

PEMODELAN *MECHANICALLY STABILIZED EARTH WALL* PADA KONSTRUKSI LERENG RAMP JALAN TOL CAKUNG DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN HINGGA 3D

RENAL SAYYIDAN AKBAR¹, INDRA NOER HAMDHAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
- Email: sayyidan.renal@gmail.com

ABSTRAK

Mechanically Stabilized Earth Wall atau dinding MSE merupakan sistem penahan tanah yang terdiri dari lapisan tanah timbunan yang diperkuat secara internal dengan elemen geosintetik untuk meningkatkan stabilitas lereng timbunan. Hasil penelitian berupa evaluasi bidang gelincir, nilai faktor keamanan, dan nilai deformasi lateral pada lereng timbunan dengan perkuatan dinding MSE untuk memanfaatkan efisiensi ruang di wilayah yang padat akan permukiman seperti di Cakung, Jakarta Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bidang gelincir dan nilai faktor keamanan pada lereng timbunan, serta nilai deformasi lateral yang terjadi pada dinding MSE. Spesifikasi elemen geosintetik dimodelkan dengan menggunakan panjang geosintetik 6 meter, kuat tarik 75 kN, dan spasi vertikal 50 cm yang memperoleh nilai faktor keamanan global sebesar 1,917 pada kondisi long term dan deformasi lateral sebesar 4,83 cm pada kondisi long term yang mana nilai-nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 8460 Tahun 2017.

Kata kunci: jalan tol cakung, faktor keamanan, dinding MSE, deformasi

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 15 Tahun 2005 Pasal 2 Ayat (2), penyelenggaraan jalan tol bertujuan untuk meningkatkan efisiensi layanan distribusi guna mendukung pertumbuhan ekonomi, terutama di daerah dengan tingkat perkembangan yang tinggi.

Ramp pada jalan tol berfungsi sebagai akses bagi kendaraan yang akan masuk atau keluar dari jalan tol ke jalan non-tol maupun jalan akses. Jalur ini memungkinkan kendaraan untuk bergabung dengan arus lalu lintas jalan tol secara aman dan efisien. *Ramp* atau lereng timbunan memiliki peran penting dalam menjaga keselamatan lalu lintas dengan menyediakan jalur khusus bagi kendaraan yang masuk dan keluar tol. Di daerah perkotaan dengan keterbatasan lahan, *ramp* harus dibangun dengan kemiringan lereng yang hampir tegak sehingga diperlukan material perkuatan agar konstruksi dapat terwujud dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dinding penahan tanah sebagai bagian dari *ramp* jalan tol di lokasi Jalan Tol Cakung yang terletak di wilayah Jakarta Timur. Lokasi ini dipilih

karena merupakan bagian penting dari infrastruktur jalan tol yang memerlukan pembangunan lereng tanah yang stabil dan aman sebagai elemen *ramp*.

Dalam proses konstruksinya, terdapat timbunan dengan ketinggian 5 meter pada STA 0+674. Timbunan pada konstruksi ini dibuat relatif tegak lurus yang disebabkan oleh terbatasnya lahan yang tersedia dalam pelaksanaannya. Oleh karena itu, penggunaan dinding penahan tanah dengan sistem *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* dan perkuatan geosintetik merupakan solusi yang efektif untuk mengatasi masalah keterbatasan lahan dan untuk mencegah keruntuhan pada tanah timbunan. Dinding MSE termasuk salah satu jenis struktur penahan tanah yang cocok diterapkan pada lereng dengan kemiringan muka antara 70° hingga 90° sebagai penguat lereng guna mencegah terjadinya longsor. Selain itu, dinding MSE merupakan alternatif untuk menggantikan dinding penahan tanah konvensional, seperti dinding penahan tanah tipe gravitasi dan dinding kantilever, yang banyak digunakan pada konstruksi jalan kelebihan utama dari dinding MSE dibandingkan dengan dinding penahan tanah konvensional adalah ekonomis, mudah, dan cepat pelaksanaannya.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian ini berada di Jalan Tol Cakung STA 0+674 yang berlokasi di Cakung, Jakarta Timur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth Pro, 2025)

Pengolahan data dilakukan dari hasil penyelidikan tanah di lokasi penelitian, data yang digunakan berupa data sekunde, di antaranya:

1. Data *boring log*, data *boring log* ini diperoleh dari Laporan Pekerjaan Penyelidikan Tanah Proyek 6 Ruas Jalan Tol Dalam Kota Jakarta Kelapa Gading–Pulo Gebang.
2. Data parameter dinding MSE, data ini diperoleh dari brosur produk *Geoforce Segmental Retaining Wall* (GSRW) dan elemen geosintetik berupa *GI Strip*.
3. Data material timbunan, data material timbunan yang digunakan sesuai dengan standar SNI 8460 Tahun 2017
4. Data beban jalan, data pembebanan meliputi data beban jalan sebesar 15 kN/m² dan beban perkerasan sebesar 8 kN/m² yang berdasarkan SNI 8460 Tahun 2017.

Dalam analisisnya, diperlukan adanya data parameter tanah. Data parameter tanah merupakan data yang diperoleh dari hasil korelasi data hasil penyelidikan tanah *Standard Penetration Test* (SPT) di lokasi penelitian. Pada penelitian ini, digunakan data yang bersumber dari Laporan Pekerjaan Penyelidikan Tanah Proyek 6 Ruas Jalan Tol Dalam Kota Jakarta Kelapa Gading–Pulo Gebang. Berikut adalah data klasifikasi tanah eksisting setelah dilakukan pengolahan data yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Klasifikasi Tanah Eksisting

<i>Existing Soil</i>	<i>Depth (m)</i>	NSPT
<i>Clayey Silts 1</i>	0,0 - 11,0	7
<i>Silty Clay</i>	11,0 - 16,0	19
<i>Clayey Silts 2</i>	16,0 - 18,0	40
<i>Clayey Silts 3</i>	18,0 - 20,0	24
<i>Clayey Silts 4</i>	20,0 - 26,0	>50
<i>Silty Sand</i>	26,0 - 29,0	>50
<i>Clay</i>	29,0 - 30,0	22

Berdasarkan **Tabel 1**, kondisi tanah pada lokasi penelitian tergolong tanah lunak hingga kedalaman 11 meter. Secara keseluruhan, jenis tanah di lokasi penelitian didominasi oleh tanah lempung yang mana tanah lempung merupakan tanah berbutir sangat halus dengan sifat plastis, kohesif, dan permeabilitas rendah, yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh kadar air.

Dalam konstruksinya, material timbunan harus bebas dari bahan organik atau material perusak lainnya. Material timbunan tanah berbutir (*granular*) harus bergradasi baik. Ketentuan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai Sifat-Sifat Indeks dan Mekanis Tanah (Sumber: SNI 8460:2017)

	Indeks Plastisitas	Berat Isi (kN/m ³)	Berat Isi Kering Max (kN/m ³)	c' (kPA)	φ' (deg)
Pasir Halus sampai Kasar	-	19 - 20	19	-	35 - 40
Pasir Sedikit Kelauan, Kelempungan	-	18 - 19	18	-	27 - 32,5
Tanah Merah	30 - 50	16 - 17,5	12,5	10 - 25	20 - 40
Keterangan: pada kadar air optimum 40%					

Berdasarkan **Tabel 2**, material timbunan yang digunakan dalam pemodelan ini adalah pasir halus sampai kasar dengan nilai parameter maksimum. Timbunan dengan material pasir halus–kasar pada umumnya stabil dan aman, karena memiliki sudut geser dalam yang tinggi, kompresibilitas rendah, dan drainase yang baik.

Data mengenai perkuatan dinding MSE yang digunakan dalam penelitian ini dimodelkan dengan menggunakan mutu beton sebesar 20 MPa untuk *leveling pad* dan 30 MPa untuk panel dinding MSE tipe GSRW. Rincian parameter pada dinding MSE dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Parameter Dinding MSE (Sumber: Geoforce Indonesia, 2023)

Parameter	<i>Leveling Pad</i>	GSRW (K350)	Unit
Material Model	<i>Linear Elastic</i>	<i>Plate</i>	-
Mutu Beton (f'_c)	20	30	MPa
Modulus Elastisitas (E)	21.019.039	25.742.960	kN/m ²
Lebar	50	15	cm
Berat Jenis (γ)	24		kN/m ³

Data mengenai perkuatan geosintetik tipe GI Strip yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan nilai kuat tarik 75 kN. *Material model* yang digunakan dalam pemodelan GI Strip adalah *geogrid* dengan tipe material *elastoplastic*. Rangkuman parameter GI Strip yang digunakan dalam pemodelan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

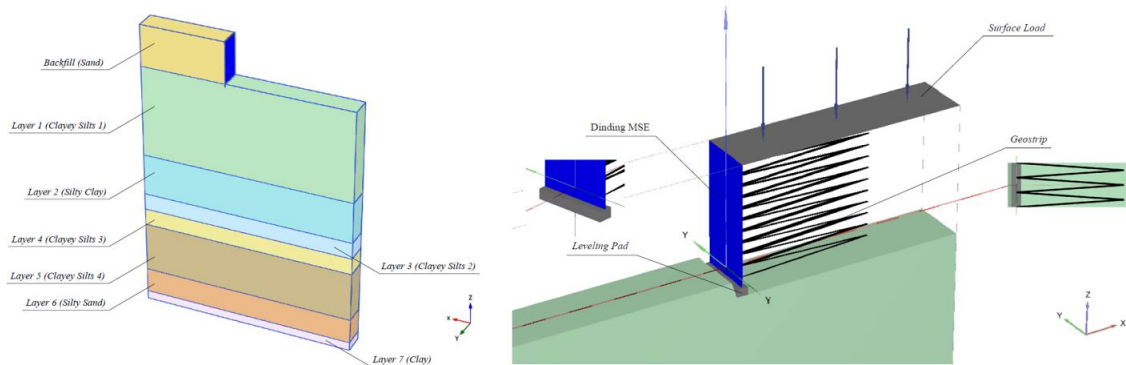
Tabel 4. Nilai Parameter Geosintetik

Kuat Tarik (kN)	<i>Installation Damage</i>	<i>Creep</i>	<i>Chemical/Biological Degradation</i>	Tallow (kN/m)	Elongasi	EA (kN/m)
30				14,8221	5%	296,4427
50	1,1	1,6	1,15	24,7036	5%	494,0711
75				37,0553	5%	741,1067

Analisis stabilitas dilakukan menggunakan Plaxis 3D dengan metode elemen hingga. Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengetahui bidang gelincir dan nilai faktor keamanan pada lereng timbunan, serta nilai deformasi lateral dinding MSE pada kondisi *long term*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

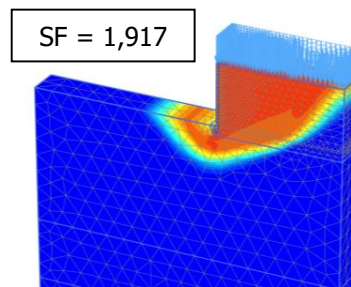
Pada penelitian ini, analisis dilakukan dengan memodelkan dinding MSE pada lereng timbunan setinggi 5 meter dengan dimensi panjang 2,5 meter dan lebar 10 meter. Pemodelan dinding MSE pada lereng timbunan dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Pemodelan Lereng Timbunan pada Plaxis 3D

1) Bidang Gelincir dan Nilai Faktor Keamanan

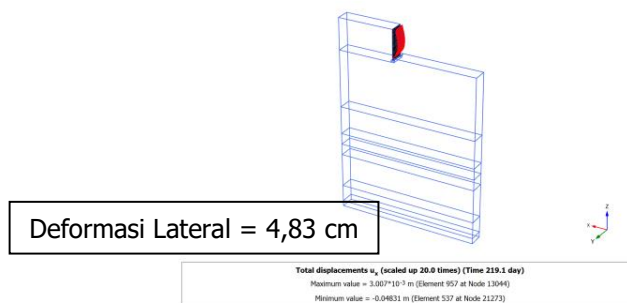
Hasil penelitian menunjukkan deformasi di area atas dinding penahan tanah, yang merupakan pengaruh akibat pembebanan. Selain itu, nilai faktor keamanan yang diperoleh adalah sebesar 1,917 sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 3**. Nilai tersebut sesuai dengan persyaratan minimum 1,5 yang disyaratkan untuk kondisi *long term* sehingga struktur dapat dikategorikan aman.



Gambar 3. Bidang Gelincir pada Lereng Timbunan

2) Nilai deformasi lateral

Nilai deformasi lateral yang terjadi pada dinding MSE adalah sebesar 4,83 cm seperti ditunjukkan pada **Gambar 4**, nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan $< H/75$ atau sebesar $< 7,13$ cm yang mana hal tersebut menunjukkan bahwa deformasi lateral tergolong kecil.



Gambar 4. Deformasi Lateral pada Lereng Timbunan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Plaxis 3D, dapat disimpulkan bahwa pemodelan dinding MSE pada lereng timbunan setinggi 5 meter dengan spesifikasi elemen geosintetik yang meliputi panjang 6 meter, kuat tarik 75 kN, dan spasi vertikal 50 cm dapat menahan tegangan dari beban di atas permukaan. Nilai faktor keamanan lereng timbunan yang diperoleh adalah sebesar $1,917 > 1,5$. Selain itu, nilai deformasi lateral yang diperoleh adalah sebesar 4,83 cm < 7,13 cm. Kedua nilai tersebut sudah memenuhi kriteria minimum yang sesuai dengan SNI 8460 Tahun 2017.

Oleh karena itu, pemodelan dinding MSE pada lereng *ramp* setinggi 5 meter dengan elemen geosintetik dapat dikatakan aman dalam hal stabilitas lereng.

DAFTAR RUJUKAN

- Anand M. Hulagabali., C.H. Solanki., G.R. Dodagoudar., & Anitha. (2023). Finite Element Analysis of Segmental Precast Concrete Panel Reinforced Earth Retaining Wall. *Jordan Journal of Civil Engineering*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, SNI 8460. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Kolenak, M., & Slavik, I. (2023). Retaining wall – Parametric study of the method of reinforcement. *Sciendoo*, 19(1).
- Laporan Penyelidikan Tanah. (2021). *Laporan pekerjaan penyelidikan tanah Proyek 6 Ruas Jalan Tol Dalam Kota Jakarta: Segmen off Cakung menuju on Cakung*.
- Muhardi, M., Alfadhella, A., & Ridwan, R. (2024). Evaluasi alternatif perbaikan lereng menggunakan metode elemen hingga. *SAINSTEK*, 12(1).
- Pangkey, R., Rondonuwu, S. G., & Mandagi, A. T. (2023). Analisis kestabilan lereng dan desain struktur penahan tanah. *TEKNO*, 21(84).
- Simbolon, R., & Sutanto, H. (2024). Pengaruh penggunaan geotextile terhadap nilai faktor keamanan lereng pada konstruksi dinding penahan tanah kantilever (Studi kasus: Ruas Jalan Nasional Tanjung Selor – Malinau STA 88+140). *Jurnal Teknologi Sipil*.
- Wan, Z., & Chen, J. (2023). Prediction of reinforcement connection loads in geosynthetic reinforced segmental retaining walls using response surface method. *MDPI*.