

# ANALISIS PENGGUNAAN GEOTEKSTIL UNTUK PERKUATAN TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI PLAXIS 2D

Joseph Richard<sup>1</sup>, Daniel Tjandra<sup>2</sup> and Paravita Sri Wulandari<sup>3</sup>

**ABSTRAK** : Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak penggunaan geotekstil sebagai perkuatan timbunan. Perkuatan dilakukan karena seiring waktu, beban dari timbunan akan selalu bertambah, contohnya beban lalu lintas. Menghadapi penambahan beban ini wajib diikuti dengan perkuatan tanah, salah satunya dengan penggunaan geotekstil di atas tanah dasar dan di dasar dari timbunan.

Analisis penelitian dilakukan dengan menggunakan program *Plaxis* 2D untuk mengetahui kondisi kombinasi tanah dasar dan tanah timbunan mula mula. Dari simulasi model program pada *Plaxis*, didapatkan tiga hal utama, yaitu angka keamanan, penurunan, dan pola keruntuhan. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa semakin lunak tanah dasar, maka perkuatan di atas tanah dasar yang lebih lunak memberi efek lebih daripada perkuatan di atas tanah dasar yang lebih kuat. Selain itu, dalam batasan kekuatan tanah tertentu, perkuatan geotekstil mulai memberi dampak yang tidak signifikan pada kondisi tanah dasar yang sudah kuat.

**KATA KUNCI:** *plaxis*, geotekstil, angka keamanan, penurunan, pola keruntuhan, deformasi geotekstil.

## 1. PENDAHULUAN

Menghadapi konstruksi yang makin hari makin menghadapi beban yang terus bertambah, berbagai macam struktur mulai diperlukan, salah satunya adalah variasi struktur pada tanah. Salah satu cara variasi ini adalah dengan timbunan berlereng. Pada literatur umum, timbunan dengan sudut lereng akan lebih berbahaya dikarenakan kekuatan tanah yang menurun, salah satunya dikarenakan rembesan air tanah (Terzaghi, 1943). Akibat dari kekuatan tanah yang menurun, angka keamanan bisa jadi tidak mencukupi dan konstruksi dapat mengalami penurunan yang berlebihan dan gagal. Singkatnya, penyebab utama dari konstruksi pondasi bangunan dapat dilihat dari kebutuhan konstruksi; baik dari spesifikasi yang dibutuhkan termasuk beban konstruksi maupun beban hidupnya, tanah dasar, tanah timbunan, dan perkuatan untuk menambah kekuatan tanah.

Inovasi dalam konstruksi terus dilakukan, salah satunya dengan penerapan geotekstil pada timbunan. Geotekstil woven banyak dipakai sebagai perkuatan timbunan berlereng. Diharapkan dengan adanya geotekstil woven pada konstruksi timbunan berlereng, konstruksi dapat berjalan dengan lebih efisien, aman, dan ekonomis.

---

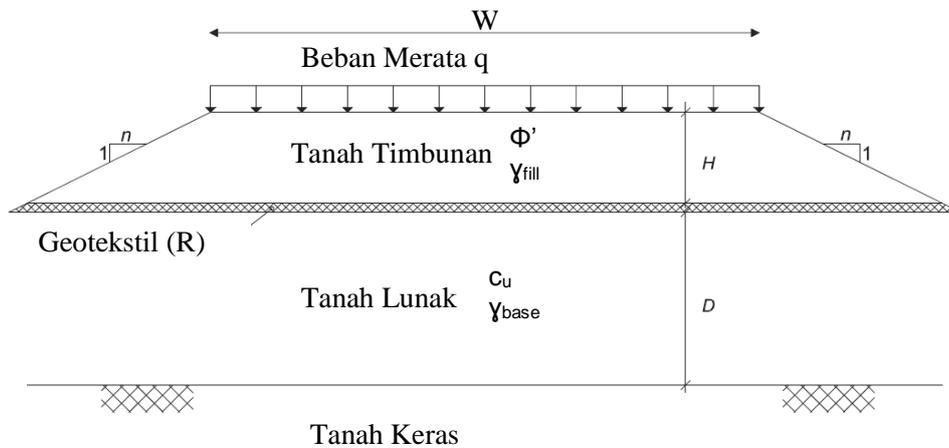
<sup>1</sup> Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [xavernas@gmail.com](mailto:xavernas@gmail.com)

<sup>2</sup> Dosen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [danieljtj@petra.ac.id](mailto:danieljtj@petra.ac.id)

<sup>3</sup> Dosen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [paravita@petra.ac.id](mailto:paravita@petra.ac.id)

## 2. GEOMETRI

Bentuk simulasi *Plaxis* terlihat pada **Gambar 1** dengan keterangan yang bisa dilihat pada **Tabel 1**.



**Gambar 1. Model Pembebanan Timbunan Sederhana**

**Tabel 1. Parameter Timbunan dengan Geotekstil**

Simbol	Arti
$c_u$	Kohesi dari tanah dasar (sesuai Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4)
$\gamma_{base}$	Berat Jenis tanah timbun (sesuai Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4)
$\Phi'$	Sudut geser tanah timbun (sesuai Tabel 5)
$\gamma_{fill}$	Berat Jenis tanah timbun (sesuai Tabel 5)
$R$	Kuat geser geotekstil per satuan panjang
$H$	Ketinggian timbunan (3 meter)
$W$	Lebar puncak timbunan (18,5 meter)
$D$	Kedalaman tanah lunak (sesuai Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4)
$q$	Beban (Beban lalu lintas, 15 kN/m <sup>2</sup> )
$n$	Gradien kemiringan tanah (1V : 1H)

Tanah asal yang dipakai pada simulasi ini adalah tanah dasar lempung sangat lunak pada **Tabel 2**, tanah dasar lempung lunak pada **Tabel 3**, dan tanah dasar lempung sedang pada **Tabel 4**. Tanah timbunan yang dipakai pada simulasi ini adalah tanah timbunan tidak padat, tanah timbunan sedang, dan tanah timbunan padat, seperti pada **Tabel 5**.

**Tabel 2. Data Tanah Dasar Lempung Sangat Lunak: Tanah 1**

Kedalaman	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E_{ref}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$	$e$	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	$\Psi$
0-4 m (B4)	15.8	7.7	1500	0.25	2.93	6	1	0
4-6 m (B2)	15.4	8.1	1500	0.25	2.23	6	1	0
6-10 m (B2)	15.8	7.5	1500	0.25	2.68	7	1	0

**Tabel 3. Data Tanah Dasar Lempung Lunak: Tanah 2**

Kedalaman	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Eref (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$	e	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	$\Psi$
0-6m	17.8	12.7	3000	0.25	1.11	17	1	0
6-10 m	16.3	10.5	3000	0.25	1.55	8	1	0

**Tabel 4. Data Tanah Dasar Lempung Sedang: Tanah 3**

Kedalaman	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Eref (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$	e	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	$\Psi$
0-5m	19.3	13.2	5000	0.25	1.31	31	1	0
5-10 m	19.3	13	5000	0.25	1.19	52	1	0

**Tabel 5. Data Tanah Timbunan**

Jenis	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Eref (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$	e	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	$\Psi$
$\phi < 30$ (Tidak Padat)/(A) (Limestone)	18.5	15.9	300000	0.4	0.69	1	28.4	0
$35 < \phi < 40$ (Sedang)/(B) (Limestone)	19.4	17.1	300000	0.4	0.6	1	38	0
$\phi > 40$ (Padat)/(C) (Pasir Padas)	21	18	100000	0.4	0.51	1	40	0

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pelaksanaan program PLAXIS 2D, tanah menggunakan model Mohr-Coulomb. Semua tanah dasar lempung dianggap *undrained*, di mana air dianggap tidak dapat lewat dan permeabilitas tanah rendah. Tanah timbunan dianggap *drained*, di mana air dianggap bisa lewat dengan permeabilitas yang lebih tinggi dari tanah dasar.

Ada 3 langkah utama yang dilakukan dalam simulasi ini. Langkah pertama yaitu mencari ketinggian maksimum dari tanah timbunan yang dapat dipikul oleh tanah dasar. Langkah kedua yaitu mencari panjang geotekstil optimum yang akan disimulasikan. Langkah ketiga adalah mencari kekuatan optimum geotekstil untuk masing-masing kondisi.

Ketinggian timbunan yang disarankan oleh Kasim et al (2013) adalah 3 meter. Langkah pertama dimulai dengan timbunan setinggi 3 meter. Jika timbunan 3 meter gagal dipikul oleh tanah dasar lempung, maka ketinggian tanah timbunan akan dikurangi sebanyak kelipatan 0,5 meter.

### 4. HASIL DAN DISKUSI

Hasil dari langkah pertama ialah kondisi tanah awal seperti tercantum pada **Tabel 6**. Hasil dari **Tabel 6** juga didukung oleh pola keruntuhan yang tercantum pada **Tabel 7**.

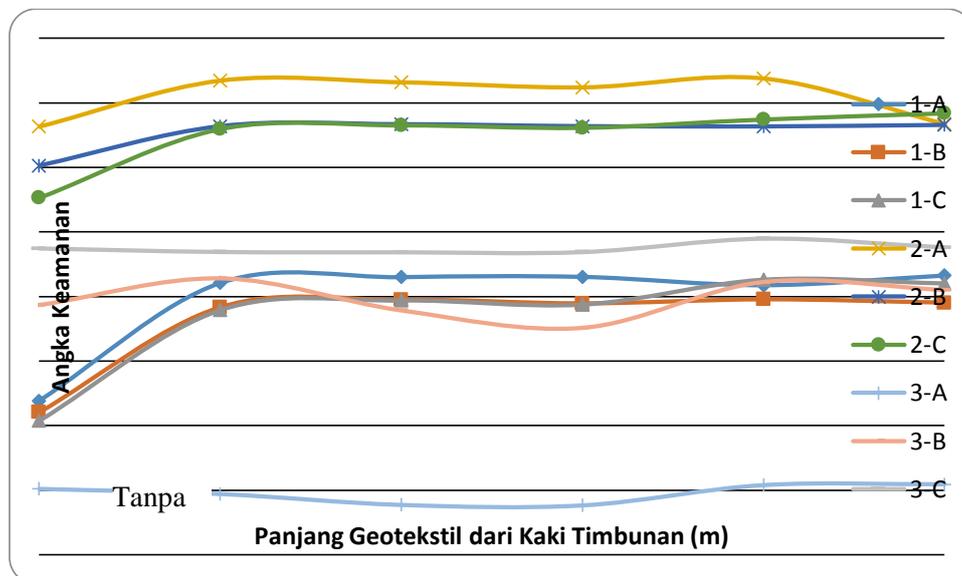
**Tabel 6. Hasil Langkah Pertama: Angka Keamanan dan Penurunan**

Timbunan Dasar	Tinggi Timbunan	Tanah A		Tanah B		Tanah C	
		Disp (mm)	SF	Disp (mm)	SF	Disp (mm)	SF
Tanah 1	1 meter	91.55	1.0384	98.24	Tanah 1	1 meter	91.55
Tanah 2	2 meter	117.33	1.4633	128.81	Tanah 2	2 meter	117.33
Tanah 3	2 meter	29.92	0.902	30.73	Tanah 3	2 meter	29.92

**Tabel 7. Hasil Langkah Pertama: Jenis Keruntuhan Lereng**

Timbunan Dasar	Tanah A	Tanah B	Tanah C
Tanah 1	Keruntuhan Rotasi	Keruntuhan Rotasi	Keruntuhan Rotasi
Tanah 2	Keruntuhan Daya Dukung	Keruntuhan Daya Dukung	Keruntuhan Daya Dukung
Tanah 3	Keruntuhan Lereng Dangkal	Keruntuhan Lereng Dangkal	Keruntuhan Lereng Dangkal

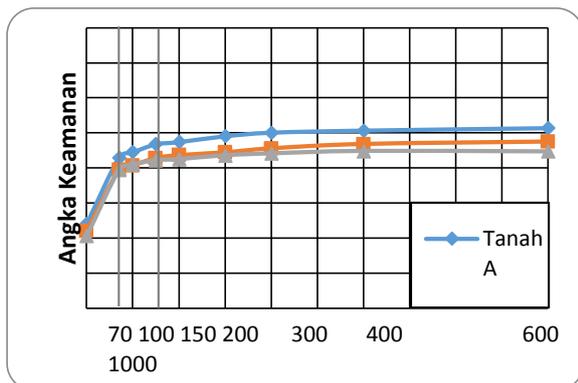
Berangkat dari hasil pada langkah pertama, keseluruhan hasil ternyata tidak mencapai angka keamanan 1,5 seperti yang disarankan Departemen Pekerjaan Umum (2009) untuk mencapai kestabilan lereng secara global. Salah satu cara menambah angka keamanan lereng adalah dengan perkuatan geotekstil, tetapi geotekstil ditambahkan pada langkah 2 dengan panjang efektif dari kaki timbunan tertentu. Panjang perkuatan bergantung pada lokasi defleksi maksimum dari tanah. (Tay et al, 2009) Hasil dari panjang efektif geotekstil dari kaki timbunan dapat dilihat pada **Gambar 2** berupa grafik hubungan antara panjang geotekstil dan angka keamanan. Disimpulkan panjang efektif dari pemasangan geotekstil adalah pada panjang 2,5 meter dari kaki timbunan.



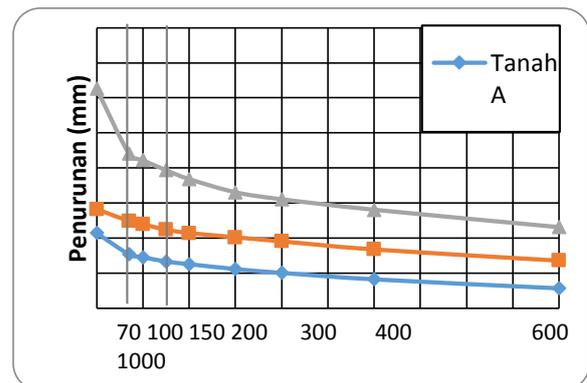
**Gambar 2. Hubungan antara Panjang Geotekstil dan Angka Keamanan**

Setelah dilakukan penetapan kondisi awal pada langkah pertama dan panjang geotekstil efektif pada langkah kedua, langkah ketiga dilakukan dengan melakukan variasi kekuatan pada masing-masing kombinasi tanah dasar dan tanah timbunan. Tiap tanah dasar memiliki perilaku tersendiri ketika diperkuat dengan geotekstil.

Tanah dasar lempung sangat lunak mendapatkan perkuatan yang cukup signifikan dari pemasangan geotekstil. Hasil dari perkuatan geotekstil berupa angka keamanan dan penurunan dengan variasi kekuatan geotekstil dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Perbandingan penurunan pada lereng dengan tanah dasar lempung sangat lunak tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil cukup signifikan. Hal ini memberi indikasi bahwa adanya kemungkinan berubahnya pola keruntuhan yang mencegah tanah runtuh secara rotasional.

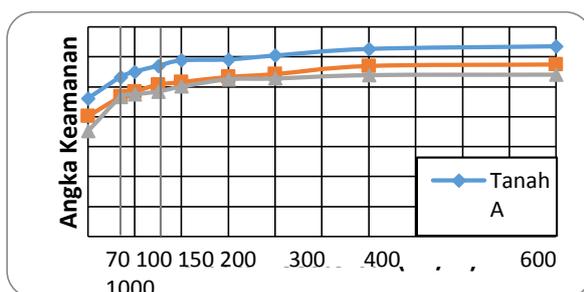


**Gambar 3. Hubungan antara Kekuatan Geotekstil dan Angka Keamanan pada Tanah Dasar Lempung Sangat Lunak**

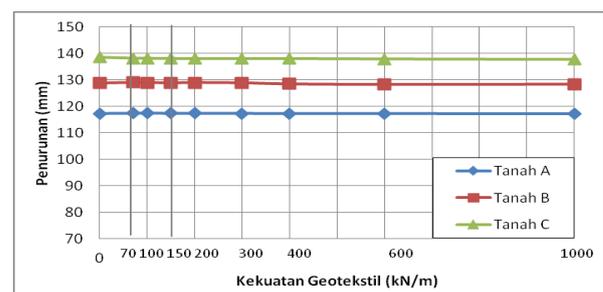


**Gambar 4. Hubungan antara Korelasi Kekuatan Geotekstil dan Penurunan pada Tanah Dasar Lempung Sangat Lunak**

Tanah dasar lempung lunak mendapatkan perkuatan yang signifikan dari pemasangan geotekstil. Hasil dari perkuatan geotekstil berupa angka keamanan dan penurunan dengan variasi kekuatan geotekstil dapat dilihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**. Penurunan pada lereng dengan tanah dasar lempung lunak kurang signifikan, yang menyebabkan pola keruntuhan dari deformasi geotekstil tidak berubah.

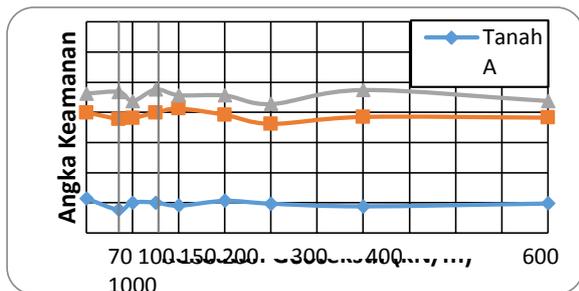


**Gambar 5. Hubungan antara Kekuatan Geotekstil dan Angka Keamanan pada Tanah Dasar Lempung Lunak**

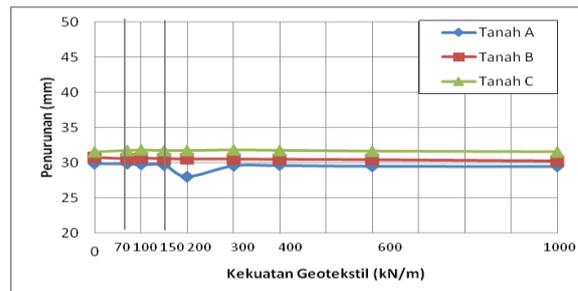


**Gambar 6. Hubungan antara Korelasi Kekuatan Geotekstil dan Angka Keamanan pada Tanah Dasar Lempung Lunak**

Lain hal dengan tanah dasar lempung sedang, kegagalan terjadi hanya pada daerah timbunan saja dan tidak sampai pada tanah dasar seperti pada tanah dasar sebelumnya, sehingga pengaruh geotekstil kurang signifikan. Hal ini juga didukung dengan angka keamanan dan penurunan yang cenderung konstan pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



**Gambar 7. Hubungan antara Kekuatan Geotekstil dan Angka Keamanan pada Tanah Dasar Lempung Sedang**



**Gambar 8. Hubungan antara Kekuatan Geotekstil dan Angka Keamanan pada Tanah Dasar Lempung Sedang**

Secara garis besar, untuk masing masing simulasi lereng tanah dasar lempung dengan tanah timbunan dapat dilihat pada **Tabel 8**. **Tabel 8** menunjukkan geotekstil optimum yang bisa digunakan dengan angka keamanan tertinggi pada tanah dasar lempung sangat lunak tetapi masih belum mencukupi syarat dari Konstruksi Bina Marga. Geotekstil optimum untuk tanah dasar lunak yang ditunjukkan pada **Tabel 8** sudah mencapai angka 1,5, menunjukkan geotekstil yang dicantumkan sudah bisa digunakan pada konstruksi. Sementara untuk tanah dasar lempung sedang, tidak diperlukan perkuatan pada dasar timbunan, tetapi seharusnya diperkuat pada bagian lereng.

**Tabel 8. Hasil Pencarian Geotekstil Optimum pada Kondisi Awal**

Tanah Timbunan	Tanah A		Tanah B		Tanah C	
	Kekuatan Geotekstil	SF	Kekuatan Geotekstil	SF	Kekuatan Geotekstil	SF
Tanah 1	1000kN/m	1,3142	70kN/m	1,5319	Tidak Perlu Geotekstil	
Tanah 2	1000kN/m	1,2749	150kN/m	1,5068	Tidak Perlu Geotekstil	
Tanah 3	1000kN/m	1,247	200kN/m	1,5003	Tidak Perlu Geotekstil	

## 5. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, variabel tanah dasar yang dominan adalah kohesi tanah dasar. Semakin kuat kohesi dari tanah dasar, maka semakin tinggi kapasitas tanah dasar dalam menerima beban. Dalam kondisi beban yang sama, tanah yang memiliki kohesi yang lebih kuat akan mendapatkan nilai penurunan yang lebih sedikit.

Selain variabel tanah dasar, variabel tanah timbunan dominan berpengaruh pada dua kondisi. Pada penurunan, variabel berat jenis tanah timbunan berpengaruh dominan. Pada angka keamanan, ketika tanah dasar sudah cukup kuat dalam menerima beban dan jenis keruntuhan tanah hanya keruntuhan lereng dangkal, variabel kuat geser tanah timbunan baru berfungsi sebagai penahan keruntuhan lereng.

Dalam penelitian ini, hasil penurunan timbunan berpengaruh secara keseluruhan dalam melihat pola keruntuhan lereng, sebagai contoh yaitu tanah dasar lempung sangat lunak, yang seharusnya runtuh rotasional menjadi runtuh daya dukung. Hal ini dikarenakan adanya perkuatan geotekstil di kaki timbunan. Selain itu, geotekstil mampu memperkuat angka keamanan hingga menjadi layak pada timbunan di atas tanah dasar lempung lunak. Lain halnya dengan timbunan di atas tanah sedang, diperlukan perkuatan lain yang lebih efektif untuk mencegah keruntuhan pada lereng. Salah satu perkuatan yang bisa dilakukan adalah dengan perkuatan pada lereng timbunan.

## 6. SARAN

Melihat hasil dari penelitian ini, penulis menyarankan beberapa penelitian lebih lanjut, diantaranya pengaruh panjang geotekstil dan kemiringan lereng pada timbunan yang diperkuat dengan geotekstil. Selain itu, pola keruntuhan yang terjadi pada timbunan yang diperkuat dengan geotekstil dapat diteliti lebih lanjut.

## 7. DAFTAR REFERENSI

- Kasim, F., Marto, A., Othman, B. A., Bakar, I., & Othman, M. F. (2013). Simulation of Safe Height Embankment on Soft Ground Using Plaxis. *APCBEE Procedia* 5, 152-156.
- Departemen Pekerjaan Umum Indonesia. (2009). *Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Jakarta.
- Tay, P. A., Adi, F. S., Tjandra, D., & Wulandari, P. S. (2014). Analisa Perkuatan Geotekstil pada Timbunan Konstruksi Jalan dengan Plaxis 2D. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil Universitas Kristen Petra*, 3(2).
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley and Sons, Inc.