS	TS 80	28	80	35,000
	Mirafi® PET	PET 800-50	360	10	3600,000
Geotekstil <i>Woven</i>	Mirafi® PP	PP 100S	35	15	233,333
		PP 200-40	95	15	633,333
	Miragrid® GX	GX 100/30	100	10	1000,000
Geogrid	Miragrid® GX - Uniaksial	GX 400/30	400	10,5	3809,524
		Miragrid® GX - Biaksial	GX 80/80	80	10,5

Sumber: PT. TenCate *Geosynthetics*, 2019

2.3 Analisis Perkuatan Timbunan

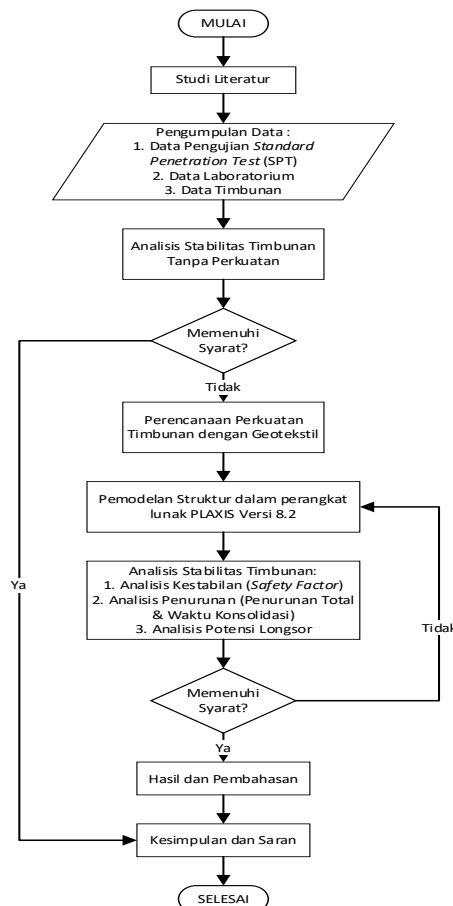
Tahap analisis dimulai dengan mendeskripsikan masing-masing lapisan tanah asli dan timbunan serta beban, dilanjutkan dengan perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2, Penggunaan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2 ini bertujuan untuk mendapatkan hasil berupa penurunan atau *vertical displacement*, potensi longsor atau *horizontal displacement*, waktu konsolidasi, faktor keamanan atau *safety factor* dan gaya aksial yang berpengaruh pada perilaku geotekstil tersebut. Nilai-nilai tersebut diharapkan dapat menggambarkan kondisi konstruksi timbunan yang sebenarnya, baik menggunakan perkuatan geotekstil maupun tidak.

Metode perhitungan yang digunakan adalah *Mohr Columb*, metode ini menggunakan pendekatan awal terhadap perilaku tanah secara umum, seperti: *modulus young* (E), angka poisson (ν), kohesi (c), sudut geser (ϕ) dan sudut dilatasi (ψ). Berikut ini merupakan tahapan perhitungan (*phase*) menggunakan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2:

Tabel 4 Tahapan Analisis dalam Perangkat Lunak PLAXIS Versi 8.2

<i>Phase</i>	<i>Keterangan</i>
Kondisi Awal	Tanah dalam kondisi awal sebelum terbebani oleh timbunan
Penimbunan Lapisan 1	Tanah dasar mendapatkan beban berupa timbunan setinggi 1 meter
Penimbunan Lapisan 2	Lapisan timbunan kedua dibebankan setinggi 1 meter.
Penimbunan Lapisan 3	Lapisan timbunan ketiga dibebankan setinggi 1 meter.
Penimbunan Lapisan 4	Lapisan timbunan keempat dibebankan setinggi 1 meter.
Penimbunan Lapisan 5	Lapisan timbunan kelima dibebankan setinggi 1 meter
Penambahan Beban diatas Timbunan	Pada tahap ini diberikan beban merata (q) yang merupakan kombinasi beban lalu lintas, beban perkerasan dan beban gempa.
Konsolidasi	Perhitungan konsolidasi dilakukan untuk tiap-tiap lapisan timbunan.
Konsolidasi Maksimum	Pada tahap ini dilakukan konsolidasi sampai <i>minimum pore pressure</i> tercapai yaitu $P=1$.
Phi-c (Faktor keamanan)	Faktor keamanan ini dilakukan untuk tiap-tiap lapisan timbunan.
Phi-c Maksimum	Faktor Keamanan ini di dapat setelah tahap pembangunan selesai.
Simulasi Gempa	Pada tahap ini dimasukan <i>Time interval</i> sebesar 4 detik.

Adapun diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1,



Gambar 1 Bagan Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembebanan

Beban yang diberikan pada timbunan jalan raya terdiri dari beban lalu lintas sebagai beban hidup atau *Live Load* (LL) dan beban perkerasan rigid sebagai beban mati atau *Dead Load* (DL). Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik serta Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geotekstil yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga, beban lalu lintas (*Live Load*) yang digunakan untuk analisis stabilitas pada timbunan dibagi menurut kelas dan fungsi jalan. Untuk jalan tol yang termasuk kelas jalan I dan mempunyai fungsi sebagai jalan Primer dengan sistem jaringan arteri maka beban lalu lintas yang harus diperhatikan adalah sebesar 15 kN/m². Beban lalu lintas rencana ini diterapkan dengan tujuan agar konstruksi timbunan mampu menerima beban selama masa layan jalan tol. Selain beban hidup, beban perkerasan ditambahkan sebagai beban mati, dibawah ini adalah detail perhitungan beban perkerasan rigid (*Dead Load*):

$$\begin{aligned} \text{Tebal perkerasan} &= 31 \text{ cm} = 0,31 \text{ m} \\ \gamma \text{ Beton} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, berat perkerasan rigid per m² adalah $0,31 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 744 \text{ kg/m}^2 = 7,44 \text{ kN/m}^2$, Kedua beban tersebut dikombinasikan menjadi satu beban merata yang dijadikan sebagai input dalam analisis dengan menggunakan elemen hingga, berikut merupakan perhitungan kombinasi pembebanan:

$$\text{Beban Hidup (LL) + Beban Mati (DL)} = 15 \text{ kN/m}^2 + 7,44 \text{ kN/m}^2 = 22,44 \text{ kN/m}^2$$

Beban gempa juga ditambahkan dalam struktur timbunan dalam analisis numeris menggunakan PLAXIS Versi 8.2, hal ini digunakan untuk memberikan prediksi deformasi tanah secara numeris ketika diberi beban gempa. Besaran percepatan gempa yang diberikan pada analisis numeris dengan didasarkan pada zonasi gempa di lokasi penelitian yaitu daerah Kayu Agung – Palembang - Betung dengan percepatan gempa (SA) sebesar 0,15 – 0,2 g, serta memiliki puncak 0,49 g dengan waktu puncak dari 0,162 detik sampai 0,82 detik untuk tanah lunak dan berangsur-angsur turun, maka waktu interval gempa yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebesar 4 detik dengan anggapan telah melewati percepatan puncak.

3.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tanah Dasar

Perhitungan kapasitas daya dukung tanah untuk mengetahui daya dukung ultimit, perhitungan faktor keamanan tanah dasar dengan dan tanpa menggunakan perkuatan geotekstil. Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas daya dukung tanah dasar untuk Timbunan STA 49+500:

3.2.1 Perhitungan Daya Dukung Ultimit

Rumusan perhitungan daya dukung ultimit tanah timbunan adalah $q_{ult} = c_u N_c$, dimana q_{ult} merupakan kapasitas daya dukung ultimit (kN/m²), c_u adalah Kuat geser tak terdrainase/*undrained* (kN/m²), N_c adalah faktor daya dukung dengan rumusan $5,14 + 0,5 B/D$. sementara B merupakan lebar dasar timbunan (m), dan D merupakan ketebalan rata-rata tanah lunak (m). Maka hasil dari perhitungan daya dukung ultimit adalah:

$$N_c = 5,14 + 0,5 B/D = 5,14 + 0,5 \times 51/6 = 9,39.$$

$$q_{ult} = c_u N_c = 18,9 \times 9,39 = 177,471 \text{ kN/m}^2.$$

3.2.2 Perhitungan Faktor Keamanan dengan Kondisi Tanpa Geotekstil

Rumusan perhitungan faktor keamanan dengan kondisi tanpa geotekstil adalah P_{max} , dimana P_{max} merupakan beban maksimal (kN/m^2), γ_m adalah berat isi tanah timbunan (kN/m^3), H adalah tinggi timbunan (m), q adalah beban merata (kN/m^2) dan D merupakan ketebalan rata-rata tanah lunak (m). Maka hasil dari perhitungan faktor keamanan dengan kondisi tanpa geotekstil adalah:

$$P_{max} = \gamma_m H + q = 18,08 \times 5 + 22,44 = 112,84 \text{ kN/m}^2$$

$$FK_u = \frac{q_{ult}}{P_{max}} = \frac{177,471}{112,84} = 1,573$$

3.2.3 Perhitungan Faktor Keamanan dengan Kondisi Perkuatan Geotekstil

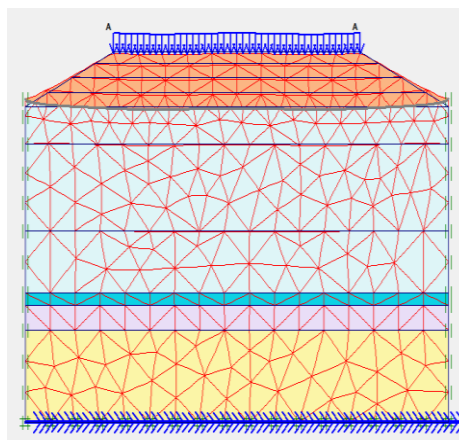
Rumusan perhitungan faktor keamanan dengan kondisi perkuatan geotekstil adalah $P_{avg} = \frac{A_g \gamma_m + qW}{B}$, dimana P_{avg} merupakan beban maksimum pada kondisi dengan geotekstil (kN/m^2), A_g merupakan luas penampang melintang timbunan (m^2), q merupakan beban merata (kN/m^2), W merupakan lebar puncak timbunan (m) dan B merupakan lebar dasar timbunan (m). Maka hasil perhitungan faktor keamanan dengan kondisi perkuatan geotekstil adalah:

$$P_{avg} = \frac{A_g \gamma_m + qW}{B} = \frac{(190 \times 18,08) + (22,44 \times 25)}{51} = 78,357 \text{ kN/m}^2$$

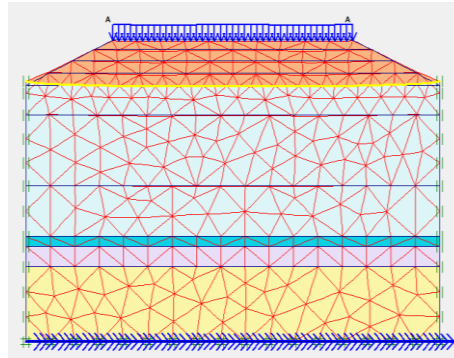
$$FK_R = \frac{q_{ult}}{P_{avg}} = \frac{177,471}{78,357} = 2,265$$

3.3 Analisis Stabilitas Timbunan dengan Metode Hingga

Timbunan STA 49+500 merupakan timbunan dengan tinggi 5 meter dengan komposisi tanah asli *sandy silt*, *silt clay*, *silt*, *clay* dan *sand*. Tahap analisis dimulai dengan mendeskripsikan masing-masing lapisan tanah asli dan timbunan serta beban, dilanjutkan dengan perhitungan konsolidasi, dan perhitungan *safety factor*. Selanjutnya tahap analisis diulangi untuk tahapan timbunan dengan menggunakan perkuatan. Gambaran pemodelan Timbunan dalam perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2 dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3,



Gambar 2 Pemodelan Timbunan Tanpa Perkuatan



Gambar 3 Pemodelan Timbunan Tanpa dengan Perkuatan Geotekstil

3.3.1 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan untuk stabilitas timbunan menurut SNI 8460:2017 adalah minimal sebesar 1,5 sedangkan pada timbunan STA 49+500 ini faktor keamanan akhir yang didapat hanya sebesar 1,407 artinya timbunan tersebut membutuhkan perkuatan. Berikut merupakan hasil perhitungan Faktor Keamanan Timbunan STA 49+500:

Tabel 5 Hasil Perhitungan Faktor Keamanan

Perkuatan	<i>Safety Factor (SF)</i> Perlapisan					<i>Safety Factor (SF)</i> Akhir
	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Lapisan 4	Lapisan 5	
Tanpa Perkuatan		4,053	2,750	2,094	1,318	1,407
<i>Non Woven</i> KET9	8,398	4,153	3,415	2,647	1,507	1,773
<i>Non Woven</i> TS80	8,398	4,153	3,415	2,647	1,507	1,844
<i>Non Woven</i> KET28	10,205	4,153	3,415	2,647	1,511	1,945
<i>Woven</i> PP 100S	10,260	5,290	3,402	2,648	1,513	2,227
<i>Woven</i> PP 200-40	10,251	5,042	3,402	2,667	1,523	2,487
<i>Woven</i> PET 800-50	10,260	5,065	3,677	2,667	1,533	2,487
Geogrid GX80/80	10,231	5,303	3,416	2,667	1,523	2,523
Geogrid GX100/30	10,307	5,309	3,416	2,667	1,523	2,511
Geogrid GX400/30	10,276	5,065	3,661	2,667	1,534	2,466

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa tinggi lapisan timbunan mempengaruhi *safety factor* (SF) perlapisan atau stabilitas internal timbunan ini disebabkan oleh semakin tinggi lapisan timbunan maka semakin banyak pula bidang longsor pada timbunan tersebut yang mengakibatkan faktor keamanan atau stabilitas timbunan tersebut berkurang. Serta dengan memperhatikan *safety factor* (SF) akhir diatas, penggunaan geotekstil baik itu *non-woven*, *woven* atau geogrid berpengaruh (meningkatkan) terhadap nilai faktor keamanan. Jenis geotekstil yang bervariasi sesuai dengan jenis bahannya memberikan peningkatan faktor keamanan yang bervariasi dalam hasil perhitungan tersebut yaitu sebesar 12,43% sampai 59,96%. Semua jenis geotekstil dapat memenuhi faktor keamanan minimal sebesar 1,5.

3.3.2 Penurunan Tanah Dasar Timbunan (*Vertical Displacement*)

Tabel 6 merupakan hasil perhitungan Penurunan Tanah Dasar Timbunan STA 49+500 (*Vertical Displacement*) dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2:

**Tabel 6 Hasil Perhitungan Penurunan Tanah Perlapisan
Safety Factor (SF) Perlapisan**

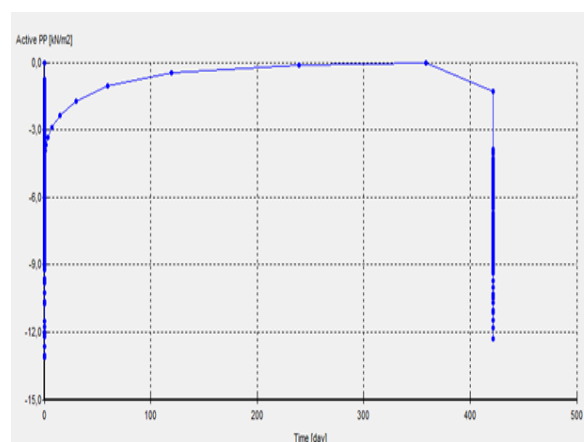
Perkuatan	Safety Factor (SF) Perlapisan				
	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Lapisan 4	Lapisan 5
Tanpa Perkuatan	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Non Woven KET9	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Non Woven TS80	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Non Woven KET28	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Woven PP 100S	0,005	0,017	0,032	0,049	0,109
Woven PP 200-40	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Woven PET 800-50	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Geogrid GX80/80	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Geogrid GX100/30	0,005	0,017	0,032	0,049	0,110
Geogrid GX400/30	0,005	0,017	0,032	0,049	0,109

Berdasarkan Tabel 6 diatas tidak terjadi pengaruh yang signifikan ketika tanah timbunan diberi berkuatan geotekstil maupun tidak. Begitupun dengan penurunan total yang terjadi seperti yang dapat dilihat dari Tabel 7 berikut ini,

Tabel 7 Hasil Perhitungan Vertical Displacement

Perkuatan	Vertical Displacement	Waktu
	(Penurunan) (m)	Konsolidasi (hari)
Tanpa Perkuatan	0,26693	473,491
Non Woven KET9	0,26693	471,745
Non Woven TS80	0,26693	471,756
Non Woven KET28	0,26693	471,775
Woven PP 100S	0,26695	421,799
Woven PP 200-40	0,26704	394,761
Woven PET 800-50	0,26704	370,209
Geogrid GX80/80	0,26699	378,873
Geogrid GX100/30	0,26700	369,991
Geogrid GX400/30	0,26705	359,787

Pada akhir konsolidasi primer yaitu setelah tekanan air pori sama dengan nol, penurunan masih dapat terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran tanah. Tahap konsolidasi ini dinamakan konsolidasi sekunder (*secondary consolidation*) seperti yang terjadi pada Timbunan STA 49+500 ini. Grafik hubungan antara tekanan air pori dan waktu konsolidasi ditunjukkan pada Gambar 4,



Gambar 4 Grafik Hubungan Tekanan Air Pori dan Waktu Konsolidasi

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa tekanan air pori bersifat negatif pada awal terjadinya konsolidasi, ini dikarenakan adanya penambahan beban baik itu beban timbunannya sendiri maupun beban lalu lintas yang berada diatas timbunan tersebut (terjadinya penurunan segera). Selama terjadinya konsolidasi tekanan air pori berangsur-angsur menjadi positif (mendekati nol) ini dikarenakan butiran tanah yang sebelumnya terisi oleh air mengalami rekatan satu sama lain yang mengakibatkan terjadinya penurunan. Tekanan air pori mengalami nilai maksimal ketika waktu konsolidasi 359,787 – 473,49 hari.

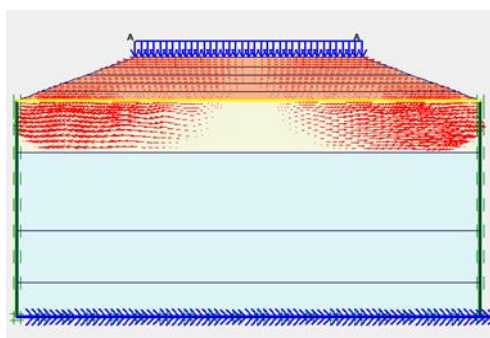
3.3.3 Potensi Longsor (*Horizontal Displacement*)

Berikut merupakan hasil perhitungan potensi longsor (*Horizontal Displacement*) dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2:

Tabel 8 Hasil Perhitungan Potensi Longsor

Perkuatan	<i>Horizontal Displacement (Potensi Longsor) (m)</i>
Tanpa Perkuatan	0,02637
<i>Non Woven</i> KET9	0,02659
<i>Non Woven</i> TS80	0,02659
<i>Non Woven</i> KET28	0,02658
<i>Woven</i> PP 100S	0,02653
<i>Woven</i> PP 200-40	0,02565
<i>Woven</i> PET 800-50	0,02565
Geogrid GX80/80	0,02639
Geogrid GX100/30	0,02633
Geogrid GX400/30	0,02562

Berdasarkan hasil perhitungan potensi longsor diatas tidak terjadi pengaruh yang signifikan ketika tanah timbunan diberi perkuatan geotekstil ataupun tidak. Ini terjadi karena hasil perhitungan *horizontal displacement* berbanding lurus dengan *vertical displacement*.



Gambar 5 *Horizontal Displacement*

Berdasarkan Gambar 5 diatas, Timbunan STA 49+500 tidak mengalami kelongsoran setelah menggunakan geotekstil, dapat dilihat dari posisi bidang longsor disisi kanan dan kiri timbunan ini tidak mengalami *horizontal displacement*, maka dapat disimpulkan bahwa pemasangan geotekstil pada Timbunan STA 49+500 ini sudah sesuai serta tidak terjadi longsor yang diakibatkan kesalahan pemasangan geotekstil.

3.3.4 Perilaku Geotekstil

Berikut merupakan hasil perhitungan perilaku geotekstil pada Timbunan STA 49+500 dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2:



Gambar 6 Gaya Aksial yang Terjadi pada Geotekstil

Berdasarkan gambar 6 diatas, geotekstil mengalami momen positif ketika mendapatkan beban vertikal yang berupa beban timbunan, beban lalu lintas dan beban perkerasan jalan, gambar diatas merupakan gaya aksial yang terjadi pada geotekstil woven PET 800-50 dan momen yang terjadi sebesar 409,400 kN/m dengan presentase tegangan yang terjadi 11,372%. Dengan melihat momen gaya serta presentase tegangan yang terjadi pada geotekstil tersebut dapat disimpulkan bahwa geotekstil woven PET 800-50 aman untuk digunakan, berikut ini merupakan hasil perhitungan gaya aksial untuk geotekstil jenis yang lainnya:

Tabel 9 Hasil Perhitungan Gaya Aksial

Perkuatan	EA (kN/m)	Gaya Aksial (kN/m)	Presentase Tegangan yang Terjadi (%)
Non Woven KET9	23,750	102,520	431,663
Non Woven TS80	35,000	132,860	379,600
Non Woven KET28	56,000	171,310	305,911
Woven PP 100S	233,333	270,370	115,873
Woven PP 200-40	633,333	360,730	56,957
Woven PET 800-50	3600,000	409,400	11,372
Geogrid GX80/80	761,905	364,210	47,803
Geogrid GX100/30	1000,000	371,940	37,194
Geogrid GX400/30	3809,524	401,270	10,533

Berdasarkan Tabel 9 diatas, gaya aksial yang diterima oleh geotekstil bervariasi sesuai dengan nilai kuat Tarik (EA) dari masing-masing jenis geotekstil tersebut. Semakin besar nilai kuat tarik maka semakin besar gaya aksial yang terjadi pada geotekstil tersebut. Namun pada geotekstil *non woven* KET9, TS80, KET28 dan *Woven* PP100S ini mengalami gaya aksial yang melebihi kuat tarik geotekstil itu sendiri artinya keempat geotekstil tersebut mengalami regangan yang sangat besar, sehingga geotekstil tersebut kurang cocok untuk digunakan pada Timbunan STA 49+500 ini. Pada geotekstil woven PET800-50 dan geogrid GX400/30 presentase tegangan yang terjadi pada geotekstil hanya 11,372% dan 10,533% artinya geotekstil tersebut aman namun kurang cocok digunakan karena gaya aksial yang terjadi jauh lebih kecil dibandingkan kuat ijin tarik geotekstil tersebut. Dan pada geotekstil woven PP 200-40, geogrid GX80/80 dan geogrid GX100/30 presentase tegangan yang terjadi 56,957%, 47,803% dan 37,194 ini merupakan tegangan yang ideal terjadi, sehingga ketiga geotekstil inilah yang paling cocok digunakan untuk Timbunan STA 49+500 ini.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dengan menggunakan geotekstil baik itu jenis *woven*, *non woven* ataupun geogrid terjadi peningkatan faktor keamanan (*Safety Factor*) serta mempercepat waktu konsolidasi. Namun penggunaan geotekstil tidak mempengaruhi nilai *Vertical Displacement* (penurunan) dan *Horizontal Displacement* (potensi longsor) pada timbunan. Pemilihan geotekstil yang sesuai dengan timbunan dapat dilihat dengan melihat presentase tegangan yang terjadi pada geotekstil, selama gaya aksial yang terjadi tidak melebihi tegangan izin tarik (EA) maka geotekstil tersebut dapat digunakan untuk timbunan. Namun terdapat tiga geotekstil yang mempunyai presentase tegangan yang ideal dan cocok digunakan untuk timbunan STA 49+500 diantaranya geotekstil jenis woven PP200-40 serta geotekstil jenis geogrid GX80/80 dan geogrid GX100/80.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2017, Tentang Perencanaan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017), BSNI, Jakarta.
- Braja M, Das, and Nagaratnam Sivakugan. 2017. *Fundamentals of Geotechnical Engineering : Fifth Edition*. Cengage Learning: Stamford.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2009. PEDOMAN: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik (No.003/BM/2009), Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Teknik, Direktorat Bina Teknik, Jakarta
- E.M. Da Silva, dkk. 2017. *The Effect of Geotextile Reinforcement and Prefabricated Vertical Drain on The Stability and Settlement of Embankments*. Faro, Portugal: *Geotextiles and Geomembranes An official Journal Of The International Geosynthetics Society*, Nomor 2 Volume 45, Hal 447-461.
- Fahriani, Ferra. 2016. *Analisis Pengaruh Ketinggian Timbunan Terhadap Kestabilan Lereng*. Bangka Belitung: Jurnal Fropil, Nomor 1 Volume 4 – Januari s.d Juni 2016, Hal 39-48.
- Fahriani, Ferra. 2016. *Analisis Stabilitas Tanah Timbunan dengan Perkuatan Sabut*. Bangka Belitung: Jurnal Fropil, Nomor 2 Volume 4 – Juli s.d Desember 2016, Hal 115-125.
- Filho, Joao Alexandra Paschoalin, dkk. 2013. *Study of The Behavior of A Reinforced Embankment Supported On Alluvial Soft Soil*. Sao Paulo, Brazil: Acta Scientiarum Technology, Nomor 4 Volume 35 – Oktober 2013, Hal: 661-668.
- Gazali, Akhmad. 2019. *Analisis Penanggulangan Longsoran pada Tepi Timbunan Jalan Menggunakan Perkuatan Dinding Turap Galam di Daerah Rawa Kabupaten Barito Kuala*. Banjarmasin. Seminar Nasional Tahunan VI Program Studi Magister Teknik Sipil ULM, Oktober 2019, Hal: 119 – 128.
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 2013. *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya, Perancangan dan Aplikasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Hardiyatmo, Hary Cristady. 2015. Analisis dan Perancangan Fondasi II. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Jigisha, M. Vashi, dkk. 2013. *Analysis of Geotextile Reinforced Embankment on Difficult Subsoil Condition*. Gujarat, India : *International Journal of Scientific & Engineering, Volume 4 Issue 5* – Mei 2013, Hal 41-44.
- Nawir, Hasbullah, dkk. 2012. *Prediksi Penurunan Tanah Menggunakan Prosedur Observasi Asaoka Studi Kasus: Timbunan di Bontang, Kalimantan Timur*. Bandung: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, Nomor 2 Volume 19 – Agustus 2012, Hal 133-148.
- Suryadi, Muhamad Lukiyana, dkk. 2015. *Analisis Stabilitas Pada Tanah Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil Dikombinasikan Dengan Dinding Penahan Tanah Di Ruas Jalan Tol Cisumdawu*. Bandung: Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Nomor 10 Volume 20 – Juli 2015, Hal: 1-12.
- Uyun, Nurul Nisaqolifatul, dkk. 2017. *Analisa Stabilitas Timbunan Jalan Berdasarkan Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol, Paket 3A STA 40+950 – 42+200: Ruas Porong – Gempol*. Surabaya: Jurnal Teknik ITS, Nomor 2 Volume 6- 2017, Hal: 262-266.
- Wicaksono, Aditya Daniar, dkk. 2017. *Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Stabilitas Timbunan Jalan Tol Pasuruan-Grati STA 30+100 s.d STA 31+500*. Surabaya: Jurnal Teknik ITS, Nomor 2 Volume 6- 2017, Hal: 72-75.
- Wahyu M, Raden Indra, dkk. 2016. *Pemodelan Vertical Drain Dengan Menggunakan Model Elemen Hingga Pada Analisis Konsolidasi Di Bendungan Marangkayu Kalimantan Timur*. Bandung: Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Nomor 3 Volume 2- September 2016.