

Pemodelan lereng timbunan dengan perkuatan geosintetik menggunakan metode kesetimbangan batas

Fakhrun Naufal Amin¹, Hanindya Kusuma Artati², Anisa Nur Amalina²

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

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

Article Info

Available online

Keywords:

Stability
Geotextile
Settlement
SIGMA/W
SLOPE/W

Abstract

The Balikpapan-Samarinda Toll Road project is located in East Kalimantan Province. The project site consists of soft soil, which presents a potential risk of soil. To mitigate and eliminate this risk, it is essential to analyze the slope stability of the embankment constructed on the soft soil. The stability analysis of the embankment slope is conducted using the SLOPE/W Geostudio 2018 software, employing the limit equilibrium method. The modelling and analysis process focuses on both the left and right sides of the embankment slope due to the asymmetric shape of the slope's base. The stability analysis involves considering various loading conditions, such as traffic loads and structural loads with and without seismic loads. According to the analysis results obtained using SLOPE/W Geostudio 2018 R2, the embankment slope, with a height of 7,35 m, exhibits SoF values that satisfy the required criteria in different loading combinations. For the left side, the SoF value is 1,498 when considering traffic and structural loads without seismic loads, and 1,311 when factoring in seismic loads. On the right side, the SoF values are 1,842 when considering traffic and structural loads without seismic loads, and 1,632 when factoring in seismic loads. While the embankment slope on the right side meets the required safety of factor ($SoF > 1,5$), the left side necessitates reinforcement using geotextiles. By implementing geotextiles with an ultimate tensile strength of 55 kN/m, the left embankment slope achieves a SoF value of 1,506, satisfying the required criteria.

Corresponding Author:

Hanindya Kusuma Artati
hanindya@uii.ac.id

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Permasalahan yang berhubungan dengan geoteknik menjadi hal yang sering kita temui di sekeliling kita. Salah satunya adalah kelongsoran yang terjadi pada lereng atau tebing di jalan raya. Banyak faktor yang menjadi penyebab terjadinya longsor seperti bencana alam, beban lalu lintas yang berlebihan karena kendaraan yang *over-dimension* dan *overload*, maupun beban dari berat tanah dan kondisi tanah itu sendiri.

Kondisi tanah sangat beragam dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Seperti yang

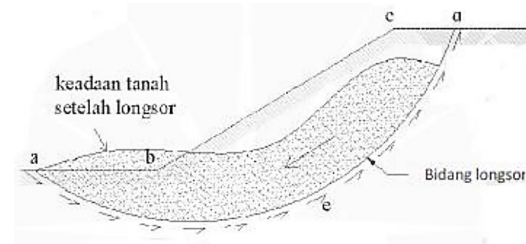
terdapat pada proyek Jalan Tol Balikpapan-Samarinda di Provinsi Kalimantan Timur. Khususnya pada STA 2+100 yang memiliki kondisi tanah yang lunak. Kondisi tanah seperti itu sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng timbunan yang berisiko mengakibatkan penurunan pada tanah (*settlement*) dan longsor. Untuk meminimalisir risiko yang terjadi, tingkat keamanan lereng timbunan harus diperhatikan. Beberapa faktor yang mempengaruhinya adalah faktor parameter tanah, tinggi tanah, kemiringan tanah, dan beban yang bekerja pada tanah itu sendiri.

Banyak usaha yang dapat dilakukan dalam mengatasi permasalahan yang sudah dijelaskan di atas. Salah-satunya adalah dengan cara melakukan perkuatan lereng timbunan menggunakan geotekstil. Tentunya, perlu dilakukan analisis stabilitas lereng terlebih dahulu sebelum dilakukan perkuatan menggunakan geotekstil. Perkuatan dengan geotekstil merupakan suatu metode yang dilakukan dalam geoteknik untuk meningkatkan kestabilan tanah dengan menggunakan bahan sintesis polimer yaitu geosintetik. Dalam menganalisis stabilitas lereng timbunan dapat dilakukan pemodelan terlebih dahulu dengan menggunakan program aplikasi Geostudio 2018 R2 dengan tujuan untuk mengetahui kestabilan lereng timbunan pada kondisi eksisting serta melakukan perhitungan perkuatan yang dibutuhkan untuk membuat lereng tersebut menjadi aman sesuai dengan nilai angka aman (SF) yang disyaratkan. Selain mencari nilai angka aman (SF) dan meningkatkan stabilitas lereng timbunan, penurunan langsung pada lereng timbunan juga akan dihitung pada lereng timbunan tersebut.

Tinjauan Pustaka
Stabilitas Lereng

Lereng adalah suatu tanah yang memiliki permukaan miring dan membentuk sudut tertentu pada suatu bidang datar dan tak terlindungi (Das, 1985). Secara umum, lereng tanah dibagi menjadi dua yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami terbentuk dengan proses alamiah tanpa adanya campur tangan manusia, biasanya ditemukan di daerah perbukitan. Sedangkan lereng buatan adalah lereng yang dibentuk oleh manusia. Kestabilan lereng perlu dijaga guna keselamatan pada masa kini dan masa depan. Kondisi permukaan tanah yang memiliki perbedaan ketinggian pada lereng akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja mendorong tanah sehingga tanah yang memiliki kedudukan lebih tinggi akan bergerak ke arah bawah yang memiliki **Perkuatan Geotekstil**

kedudukan lebih rendah. Gaya tersebut disebut sebagai gaya potensial gravitasi yang dapat menyebabkan terjadinya longsor. Longsor merupakan gerakan material penyusun lereng yang diakibatkan karena kegagalan geser. Material penyusun lereng (tanah) yang bergerak dapat menyatu maupun terpecah menjadi berbagai macam ukuran butiran. Menurut Hardiyatmo (2010), perpindahan material total sebelum terjadinya longsor bergantung pada besarnya regangan untuk mencapai kuat geser pada puncaknya dan pada tebal zona longornya. Longsor dapat dicegah apabila gaya dorong atau gaya yang menyebabkan longsor tidak melebihi gaya perlawanan (penahan) yang berasal dari tahanan geser tanah sepanjang bidang longornya seperti yang terdapat pada Gambar 1 berikut ini.

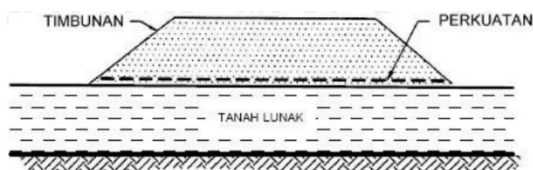


Gambar 1. Kelongsoran lereng
(Sumber: Hardiyatmo 2010)

Faktor Keamanan

Hardiyatmo (2010) menjelaskan bahwa tujuan dari analisis stabilitas yaitu untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Analisis stabilitas lereng umumnya berdasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas. Dalam analisis stabilitas suatu lereng, faktor keamanan (*safety factor*) menjadi parameter dari bidang longsor yang berpotensi terjadi kelongsoran. Mengacu pada SNI 8640-2017, nilai angka aman yang disyaratkan pada penelitian ini adalah 1,5 ($SF \geq 1,5$) dikarenakan pada penelitian ini kondisi tanah yang bervariasi dan kondisi geologi dapat dipahami serta logis terhadap kondisi di lapangan.

Pada penelitian ini, jenis perkuatan untuk stabilitas tanah bahan geosintetik yaitu geotekstil woven atau geotekstil yang pembuatannya dengan cara menganyam filamen atau pita hingga terbentuk lembaran. Spesifikasi kuat tarik geotekstil yang digunakan sebesar 55 kN yang diproduksi oleh PT. Inti Geoyek Pratama (IGP).



Gambar 2. Perkuatan lereng timbunan

Timbunan yang dikerjakan pada tanah lunak memiliki kecenderungan untuk bergerak ke arah lateral, hal tersebut dapat terjadi karena tekanan tanah horizontal yang bekerja pada timbunan tersebut. Tekanan ini menimbulkan tegangan geser pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah fondasi yang lunak tersebut agar tidak terjadi longsor atau keruntuhan. Sebab itu, dasar timbunan dapat dipasang geotekstil yang memiliki kuat tarik tinggi dengan harapan dapat meningkatkan nilai stabilitas timbunan. Dalam merencanakan perkuatan menggunakan geotekstil, terdapat gaya-gaya stabilitas yang perlu diperhitungkan. Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan mempunyai beberapa jenis analisis, yaitu analisis stabilitas eksternal dan analisis stabilitas internal. Stabilitas eksternal terdiri dari stabilitas terhadap geser, stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap eksentrisitas, dan kapasitas dukung tanah. Stabilitas internal terdiri dari stabilitas terhadap gaya-gaya panjang geotekstil overlapping dan panjang efektif geotekstil.

Adapun persamaan yang digunakan dalam menentukan kebutuhan geotekstil pada lereng timbunan sebagai berikut.

Koefisien tanah aktif:

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (1)$$

Jarak arah vertikal antar lapis geotekstil (S_v):

$$\sigma_{hc} = (q \times K_a) + (K_a \times H \times \gamma_b) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \quad (2)$$

Jumlah lapis geotekstil:

$$\text{Total lapis} = \frac{H}{S_v} \quad (3)$$

Stabilitas terhadap guling:

$$SF = \frac{\sum MR}{\sum MD} \quad (4)$$

Stabilitas terhadap geser:

$$SF = \frac{(q \times \tan \delta \times L) + (H \times \gamma_b \times \tan \delta \times L)}{(q \times K_a \times H) + (0,5 \times K_a \times \gamma_b \times H^2) - (2 \times c \times \sqrt{K_a \times H})} \quad (5)$$

Stabilitas terhadap eksentrisitas:

$$\frac{1}{6} \times L \geq e \quad (6)$$

Stabilitas terhadap daya dukung tanah:

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{(H \times \gamma_b) + q} \quad (7)$$

Panjang *overlapping* geotekstil (L_o):

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \phi} \quad (8)$$

Panjang *efektif* geotekstil (L_e):

$$L_e = \frac{SF \times S_v \times K_a \times \gamma_b \times H}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \phi} \quad (9)$$

Penurunan Tanah

Jika suatu lapisan tanah diberikan beban di atasnya, maka partikel tanah akan mengalami penambahan tegangan yang diakibatkan oleh beban yang bekerja di atasnya, sehingga tanah akan mengalami penurunan (*settlement*).

Immediate settlement atau penurunan langsung ini terjadi dalam kondisi *undrained* atau tidak adanya perubahan volume. Penurunan langsung terjadi dalam waktu yang singkat selama pelaksanaan konstruksi. Besarnya penurunan elastis ini bergantung pada besarnya modulus elastisitas kekakuan tanah dan beban timbunan di atas tanah asli. Pada penurunan tanah, parameter yang dibutuhkan untuk perhitungannya adalah *undrained modulus* dengan uji tanah yang diperlukan seperti SPT, sondir (*dutch cone penetration test*), dan *pressuremeter test*. Untuk perhitungan mencari penurunan tanah langsung dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 1 berikut ini.

$$S_i = \Delta\sigma \times B \times \frac{1-\mu_s^2}{E_s} \times I_p \quad (10)$$

S_i adalah Penurunan langsung (m), $\Delta\sigma$ adalah beban timbunan (kN/m^2), B adalah lebar dasar timbunan (m), E_s adalah modulus elastisitas tanah, μ_s adalah *poisson's ratio*, dan I_p adalah *non-dimensional influence factor*.

Tegangan tanah yang terjadi merupakan tegangan tanah terbagi merata berbentuk trapesium yang berasal dari timbunan. Dapat dirumuskan dengan Persamaan 2 berikut.

$$\Delta\sigma = q \times l \quad (11)$$

$\Delta\sigma$ adalah Penambahan Tegangan (kN/m^2), q adalah beban timbunan (kN/m^2), I_p adalah *non-dimensional influence factor*.

Nilai penurunan memiliki batasan tertentu dalam kriteria penurunannya. Mengacu pada SNI 8640-2017, penurunan izin untuk semua jenis struktur bawah adalah sebesar $< 15 \text{ cm} + b/600$ (b dalam satuan cm).

Geostudio 2018 R2

Nama penulis ditulis lengkap, tidak disingkat, tanpa gelar, Geostudio 2018 R2 adalah sebuah paket aplikasi untuk melakukan pemodelan geoteknik dan geolingkungan. Program aplikasi ini melingkupi *SLOPE/W*, *SEEP/W*, *SIGMA/W*, *QUAKE/W*, *TEMP/W* dan *CTRAN/W* yang saling terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk lainnya. Ada 2 jenis aplikasi dalam Geostudio 2018 R2 yang akan digunakan yaitu *SLOPE/W* dan *SIGMA/W*. *SLOPE / W* memiliki fungsi untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan serta dapat digunakan untuk menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai kondisi, seperti permukaan yang miring, tekanan pori-air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. *SIGMA/W* memiliki fungsi untuk memodelkan tegangan dan deformasi dalam tanah, batu, dan struktur.

Metode Penelitian

Data Penelitian

Pada penelitian ini, diperlukan beberapa data seperti data tanah, data beban kendaraan, data gempa, dan data geotekstil sebagai perkuatan. Data tanah yang didapatkan merupakan data tanah sekunder dimana sudah didapatkan lapisan-lapisan tanah beserta parameternya seperti pada Tabel 1 berikut.

Selain data tanah, didapatkan juga data gambar potongan melintang jalan dan parameter jalan yang dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa tinggi timbunan adalah 7,35 m dengan kemiringan lereng 2H:1V.

Beban perkerasan yang digunakan berdasarkan data sekunder adalah 10 kN/m^2 , sedangkan untuk beban lalu lintas menggunakan beban sebesar 15 kN/m^2 sesuai dengan kelas jalan tol Balikpapan-Samarinda yaitu jalan primer arteri. Untuk beban gempa sebesar 0,0603 sesuai dengan nilai PGA untuk wilayah Balikpapan. Geotekstil yang digunakan pada penelitian ini adalah geotekstil anyaman atau woven dengan kekuatan tarik ultimit sebesar 55 kN/m .

Prosedur Penelitian

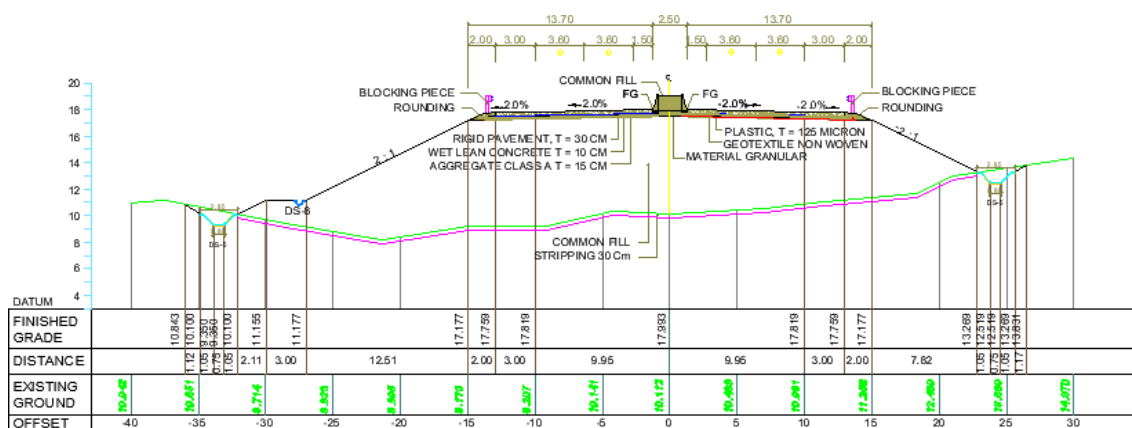
Penelitian ini dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan yang disusun secara berurutan. Tahapan ini meliputi tahap studi literatur, tahap pengumpulan data, tahap analisis data, tahap pembahasan dan tahap kesimpulan.

Tahap studi literatur merupakan tahapan untuk mencari dan mempelajari literatur yang terkait dengan topik penelitian. Tahapan pengumpulan data merupakan tahap yang dilakukan untuk mengumpulkan data baik data primer maupun data sekunder yang berkaitan dengan Proyek Tol Balikpapan-Samarinda STA 2+100.

Tahap analisis merupakan tahap yang terpenting dalam penelitian ini, dimulai dari

Tabel 1. Data parameter tanah

Nama	Satuan	Pasir Lunak Abu	Pasir	Lempung Kelanauan	Pasir Halus Padat	Timbunan Pilihan
Jenis	-	<i>Undrained</i>	<i>Drained</i>	<i>Undrained</i>	<i>Drained</i>	<i>Undrained</i>
γ_{unsat}	kN/m ³	13	13	15	19	17
γ_{sat}	kN/m ³	14	14	16	20	18
E	kN/m ²	2700	9280	3900	24000	25000
ν	-	0,25	0,3	0,25	0,3	0,3
c	kN/m ²	18	5	42	5	35
ϕ	°	2	32,96	5	46,83	10
Kedalaman	m	(0-8)	(8-9)	(9-18)	(18-25)	



Gambar 3. Potongan melintang jalan

menggunakan *SLOPE/W* Geostudio 2018 R2 serta memasukkan material tanahnya pada tiap lapisan tanah pada pemodelan. Pemodelan dibuat dengan dua tahap awal yaitu pemodelan lereng timbunan dengan beban lalu lintas dan tanpa perkuatan serta tanpa beban gempa, kemudian pemodelan lereng timbunan dengan beban lalu lintas dan beban perkerasan, serta mempertimbangkan beban gempa. Kemudian dilakukan analisis pada tiap pemodelan yang telah dibuat. Apabila telah memenuhi Nilai angka aman yang telah disyaratkan ($SF \geq 1,5$), maka akan langsung masuk ke hasil dan pembahasan. Namun, jika nilai angka aman belum memenuhi nilai angka aman yang disyaratkan, maka akan dilakukan perkuatan dengan menggunakan geotekstil. Panjang geotekstil harus dihitung terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhannya. Setelah didapatkan kebutuhan perkuatan geotekstil, selanjutnya adalah melakukan pemodelan Kembali dengan ditambahkan dengan perkuatan geotekstil dan dianalisis. Pemodelan di *SLOPE/W* Geostudio 2018 R2

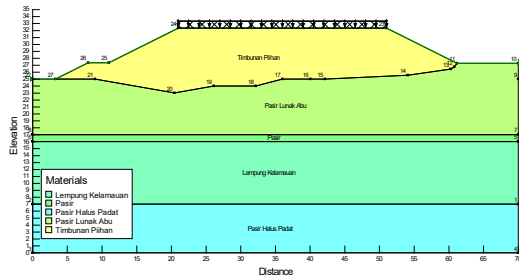
pada kondisi lereng dengan perkuatan dapat dilakukan berkali-kali sampai lereng timbunan mendapatkan nilai angka aman yang disyaratkan. Apabila sudah didapatkan nilai tersebut, maka dapat dilanjutkan dengan hasil dan pembahasan, hingga kesimpulan dan saran.

Hasil Penelitian

Stabilitas Lereng Timbunan

Pada analisis yang dilakukan menggunakan program aplikasi *SLOPE/W* Geostudio 2018 R2. Tahapan yang dilakukan pada analisis yaitu dimulai dengan pemodelan lereng pada aplikasi sesuai dengan geometri potongan melintang jalan tol Balikpapan – Samarinda Sta. 2+100, memasukkan data yang sudah ditentukan, kemudian dianalisis hingga keluar angka amannya (SF). Pada tahap ini, analisis yang dilakukan adalah mencari SF dari lereng timbunan tanpa perkuatan serta mencari bentuk bidang longsor dari lerengnya.

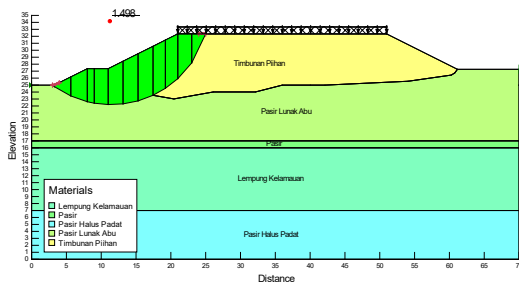
Pemodelan dilakukan sesuai dengan data yang telah didapatkan diperoleh yaitu data potongan lereng timbunan melintang dan data parameter tanah. Beban yang bekerja juga ditambahkan pada pemodelan yaitu beban merata sebesar 25 kN/m^2 , dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



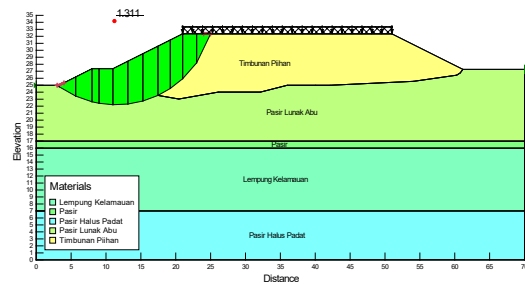
Gambar 4. Pemodelan lereng

Setelah semua parameter telah dimasukkan, dapat dijalankan analisis pada pemodelan lereng tersebut. Analisis dilakukan pada bagian lereng bagian kanan dan kiri, hal ini dikarenakan kondisi dasar lereng timbunan yang asimetris.

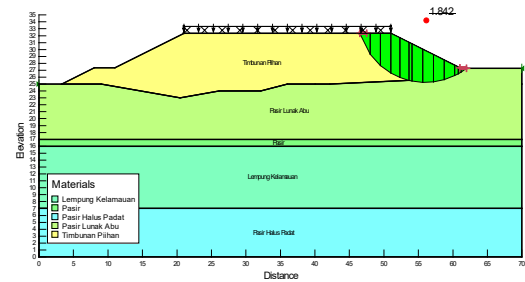
Setelah menganalisis lereng timbunan dengan kondisi tanpa beban gempa, selanjutnya adalah menganalisis lereng timbunan dengan mempertimbangkan beban gempa. Gambar 5 sampai Gambar 8 adalah hasil analisis yang telah dilakukan.



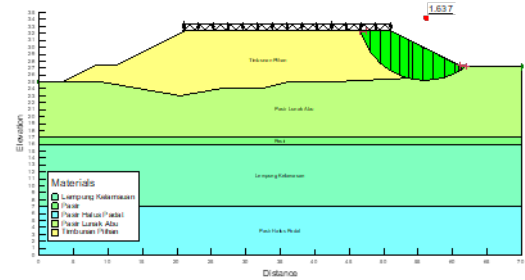
Gambar 5. Nilai SF bagian kiri tanpa beban gempa



Gambar 6. Nilai SF bagian kiri dengan beban gempa



Gambar 6. Nilai SF bagian kanan tanpa beban gempa



Gambar 8. Nilai SF bagian kanan dengan beban gempa

Sesuai dengan analisis yang sudah dilakukan pada lereng timbunan, baik tanpa beban maupun dengan mempertimbangkan beban gempa, didapatkan nilai angka aman (SF) untuk bagian kiri masing-masing 1,498 dan 1,311, sedangkan untuk bagian kanan masing-masing 1,842 dan 1,637. Nilai angka aman (SF) untuk bagian kiri belum mencapai nilai angka aman (SF) yang disyaratkan, sedangkan untuk bagian kanan sudah memenuhi nilai angka aman yang disyaratkan ($SF \geq 1,5$). Oleh karena itu, lereng timbunan bagian kiri diperlukan analisis lanjutan dengan menggunakan perkuatan geotekstil supaya lereng menjadi lebih stabil dan memenuhi nilai yang disyaratkan.

Kebutuhan Geotekstil

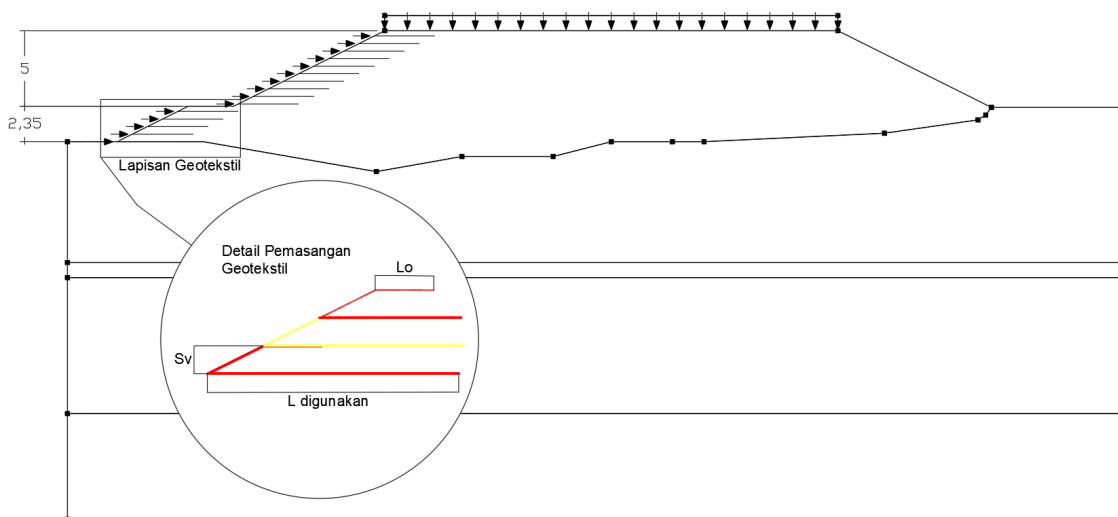
Dalam melakukan perhitungan perkuatan dengan menggunakan geotekstil, ada 2 hal yang perlu ditinjau yaitu stabilitas eksternal dan stabilitas internal.

Stabilitas Eksternal

Stabilitas eksternal diperlukan untuk menentukan jarak arah vertikal minimal lapisan geotekstil (S_v) dan panjang minimum geotekstil yang digunakan (L). Dalam perhitungan, nilai angka aman yang digunakan adalah sebesar 1,5.

Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada Persamaan 1, 2, dan 3, didapatkan nilai S_v sebesar 0,352 m dimana digunakan nilai minimum jarak vertikal antar geotekstil sebesar 0,5 m. Hal ini disebutkan dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan No.003/BM/2009, dijelaskan bahwa spasi perkuatan yang digunakan sebesar 500 mm. Banyak lapisan geotekstil yang digunakan sebanyak 15 lapis.

Adapun detail pemasangan geotekstil pada lereng timbunan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Detail pemasangan geotekstil

Panjang geotekstil (L) pada lereng timbunan dengan Persamaan 4 didapatkan sebesar 2,279 meter. Persamaan 5 didapatkan sebesar 3,265 meter. Persamaan 6 sebesar 3,223 meter, Persamaan 7 sebesar 3,299 meter. Setelah menghitung jarak dan panjang geotekstil yang dibutuhkan berdasarkan dari beberapa persamaan stabilitas, panjang kebutuhan geotekstil yang digunakan adalah panjang geotekstil terpanjang. Berikut rekapitulasi kebutuhan panjang geotekstil untuk perkuatan pada lereng timbunan.

Tabel 2. Panjang geotekstil berdasarkan stabilitas eksternal

H lereng	L	S_v	Total
7,35 m	4 m	0,5 m	15 lapis

Stabilitas Internal

Stabilitas internal diperlukan untuk menentukan panjang *overlapping* dan panjang efektif geotekstil.

Didapatkan panjang *overlapping* geotekstil (L_o) berdasarkan Persamaan 8 sebesar 0,836 meter dan panjang efektif geotekstil (L_e) berdasarkan Persamaan 9 sebesar 1,497 meter.

Tabel 3. Panjang geotekstil berdasarkan stabilitas internal

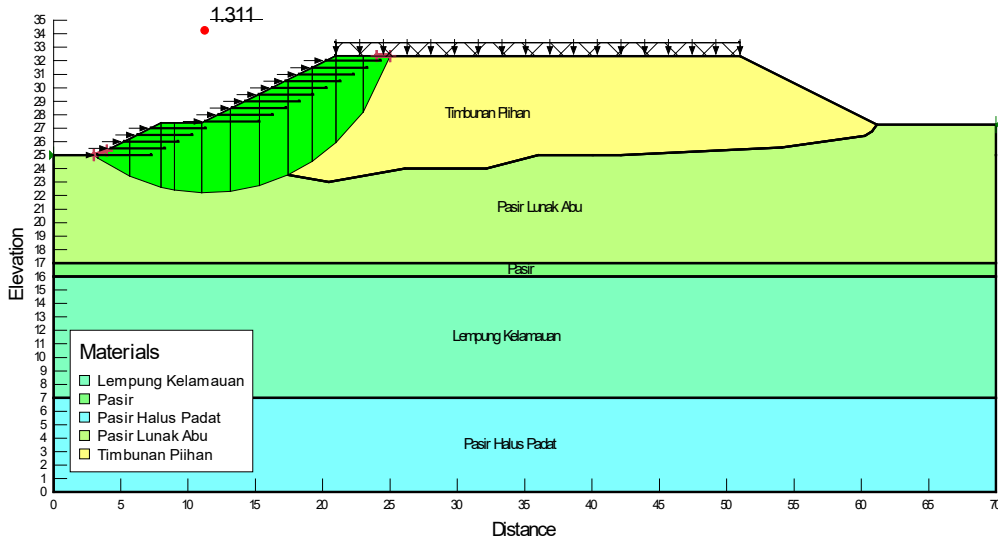
H lereng	Panjang <i>Overlapping</i> (L_o)	Panjang Efektif (L_e)
7,35 m	4 m	0,5 m

Perkuatan Lereng Timbunan

Setelah melakukan perhitungan geotekstil sesuai dengan yang dibutuhkan, selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan *SLOPE/W Geostudio 2018 R2*. Dalam analisis, jumlah dan panjang geotekstil yang dimasukkan harus sesuai dengan hasil perhitungan sebelumnya. Beban yang dipakai adalah beban perkerasan, beban lalu lintas, dan beban gempa. Lereng timbunan dinyatakan aman apabila nilai SF-nya melebihi nilai yang disyaratkan, yaitu $SF > 1,5$. Apabila lereng belum memiliki nilai SF yang disyaratkan, maka lereng timbunan

belum aman dan diperlukan analisis lanjutan dengan menggunakan bantuan program *SLOPE/W Geostudio 2018 R2*.

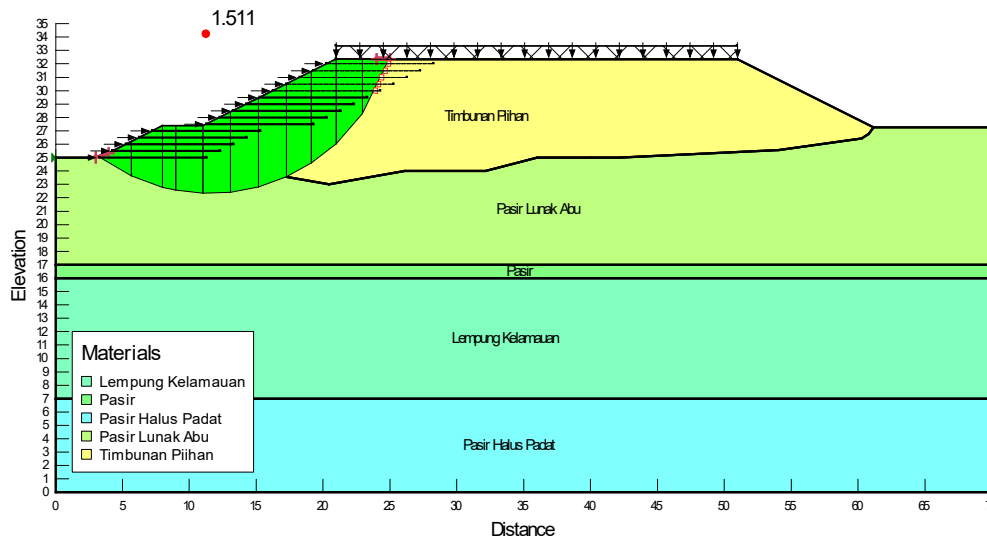
Pada analisis sebelumnya, lereng timbunan memiliki nilai SF kurang dari yang disyaratkan. Oleh karena itu, diperlukan perkuatan menggunakan geotekstil. Kebutuhan geotekstil yang diaplikasikan sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan. Berikut adalah hasil analisis perkuatan lereng menggunakan geotekstil sesuai dengan perhitungan kebutuhan geotekstil pada lereng timbunan.



Gambar 10. Perkuatan lereng timbunan

Didapatkan nilai SF sebesar 1,311, lereng timbunan belum mendapatkan nilai yang disyaratkan. Untuk meningkatkan nilai SF, maka panjang geotekstil (L) perlu diperpanjang sampai memotong bidang gelincir longsor. Syarat tersebut tercantum dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan No.003/BM/2009 tentang Perencanaan dan

Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik, dimana panjang perkuatan geosintetik perlu memotong bidang gelincir. Stabilitas lereng dengan menggunakan perkuatan geotekstil yang sudah diperpanjang dengan program *SLOPE/W Geostudio 2018 R2* dapat dilihat berikut ini.

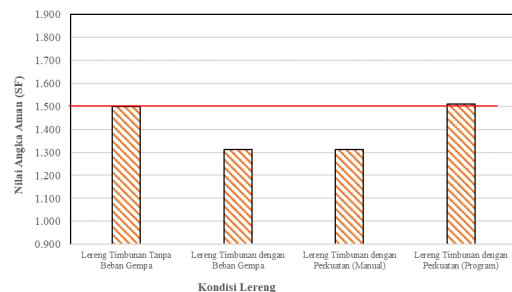


Gambar 11. Peningkatan perkuatan lereng

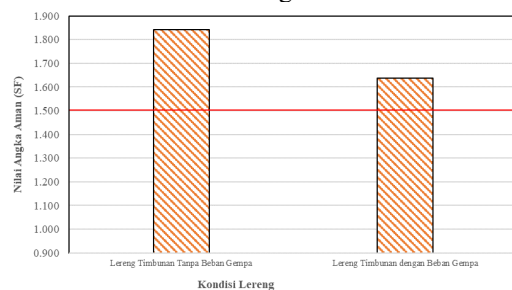
Setelah dilakukan analisis lanjutan, didapatkan nilai SF sebesar 1,511. Dengan nilai SF sebesar itu, maka lereng timbunan sudah dapat dinyatakan aman.

Dari hasil analisis lereng timbunan eksisting yaitu lereng timbunan dengan ketinggian 7,35 meter, mendapatkan nilai angka aman (SF) untuk lereng timbunan bagian kiri sebesar 1,498 pada kondisi tanpa beban gempa dan mendapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,234 dengan mempertimbangkan beban gempa. Sedangkan untuk lereng timbunan bagian kanan pada lereng timbunan dengan ketinggian 7,35 meter, mendapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,852 untuk kondisi lereng timbunan tanpa beban gempa dan mendapatkan nilai 1,637 untuk kondisi lereng timbunan dengan mempertimbangkan beban gempa. Berdasarkan pada analisis lereng timbunan eksisting bagian kiri, nilai angka aman (SF) untuk kondisi tanpa beban gempa telah memenuhi nilai angka aman (SF) yang disyaratkan ($>1,5$) yang dapat dikatakan bahwa lereng timbunan eksisting bagian kiri dengan kondisi tersebut stabil dan aman. Namun, ketika ditambahkan dengan beban gempa pada lereng tersebut, lereng timbunan bagian kiri tersebut tidak aman karena nilai angka aman (SF) yang didapatkan kurang dari nilai angka aman (SF) yang disyaratkan ($<1,5$). Adapun hasil analisis lereng timbunan eksisting bagian kanan, baik kondisi tanpa

beban gempa dan kondisi dengan beban gempa, keduanya melampaui nilai angka aman (SF) yang telah disyaratkan ($>1,5$). Dapat dikatakan bahwa berdasarkan hasil analisis untuk lereng timbunan eksisting bagian kanan sudah stabil dan aman. Berikut grafik perbandingan nilai angka aman pada lereng timbunan eksisting.



Gambar 12. Grafik nilai angka aman (SF) lereng timbunan bagian kanan

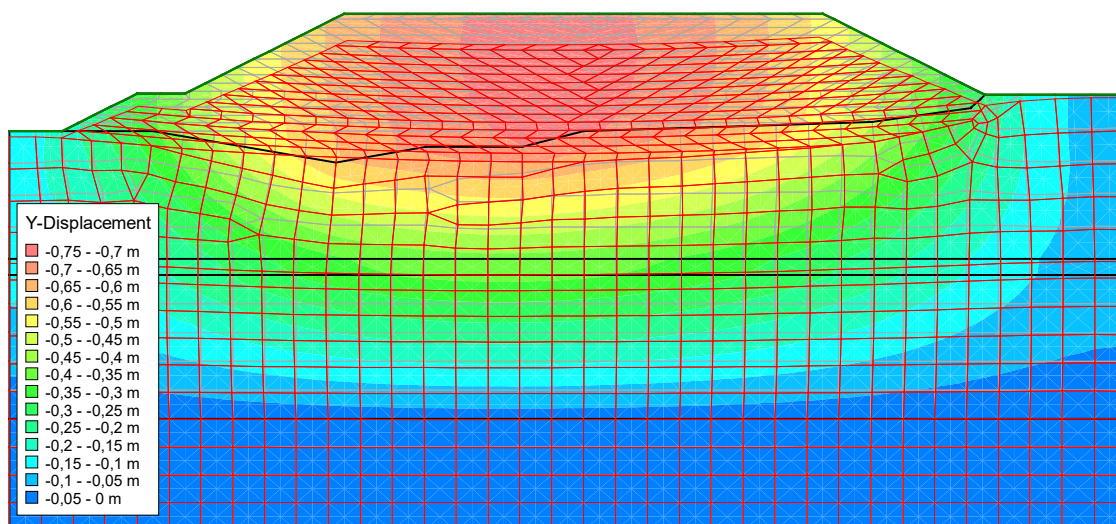


Gambar 13. Grafik nilai angka aman (SF) lereng timbunan bagian kiri

Penurunan Lereng Timbunan

Penurunan tanah langsung (*immediate settlement*) dimodelkan dengan menggunakan SIGMA/W pada aplikasi Geostudio 2018 R2

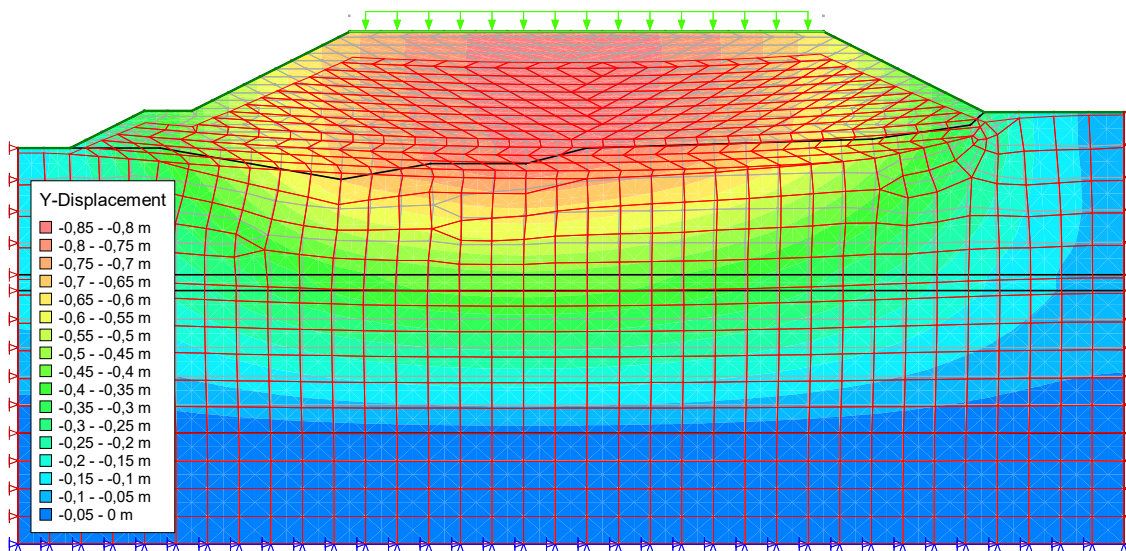
(Gambar 14). Mengacu pada SNI 8640-2017 tentang Penurunan Izin, didapatkan nilai penurunan tanah maksimal pada lereng timbunan eksisting sebesar 129 cm.



Gambar 14. Penurunan tanah akibat beban timbunan

Nilai penurunan tanah terbesar yang terjadi pada lereng timbunan eksisting akibat beban timbunan yaitu 0,7 meter atau 70 cm, sedangkan akibat beban kendaraan dan beban perkerasan sebesar 0,85 meter atau 85 cm

(Gambar 15). Kedua nilai tersebut jauh lebih kecil daripada nilai penurunan yang diizinkan yaitu 129 cm. Maka, penurunan yang terjadi pada lereng timbunan eksisting tergolong sangat aman.



Gambar 15. Penurunan tanah akibat beban timbunan, beban kendaraan, serta beban perkerasan

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lereng timbunan yang telah diperkuat dengan geotekstil telah memenuhi nilai angka aman

yang telah ditentukan ($SF \geq 1,5$). Untuk penurunan tanah yang terjadi pada lereng timbunan eksisting tidak melebihi batas maksimal, dimana nilai yang didapatkan yaitu

sebesar 70 cm dan 85 cm, sedangkan nilai yang disyaratkan yaitu sebesar ≤ 129 cm.

Daftar Pustaka

- Hardiyatmo, H. C. 2010. Mekanika Tanah 1. Edisi V. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Das, B.M., 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik). Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M. 1994. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik). Jilid II. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B. Peck. 1967. Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa. Edisi Kedua Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- PUSKIM. 2014. Peta Zonasi Gempa. (<http://puskim.pu.go.id/peta-zonasi-gempa/>). Diakses 8 Oktober 2021.
- Purwanto, Edy. 2012. Hand Out Mata Kuliah Perkuatan Tanah. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- DPU. 2009. Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik, No.003/BM/2009. Departemen Pekerjaan Umum (DPU). Indonesia.
- BSN, 2017. Standar Nasional Indonesia: Persyaratan Perancangan Geoteknik, SNI 8660:2017. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia.
- SLOPE/W. 2018. Stability Modeling with SLOPE/W. GEO-SLOPE International Ltd. Canada.
- PT. Inti Geotek Pratama (IGP). (Tanpa Tahun). Technical Specifications Woven PP Geotextile. Jakarta.