

Studi Kasus Dinding Penahan Tanah yang Distabilkan secara Mekanis di Jalan Tol Medan-Binjai Seksi 1

Dhinta Ayundaya N, Raffly Muhammad D, Dandung Sri Harninto
PT Geoforce Indonesia

ABSTRAK: Pembangunan jalan layang Trans Sumatera Seksi 1 Tol Medan-Binjai dilakukan dengan menggunakan sistem *Mechanically Stabilized Earth Wall*. Metode ini dipilih karena keterbatasan area menjadi tantangan karena lalu lintas jalan tol yang masih aktif pada saat itu. Dalam hal ini, *Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW)* diadopsi sebagai salah satu jenis perkuatan Tanah yang Distabilkan Secara Mekanis. Konstruksi itu sendiri merupakan kombinasi dari elemen penguat berupa ikatan gesekan, yang berinteraksi dengan bahan pengisi melalui gesekan dan memberikan kapasitas tarik. Kombinasi tersebut bertindak sebagai struktur gravitasi yang mampu menahan tekanan tanah lateral. Pekerjaan *Geoforce Segmental Retaining Wall* memiliki tinggi tembok setinggi 11.5 meter. Analisis menggunakan Metode Elemen Hingga yaitu dengan PLAXIS 3D. Analisis dilakukan untuk memahami deformasi di sekitar struktur dan mendapatkan faktor keamanan sesuai persyaratan dalam SNI Persyaratan Perancangan Geoteknik 8460:2017.

Kata Kunci: dinding tanah yang distabilkan secara mekanis, dinding penahan tanah segmental

1 PENDAHULUAN

Peningkatan volume kendaraan setiap tahunnya menuntut laju pembangunan jalan dan *flyover* yang pesat. Keterbatasan area pada pembangunan *flyover* memaksa dinding oprit jembatan harus vertikal, sehingga dibutuhkan struktur dinding penahan tanah (*Mechanically Stabilized Earth Wall*).

Salah satunya adalah *Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW)* yang merupakan suatu konstruksi dinding penahan tanah yang terdiri atas lapisan-lapisan tanah timbunan yang diperkuat dengan sabuk perkuatan (*friction tie*) dan memiliki facing yang terbuat dari beton *precast*.

Pembangunan Tol Ruas Medan Binjai merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) yang direncanakan akan membentang dari utara Pulau Sumatera sampai selatan menyambungkan Provinsi Nangroe Aceh Darussalam sampai Provinsi Lampung. Ruas ini dibagi menjadi 3 seksi dan akan berlokasi di Sumatera Utara menghubungkan Kota Medan dengan Binjai. Seksi tersebut

diantaranya adalah seksi 1 yaitu Tanjung Mulia – Helvetia.

Pada pelaksanaan Konstruksi Pekerjaan ini, PT Geoforce Indonesia ikut serta dalam pembangunan Dinding *Segmental Retaining Wall* yang terletak pada area *mainroad*.



Gbr. 1. Lokasi Pekerjaan Sistem GSRW di Area Tol yang Masih Aktif.

2 LITERATUR

2.1 Material Geosintetik

Parameter kekuatan material geosintetik dipengaruhi oleh kondisi lapangan, beban yang diterapkan (beban konstruksi, operasional dan gempa). Bahan Geosintetik memiliki spesifikasi kekuatan tariknya. Namun, selama analisis kekuatan tarik ultimit harus dibagi dengan beberapa faktor reduksi geosintetik seperti Pers. (1) di bawah ini.

$$T_{\text{allow}} = T_{\text{ult}} [1/(RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{CBD})] \quad (1)$$

Faktor-faktor seperti kerusakan instalasi (RFid), daya tahan (RFd), dan creep (RFCr) harus dipertimbangkan selama analisis. Nilai faktor reduksi geosintetik dapat diambil dari tabel di bawah ini berdasarkan penggunaan material geosintetik di lapangan.

Tabel 1. Reduction Factors of Geosynthetic Material, Koerner (2007).

Area	Installation Damage	Creep	Durability
Separation	1.1 – 2.5	1.5 – 2.5	1.0 – 1.5
Unpaved roads	1.1 – 2.0	1.5 – 2.5	1.0 – 1.5
Embankments	1.1 – 2.0	2.0 – 3.5	1.0 – 1.5
Bearing&foundation	1.1 – 2.0	2.0 – 4.0	1.0 – 1.5
Slope	1.1 – 1.5	2.0 – 3.0	1.0 – 1.5
Pavement overlays	1.1 – 1.5	1.0 – 2.0	1.0 – 1.5
Railroads	1.5 – 3.0	1.0 – 1.5	1.5 – 2.0

Besarnya nilai kuat tarik yang diijinkan setelah faktor reduksi umumnya sekitar 34% dari nilai kuat tarik ultimit, oleh karena itu perhitungan ini memenuhi persyaratan untuk lama desain 50 tahun dimana kuat tarik yang diijinkan tidak boleh lebih dari 40% dari tegangan ultimit kekuatan.

2.2 Kriteria Desain

2.2.1 Faktor Beban

Menurut AASHTO LRFD, beberapa faktor beban untuk statis dan seismik diterapkan sebagai berikut:

- $LF_w = \text{Load factor for weight of reinforced earth block}$
- $LF_p = \text{Load factor for pressure behind reinforced earth block}$
- $LF_{q1} = \text{Load factor for surcharge above reinforced earth block}$

- $LF_{q2} = \text{Load factor surcharge behind reinforced earth block}$

Tabel 2. Faktor Beban – Kondisi Statik dan Dinamik.

Load Cases	LFw	Load Factors LFp	Load Factors LFq1	LFq2	R.E Density
1	1,00	1,50	0,00	1,75	1
2	1,35	1,50	1,75	1,75	2
3	1,00	1,00	1,00	1,00	2
1s	1,00	1,50	0,00	1,00	1
2s	1,35	1,50	0,00	1,00	2

R.E density: 1 = min -2 = max

Semua aspek geoteknik mengacu pada kasus beban 3. Kasus beban ini sesuai dengan asumsi kombinasi beban pada SNI 8640:2017 Geoteknik Persyaratan Perancangan yang digunakan sebagai standar untuk semua perhitungan rekayasa geoteknik di Indonesia.

2.2.2 Kriteria Pembebanan

Beban lalu lintas ditambahkan sebagai beban hidup pada seluruh lebar permukaan jalan dan besarnya ditentukan berdasarkan kelas jalan yang diberikan mengacu pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Beban Lalu Lintas, SNI 8460:2017-Persyaratan Perancangan Geoteknik (2017).

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban di Luar Jalan (*) (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

2.3 Beban Gempa

Faktor keamanan minimum yang diperlukan untuk analisis menggunakan model pseudostatik lebih besar dari 1,1 ($SF > 1,1$) menggunakan koefisien seismik yang diperoleh dari percepatan puncak di permukaan (PGA) dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi. Daerah Medan memiliki nilai PGA : 0,25g, Peta Zonasi Gempa (2010).

Tabel 4. Faktor Amplifikasi PGA untuk $T=0,2s$, AASHTO (2012).

Kelas Situs	PGA ≤ 0,1	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA ≥ 0,5
	Ss ≤ 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1,0	Ss ≥ 1,25
Batuhan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Kelas Situs	PGA ≤ 0,1	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA ≥ 0,5
	Ss ≤ 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1,0	Ss ≥ 1,25
Batuhan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Keterangan : untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linear

Dengan demikian, nilai input gempa adalah :

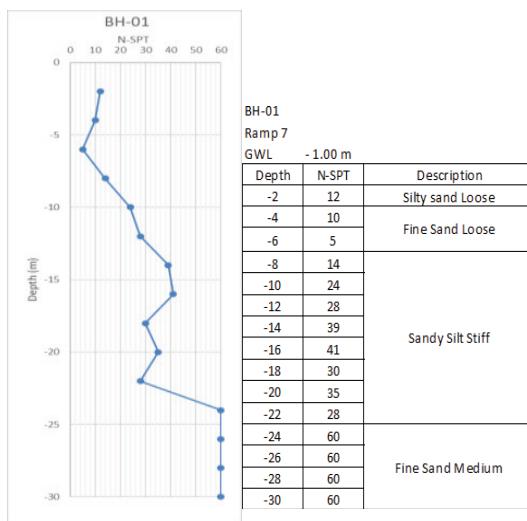
$$Kh = 0,5 \times PGA \times F_{PGA} \quad (2)$$

$$Kh = 0,5 \times 0,25 \text{ g} \times 1,6 = 0,2 \text{ g}$$

3 METODOLOGI DESAIN

3.2 Investigasi Geoteknik

Investigasi geoteknik dilakukan beberapa titik pengujian bor dalam dengan pengambilan sampel tak terganggu. Titik bor terdekat dengan area pembangunan flyover menggunakan titik BH-01.



Gbr. 2. Grafik Hasil Bor SPT BH 01.

Dari hasil pengujian bor dalam hingga kedalaman 30 meter, diperoleh kondisi tanah yang bervariasi. Dari permukaan hingga kedalaman sekitar 2 meter, terdefinisi sebagai pasir kelanaan dengan kepadatan lepas

dengan nilai N-SPT 12/60 blows. Pada kedalaman 2 meter – 6 meter, ditemukan lapisan tanah pasir halus dengan kepadatan lepas dengan nilai N-SPT antara 5-10/60 blows. Lapisan tanah kaku yang terdefinisi adanya lapisan lanau kepasiran dengan nilai N-SPT antara 14-41/60 blows. pada kedalaman 24 meter – 30 meter terdapat lapisan pasir halus dengan kepadatan sedang dengan nilai N-SPT >60/60 blows.

3.3 Pemodelan

Pemodelan dilakukan pada perangkat lunak PLAXIS 3D untuk mengetahui stabilitas global, deoformasi lateral dan besarnya nilai kuat tarik *friction tie*. Pemodelan dilakukan dengan menginterpretasi hasil penyelidikan lapangan berupa hasil bor SPT dan penyelidikan laboratorium menjadi parameter tanah untuk dimodelkan di perangkat lunak PLAXIS 3D. Pemodelan ini menggunakan model Mohr Coulomb dan Linear Elastic. Berikut adalah rangkuman hasil interpretasi data tanah untuk analisa dinding penahan tanah dengan *Geoforce Segmental Retaining Wall* (GSRW) pada proyek Tol Medan Binjai.

Tabel 5. Parameter Data Tanah pada Model Mohr Coulomb.

Jenis Tanah	γ_{uns}/γ_s (kN/m ³)	E (kPa)	U'	c' (kPa)	ϕ' (°)
Silty sand medium	15/17	15000	0,25	5	25
Fine sand loose	16/18	10000	0,25	0	15
Sandy silt stiff	15/17	40000	0,30	20	35
Fine sand dense	16/18	70000	0,35	0	45
Fill	17/19	35000	0,30	10	30

Tabel 6. Parameter Beton pada Model Linier Elastic.

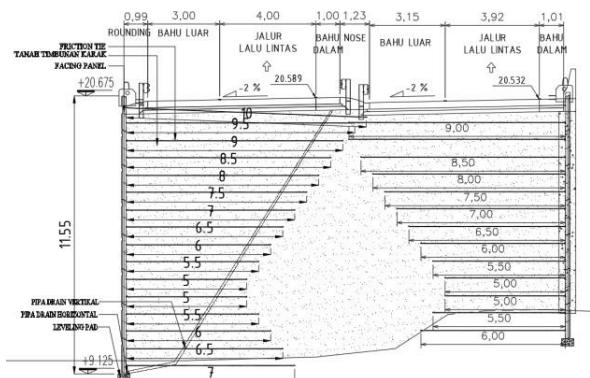
Jenis Tanah	γ_{uns}/γ_s (kN/m ³)	E (kPa)	U'
Leveling pad	24/24	23,03E3	0,15

Tabel 7. Parameter *Friction Tie* untuk Simulasi Model Numerik di PLAXIS.

Material	EA (kN/m)	Np (kN/m)
Friction tie 50 kN/m	463	23,2

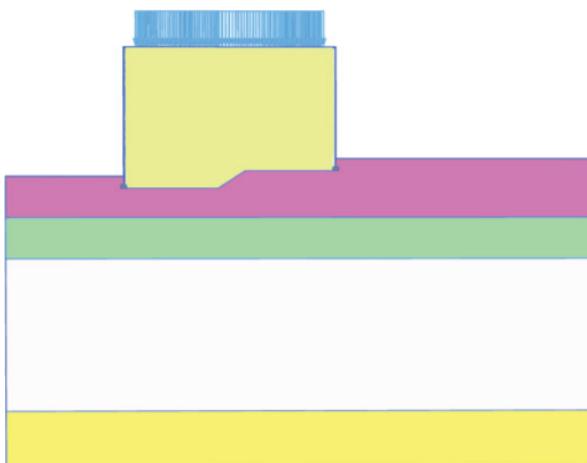
Tabel 8. Parameter Plate GSRW.

Tipe Material	d (m)	γ (kN/m ³)	E (kN/m ²)	v'
Elastic	0,19	24	20,27E6	0,15



Gbr. 3. Desain Potongan Melintang GSRW Tol Medan Binjai.

Proses perancangan desain sebelum dilakukan analisa menggunakan perangkat lunak PLAXIS yaitu meninjau stabilitas internal dan stabilitas eksternal. Perhitungan panjang penjangkar yang dibutuhkan adalah sebesar 50 kN/m dengan variasi panjang penjangkar tiap layer seperti pada Gbr. 3.



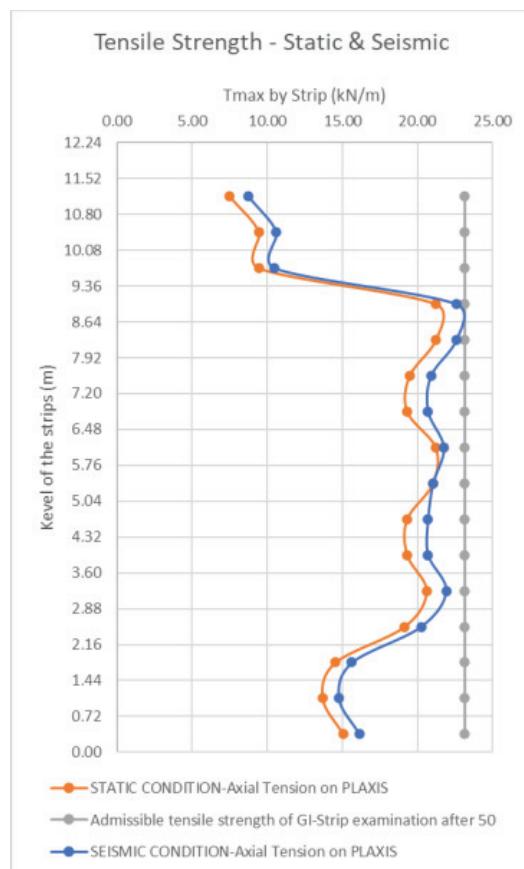
Gbr. 4. Pemodelan Dinding Penahan Tanah dengan GSRW.

Analisa pemodelan dilakukan seperti gambar rencana, dimana tinggi dinding mencapai 11,5 meter dengan lebar jalan 18 meter. Penjangkar *friction tie* dibuat setiap ketinggian (Sv) 0,072 meter dengan panjang penjangkar yang telah diperhitungkan sebelumnya.

3.4 Hasil dan Diskusi

3.4.1 Perbandingan Kuat Tarik pada PLAXIS

Perbandingan gaya tarik aksial yang bekerja pada *friction tie* pada kondisi pembebahan statis dan seismik berdasarkan PLAXIS adalah sebagai berikut:



Gbr. 5. Pemodelan Dinding Penahan Tanah dengan GSRW.

Besarnya nilai kuat tarik yang diijinkan setelah faktor reduksi sebesar 23,15 kN/m untuk lama desain 50 tahun. Nilai gaya tarik aksial yang bekerja pada *friction tie* pada kondisi pembebahan statis dan seismik kurang dari desain tersebut sehingga telah memenuhi persyaratan lama desain.

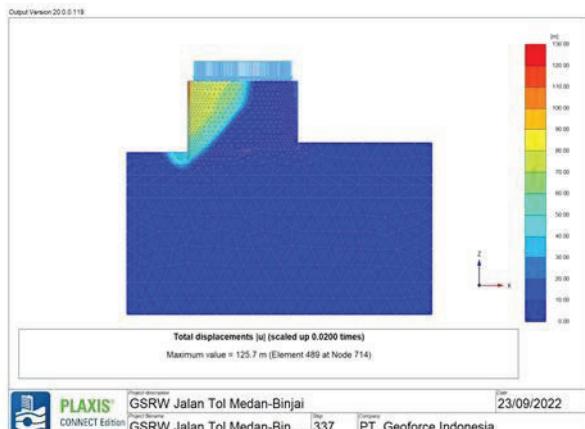
3.4.2 Hasil Faktor Keamanan Stabilitas Global

Faktor keamanan yang ditargetkan terhadap Stabilitas Global (Berdasarkan Standar Indonesia SNI 8460:2017) adalah :

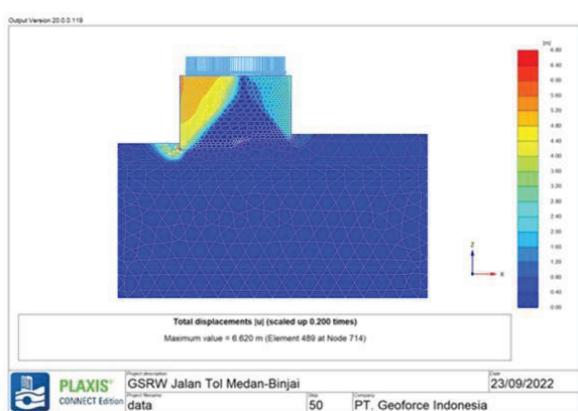
- Dalam kondisi statis sebesar > 1,5.
- Dalam kondisi seismik sebesar > 1,1.

Faktor Keamanan Global yang dicapai adalah

- Kondisi Statis : 1,62 → 1.50 OK!
- Kondisi seismik : 1,18 → 1.10 OK!



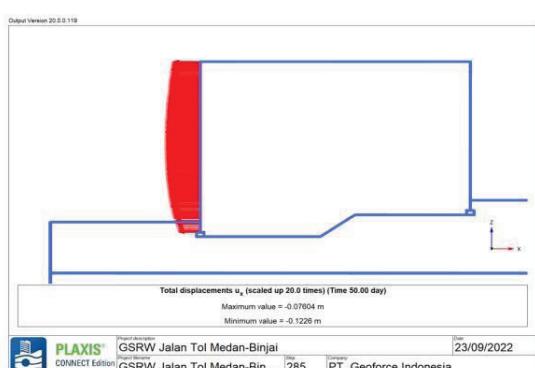
Gbr. 6. Hasil Analisa Faktor Keamanan Tanpa Beban Pseudostatik.



Gbr. 7. Hasil Analisa Faktor Kemanan dengan Beban Pseudostatik.

3.4.3 Perkiraan Pergerakan Lateral

Perkiraan pergerakan lateral dinding GSRW adalah sebagai berikut:



Gbr. 8. Potensi Deforomasi Vertikal Dinding Panel GSRW

Estimasi deformasi lateral MSE Wall pada desain rencana beban 15 kPa adalah sekitar 123 mm. Menurut SNI 8460:2017, batas perpindahan lateral untuk MSE Wall dengan perkerasan lentur adalah 1/75 tinggi dinding sedangkan untuk perkerasan kaku adalah 1/250 tinggi dinding. Nilai perkiraan perpindahan lateral adalah sekitar 1% dari tinggi dinding. Namun, MSE Wall didesain dengan panel segmental dengan panel joint di antara panel, sehingga sistem dinding akan tetap aman terhadap deformasi.

4 KESIMPULAN

Pemodelan analisis untuk struktur penahan tanah dengan GSRW ini telah memenuhi kriteria desain faktor keamanan yang telah ditargetkan. Desain *life time* perkuatan pada kondisi pembebahan statis dan seismik kurang dari persyaratan lama desain 50 tahun.

Perkiraan estimasi deformasi lateral pada beban rencana 15 kPa sebesar 123 mm dimana batas perpindahan lateral telah memenuhi syarat (SNI 8460:2017).

PENGHARGAAN

Penulis dari makalah studi kasus ini hendak mengucapkan terima kasih kepada seluruh tim PT Geoforce Indonesia serta seluruh tim yang berkaitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Koerner, R. 2005. *Designing with Geosynthetics*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
Standar Nasional Indonesia (SNI 8460:2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: BSN.

