

Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Penerapan Geotekstil Woven pada Seksi Jalur Ganda Kereta Listrik Bogor-Jakarta dari Kilometer 45+350 hingga 45+600 Menggunakan Pendekatan Numerik 2D

MOCH NUR IRZAMSYAH¹, ADRIN TOHARI¹, DESTI SANTI PRATIWI¹

¹Mahasiswa Teknik Sipil & Dosen Teknik Sipil (Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung), Kota Bandung, Indonesia.
Email: irzamsyh@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Jalur kereta listrik Jakarta-Bogor telah terjadi kelongsoran lereng Pada 21 November 2012. untuk mengembalikan lereng ke elevasi semula, dilakukan penimbunan tanah setiap 90 cm menggunakan perkuatan geotekstil woven. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perkuatan geotekstil terhadap kestabilan lereng timbunan. Analisis kestabilan lereng dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak PLAXIS 2D. Didapatkan nilai FK statis sebesar 1,122 dan FK gempa <1 yang menunjukkan perkuatan geotekstil tidak cukup efektif meningkatkan nilai safety factor sesuai ketentuan perancangan lereng timbunan menurut SNI 8460:2017

Kata kunci: Analisa Stabilitas Lereng, Geotekstil, Metode Elemen Hingga, Plaxis 2D

1. PENDAHULUAN

Sejak tahun 1873, telah ada jalur kereta rel listrik yang menghubungkan Jakarta dengan Bogor. Jalur ini memiliki peran penting dalam sistem transportasi di Pulau Jawa dan menjadi salah satu jalur angkutan penumpang yang sangat sibuk. Pada tanggal 21 November 2012, pada pukul 17:30, terjadi sebuah peristiwa longsor lereng di suatu lokasi. Untuk memungkinkan pembangunan kembali jalur perlintasan ganda, langkah yang diambil adalah melakukan penimbunan tanah setiap 90 cm dengan menggunakan perkuatan geotekstil *woven*. Tindakan ini bertujuan untuk mengembalikan lereng ke elevasi semula. Oleh karena itu, diperlukan studi untuk mengevaluasi stabilitas lereng timbunan dengan penggunaan perkuatan geotekstil di lokasi penelitian. Dengan mempertimbangkan signifikansi dalam memahami perubahan bentuk lereng yang terjadi, studi ini akan menerapkan pendekatan pemodelan elemen hingga 2D dengan penggunaan software PLAXIS 2D untuk menginvestigasi stabilitas lereng.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Stabilitas Lereng

Secara prinsip, analisis stabilitas dapat diartikan sebagai evaluasi faktor keamanan, yang mencerminkan perbandingan antara kuat geser (*shear stress*) yang mendorong terjadinya

longsoran akibat gaya yang timbul dari tanah itu sendiri. Berdasarkan SNI 8460:2017, berikut adalah nilai faktor keamanan yang menentukan stabilitas suatu lereng seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Kondisi Lereng Batuan	Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan	
	Beban Statis	Beban Gempa
Kondisi Permanen	1,5	1,1
Kondisi Sementara	1,3	1,1

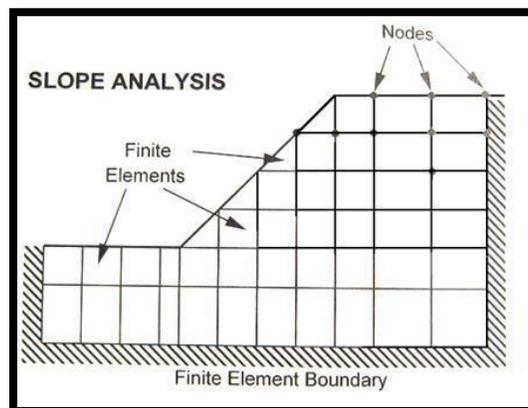
(Sumber: SNI 8460:2017)

2.2 Geotekstil

Geotekstil ialah salah satu jenis geosintetik yang memiliki kemampuan untuk mengizinkan air melewati dan dibentuk dari material tekstil. Dalam proses pembuatan geotekstil, unsur-unsur material tekstil seperti serat-serat atau rangkaian serat digabungkan untuk membentuk struktur lembaran tekstil. Unsur-unsur ini bisa berupa filamen yang saling terhubung membentuk benang polimer yang tipis dan memanjang, atau serabut-serat (*staple fiber*) yang membentuk filamen pendek dengan panjang sekitar 20-150 mm. Elemen-elemen tekstil juga dapat dihasilkan melalui pemotongan lembaran plastik atau film menjadi pita tipis dan datar. Pada situasi filamen dan potongan film (*slit film*), proses ekstrusi atau penarikan akan merentangkan polimer ke arah tarikan, sehingga pada akhirnya meningkatkan kekuatan filamen tersebut. (Departemen Pekerjaan Umum, 2009).

2.3 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga (*finite element method*) merupakan suatu strategi perhitungan dalam pendekatan numerik yang lazim digunakan dalam memecahkan situasi-situasi di ranah rekayasa geoteknik. Dalam pengaplikasiannya, metode ini memecah-tanah menjadi beberapa bagian atau unit terpisah. Semakin banyak subdivisi elemen, semakin mendekati hasil perhitungan numerik dengan situasi aslinya. Elemen-elemen tanah yang telah terbagi ini saling berinteraksi di titik simpul (*nodes*) dan batasan yang telah ditentukan (*boundary*), sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Metode Elemen Hingga dalam Penerapan Lereng

(Sumber: Abramson, 2022)

2.4 Metode *Shear Strength Reduction*

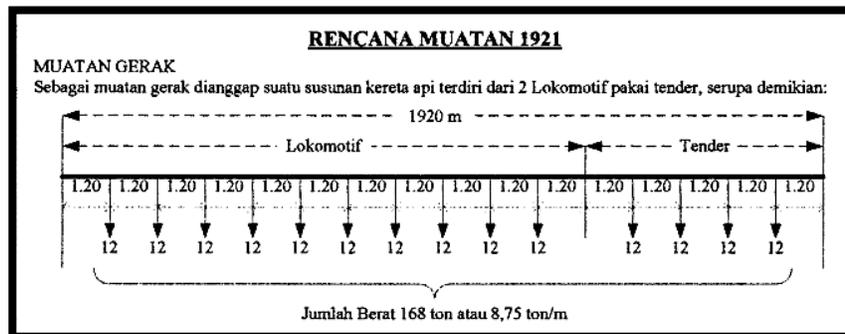
Metode *Shear Strength Reduction (Phi-c Reduction)* adalah suatu pendekatan yang memanfaatkan metode elemen hingga untuk mengestimasi nilai faktor keamanan. Dalam pendekatan ini, nilai *Phi-c* (parameter yang menunjukkan kekuatan geser tanah) akan direduksi sehingga berpengaruh pada *input* dan *output* matriks-matriks, seperti yang dijelaskan dalam Persamaan 1.

$$SF = \frac{c}{c_{reduce}} = \frac{\tan(\varphi)}{\tan(\varphi_{reduction})} \dots \dots \dots (1)$$

- Keterangan: SF = *safety factor*
 c = kohesi (kN/m²)
 c_{reduce} = kohesi reduksi (kN/m²)
 φ = sudut geser (°)
 φ_{reduction} = sudut geser reduksi (°)

2.5 Beban Kereta

Beban Kereta yang diterapkan adalah beban gandar maksimum sesuai dengan rencana operasional jalur kereta api atau skema muatan sesuai dengan Pedoman Muatan Jalur Kereta Api (Peraturan Menteri Perhubungan No.60, 2012). Skema muatan yang digunakan adalah rencana muatan kereta api 1921 seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Rencana Muatan Kereta Api 1921
(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No.60, 2012)

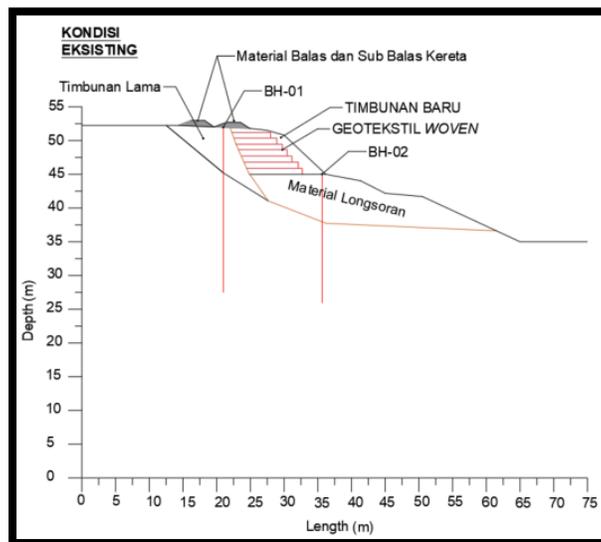
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

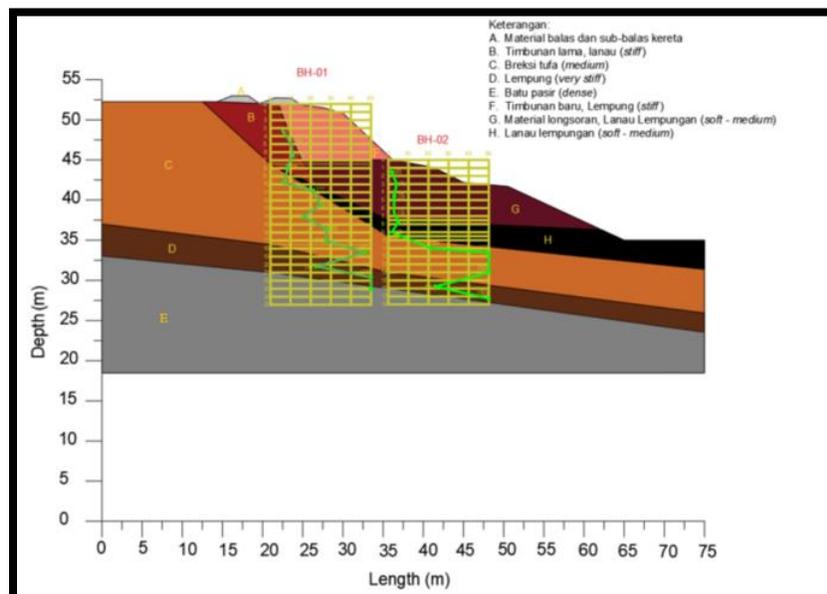
Dalam rangka studi ini, pengumpulan informasi mencakup kumpulan data proyek serta standar yang diperlukan. Secara keseluruhan, data yang dimanfaatkan mencakup data dari pengeboran teknis, ilustrasi potret keadaan eksisting dari struktur timbunan jalur ganda rel kereta listrik antara stasiun Cilebut dan Bojong Gede pada jalur Bogor - Manggarai di wilayah Daop I Jakarta, dengan penerapan perkuatan geotekstil. Informasi tentang aktivitas gempa diperoleh atau ditetapkan dengan merujuk kepada lokasi penelitian serta memanfaatkan program RSA Binary yang dirancang oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN), yang didasarkan pada panduan dari SNI 8460:2017 mengenai Kriteria Rancangan Teknik Geoteknik. Pada sisi lain, data beban kereta api diperoleh berdasarkan panduan PM.60 tahun 2012 yang mengacu kepada kerangka Rencana Muatan 1921 (RM 21).

3.2 Kondisi Eksisting

Pada lokasi penelitian, kondisi eksisting sebelumnya telah mengalami longsor pada tanggal 21 November 2012. Setelah kejadian tersebut, telah dilakukan pembangunan timbunan baru yang diperkuat dengan menggunakan geotekstil jenis *woven*. Informasi terperinci tentang situasi saat ini dan stratifikasi tanah dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Kondisi Eksisting



Gambar 5. Pelapisan Tanah

4. PEMBAHASAN

4.1 Parameter Tanah

Informasi mengenai parameter tanah yang digunakan dalam proses pemodelan menggunakan PLAXIS 2D tertera dalam Tabel 2..

Tabel 2. Parameter Tanah

Soil Type	Classification	Effective Cohesion (C')	Friction Angle (ϕ)	Dilatancy Angle (ϕ)	γ_{unsat}	γ_{sat}	Young's Modulus (Es)	Poisson's Ratio (ν)
		kN/m ²	o	o	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	
Timbunan Lama (Lanau)	Stiff	50	19	-	13,8	15,75	14850	0,3
Breksi Tufa	Medium	60	35	5	17,5	19	81000	0,1
Lempung	Very Stiff	50	20	-	16	18	35000	0,4
Batu Pasir	Very Dense	11490	38,32	18	14	19	100000	0,15
Timbunan Baru (Lempung)	Stiff	41,5	20	-	16	18	20000	0,15
Material Longsoran (Lanau Lempungan)	Soft - Medium	10	13,8	-	12	16	7500	0,3
Lanau Lempungan	Soft - Medium	10	14	-	12	16	8000	0,3

4.2 Parameter Geotekstil

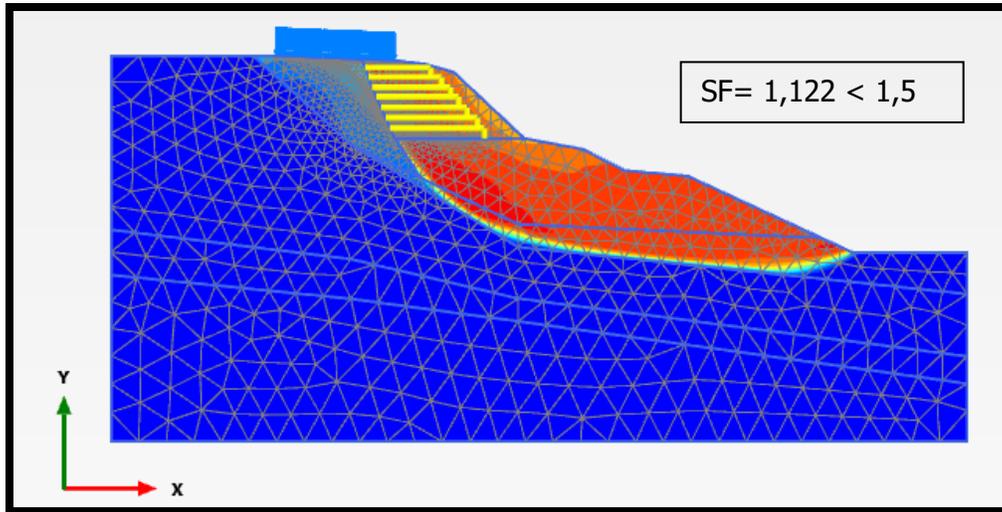
Rujukan parameter geotekstil merujuk pada produk geotekstil tipe ACETex PET woven dengan klasifikasi GT 300, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Geotekstil

Property	Description	Unit
Material Type	Elastoplastic	-
Ultimate Tensile Strength	300	kN/m
Elongation	6	%
Geotextile thickness	0.003	m
Partial factor creep rupture	1,38	-
Partial factor instalation damage	1,1	-
Partial factor - environmental effects	1,03	-
NP.1	128	kN/m
EA	2136	kN/m

4.2 Analisa Stabilitas Lereng

Pola bidang keruntuhan serta angka *safety factor* setelah dilakukan analisis seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola Bidang Keruntuhan dan Angka *Safet Factor* dengan Beban Kereta

Analisis menggunakan tambahan beban gempa, yang dimana ketika diberi beban gempa *pseudostatic* dengan koefisien sebesar 0,25553 lereng tersebut mengalami *collapse* ($SF < 1$).

KESIMPULAN

Didapatkan nilai *safety factor* 1,122 pada kondisi beban kereta dan $SF < 1$ pada kondisi penambahan beban gempa. Kondisi tersebut, menunjukkan perkuatan geotekstil tidak cukup efektif meningkatkan nilai *safety factor* sesuai ketentuan perancangan lereng timbunan menurut SNI 8460:2017 baik itu berdasarkan beban statis maupun gempa.

DAFTAR RUJUKAN

- Abramson, L. W. (2002). *Slope Stability and Stabilization Methods*. New York: Wiley.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2009). *Pendoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Peraturan Menteri Perhubungan No.60. (2012). *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- SNI 8460. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional