

Diterima : 26 Agustus 2024 | Selesai Direvisi : 01 Oktober 2024 | Disetujui : 07 Oktober 2024 | Dipublikasikan : Desember 2024
DOI : <http://doi.org/10.24853/jk.16.1.41-49>
Copyright © 2024 Jurnal Konstruksia
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Pengaruh Penguncian Modular Blok Pada Perkuatan MSE Wall

Eka Nur Fitriani¹ dan Suprapti¹

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No. 1 Kembangan Jakarta Barat 11650

Email korespondensi: eka_nf@mercubuana.ac.id

ABSTRAK

Banyak struktur tegak menggunakan MSE (*Mechanically Stabilized Earth*) wall dengan permukaan modular blok beton yang diperkuat menggunakan geogrid. Telah dilakukan studi sebelumnya mengenai analisis kestabilan MSE wall, yang dimana dalam prakteknya menggunakan kuat tarik pada analisisnya. Untuk itu perlu dilakukan penelitian terkait dengan pengaruh penguncian modular blok beton terhadap gaya tarik pada perkuatan Dinding MSE. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan tarik yang terjadi akibat pengaruh penguncian modular blok beton. Manfaat dari penelitian ini yaitu memberi pengetahuan pada praktisi dalam menganalisis dinding MSE. Penelitian dilakukan dengan studi pustaka pada pengujian kuat tarik (*pull out*) skala laboratorium modular blok dengan dua kondisi yaitu dengan konektor dan tanpa pin konektor, setelah itu hasil dari kekuatan konektor dimasukkan ke dalam analisis perhitungan MSE Wall. Dari hasil analisis perhitungan MSE Wall didapatkan bahwa modular blok dengan menggunakan pin konektor dapat meningkatkan angka keamanan dari stabilitas eksternal struktur MSE Wall.

Kata kunci: MSE wall, kuat tarik, modular blok beton

ABSTRACT

Many upright structures utilize MSE (*Mechanically Stabilized Earth*) walls with modular concrete block surfaces, reinforced using geogrids. Previous studies have analyzed the stability of MSE walls, typically employing tensile strength in the analysis. Therefore, research is needed to investigate the effect of interlocking modular concrete blocks on the tensile forces in the reinforcement of MSE walls. This research aims to determine the tensile strength resulting from the interlocking effect of modular concrete blocks. The benefit of this study is to provide practitioners with knowledge for analyzing MSE walls. The research was conducted through a literature review of pull-out tests on laboratory-scale modular blocks in two conditions: with and without connector pins. The results of the connector strength tests were then incorporated into the calculation and analysis of MSE walls. From the analysis, it was found that modular blocks with connector pins can enhance the factor of safety in the external stability of MSE wall structures.

Keywords: MSE wall, tensile strength, modular concrete blocks

1. PENDAHULUAN

Perkembangan penggunaan material geosintetik sebagai material perkuatan pada dinding penahan tanah merupakan dampak dari mahalnya biaya konstruksi untuk perkuatan jenis lain. Selain

harganya lebih murah juga pemasangannya lebih mudah. Akan tetapi perkuatan dengan metode ini memiliki kapasitas yang lebih kecil dan *durability* yang lebih pendek, mengingat bahan utamanya terbuat dari plastik yang rentan terhadap sinar UV. Untuk itu pada struktur

dinding penahan tanah dengan perkuatan material geosintetik harus terhindar dari matahari.

Dalam mendesain dinding penahan tanah dengan perkuatan geosintetik terdapat *external stability* dan *internal stability*. Namun perhitungan *internal stability* sering kali diabaikan dan dianggap tidak penting, walaupun *internal stability* merupakan faktor penting pada kekakuan struktur dinding penahan tanah. Adapun faktor utama yang penting dalam *internal stability* adalah *pull out* (gaya tarik).

Komponen utama yang berperan dalam *pull out resistance* yaitu interaksi antara material perkuatan dalam hal ini adalah geogrid dengan material timbunan serta penguncian modular blok beton. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk mempelajari gaya interaksi antara geogrid dengan tipe penguncian modular blok beton.

2. MSE WALL

Sistem Dinding MSE secara umum dapat dipecah menjadi komponen-komponen dibawah ini:

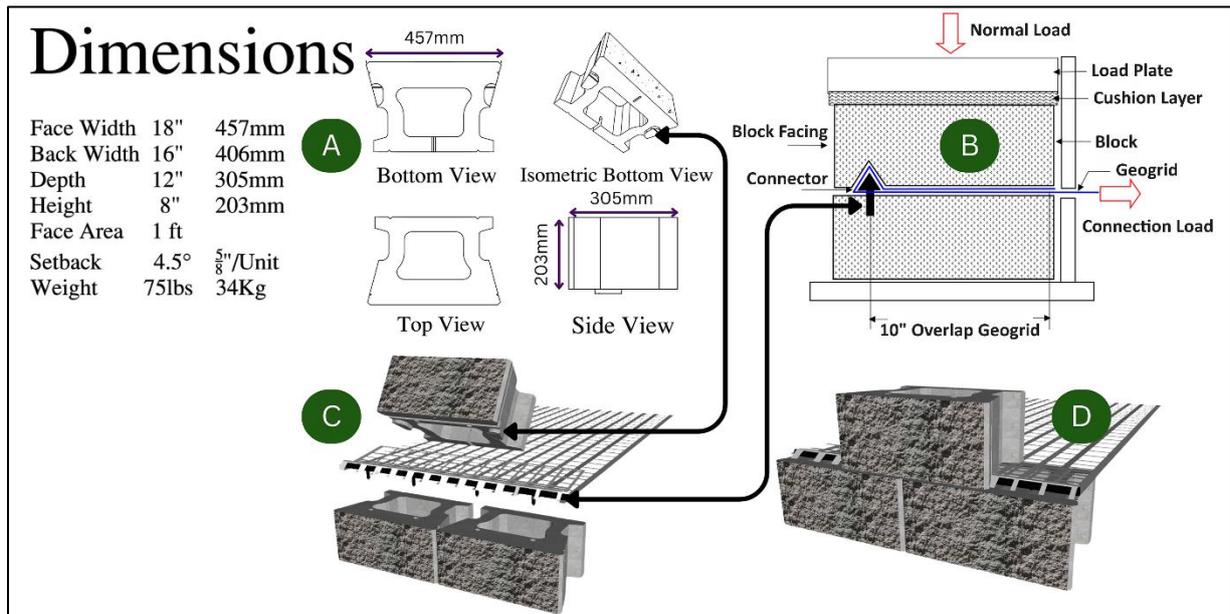
- a) Tanah Timbun untuk Zona Tanah Bertulang
- b) Tulangan Timbun – Geogrid atau geosintetik lainnya
- c) Sistem pelapis – seperti blok modular untuk SRW, jenis lain juga tersedia, dengan efek berbeda pada perilaku sistem
- d) Sambungan antara pelapis & tulangan geosintetik, sebagai turunan dari (c.)

Dinding MSE biasanya terdiri dari beberapa komponen dengan banyak variasi, beberapa di antaranya bersifat hak milik, konsep dan kriteria desain telah dibahas oleh beberapa lembaga. Dalam

merancang dan membangun SRW yang aman yang menahan tekanan tanah & beban eksternal, berbagai pertimbangan dan berbagai analisis diperlukan untuk mencegah beberapa mode kegagalan Dinding MSE, dengan klasifikasi dan definisinya yang disertakan dalam peraturan geoteknik. Karena sistem dinding MSE bersifat multi-komponen, analisis stabilitas secara umum dibagi menjadi tiga (3) kelompok utama, Stabilitas Eksternal, Stabilitas Internal & Masalah Geoteknik. Stabilitas Internal SRW mengacu pada stabilitas komponen individual dari sistem dinding tanah yang diperkuat dan perilaku zona yang diperkuat sebagai blok dinding. Sementara itu, Stabilitas Eksternal mengacu pada kapasitas struktural untuk menahan gaya dan tekanan eksternal saat berfungsi sebagai dinding penahan. Pertimbangan geoteknik yang perlu diperiksa meliputi Daya Dukung & Penurunan Dinding MSE, dan stabilitas global lereng/dinding secara keseluruhan dalam kaitannya dengan luas tanah umum di lokasi.

Sistem permukaan

Sistem pelapis terdiri dari unit blok segmental inti berongga beton pracetak yang ditumpuk bersama-sama. Spesifikasi unit blok segmental diberikan dalam Gambar 2. Inti berongga di blok diisi dengan agregat ukuran tunggal 20 mm untuk sifat drainase bebas dan sifat saling mengunci yang lebih tinggi antara blok dan geogrid. Kekuatan tekan yang dibutuhkan untuk unit blok segmental pada 28 hari adalah 29 MPa (K350). Batang penghubung HDPE dengan kekuatan tinggi digunakan untuk menjepit tulangan geogrid saat saling mengunci blok lapisan bawah & lapisan atas.



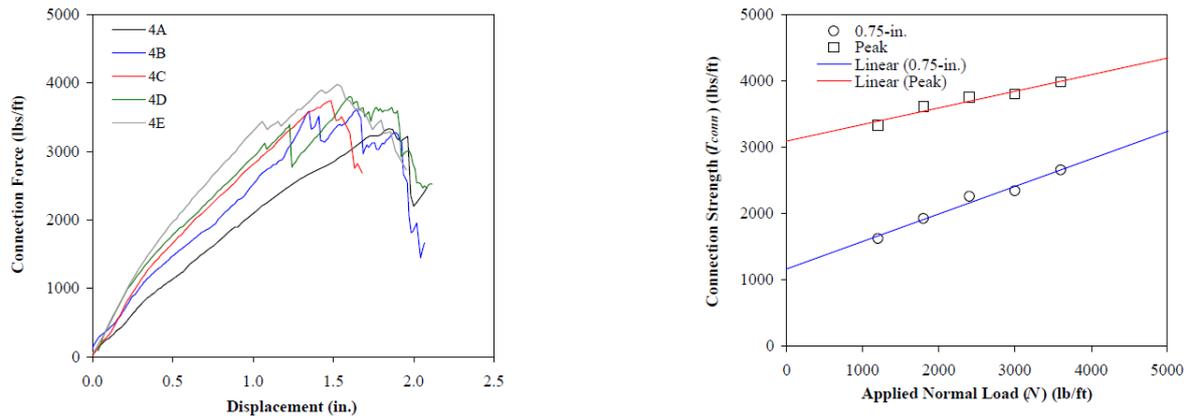
Gambar 1. Sistem permukaan MSE Wall a) Dimensi & Bentuk Blok, (b) Pengaturan ASTM D6638 (c) Urutan Konstruksi blok SRW dan pembungkus geogrid (d) Penumpukan selesai setelah blok *overlay* ditempatkan di atas geogrid yang terhubung.

Hubungan antara elemen penghadap dan penguat sebagai input analisis

Sambungan antara tulangan geosintetik dan unit yang menghadap memindahkan semua tegangan tarik sisa dalam tulangan untuk dihamburkan ke unit yang menghadap. Ini mengharuskan unit yang menghadap memiliki beberapa bentuk komponen struktural seperti dinding yang menghadap.

Uji ini untuk menentukan kapasitas geser pada antarmuka blok-geogrid modular. Hasil kapasitas geser kemudian dibandingkan dengan tekanan tanah aktif yang berkembang diantara lapisan geogrid untuk mencegah kegagalan geser antarmuka atau penonjolan SRW. Uji ini digunakan untuk menentukan kekuatan sambungan untuk desain sistem sambungan yang dibentuk oleh unit blok

beton segmental dan lapisan tulangan geosintetik di dinding penahan tanah bertulang. Melakukan serangkaian uji sambungan ini pada beban normal yang bervariasi memungkinkan pengembangan hubungan antara kekuatan sambungan dan beban normal. Hubungan ini dapat berupa linear, bi-linear, atau beberapa ekspresi matematika kompleks lainnya. Laporan uji kekuatan sambungan, persamaan kekuatan yang dihasilkan, dan parameter input GEO5 untuk kekuatan sambungan ditunjukkan pada Gambar 2 & Tabel 1 masing-masing. Hasil uji untuk kekuatan sambungan akan berbeda untuk sistem blok modular yang berbeda yang digunakan, dan juga akan berbeda jika blok yang sama digunakan tetapi dengan tulangan geosintetik yang berbeda digunakan.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Kuat Geser Modular Blok dengan Geogrid 8XT

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Geser Modular Blok dengan Geogrid 8XT

No Tes	Uji Tes Normal (MPa)	Beban Normal Setara (kN/m)	Rata-rata Jumlah Blok	Rata-rata Ketinggian Dinding (m)	Kekuatan pada 0,75-in. (kN/m)	Kekuatan puncak (kN/m)
4A	0,057	17,513	15	3,139	23,657	48,598
4B	0,086	26,269	23	4,694	28,093	52,669
4C	0,115	35,025	31	6,248	32,953	54,669
4D	0,143	43,782	38	7,803	34,150	55,413
4E	0,172	52,538	46	9,388	38.776	58,186

3. METODE DAN DATA

Desain Dinding MSE berdasarkan Metode Ekuilibrium Batas adalah serangkaian analisis untuk memecahkan kesetimbangan gaya di dinding sebagai respons terhadap pembebanan, dalam aspek ini solusi untuk kesetimbangan gaya akan menghasilkan gaya tarik lokal yang diperlukan untuk konfigurasi perkuatan geosintetik tertentu yang juga memenuhi $FS = 1,0$ di mana-mana dalam geometri masalah (Leshchinsky et.al. 2017). Studi yang sama juga merekomendasikan penerapan pendekatan Desain LE dalam dua (2) tahap, pertama untuk memecahkan Stabilitas Internal dan langkah kedua untuk memecahkan stabilitas global/eksternal geometri lereng/dinding, melanjutkan dari solusi dasar dari langkah stabilitas internal. AASHTO telah menyetujui pendekatan LE sebagaimana disajikan dalam FHWA-HIF-17-004 (Leshchinsky et.al. 2016). Rincian

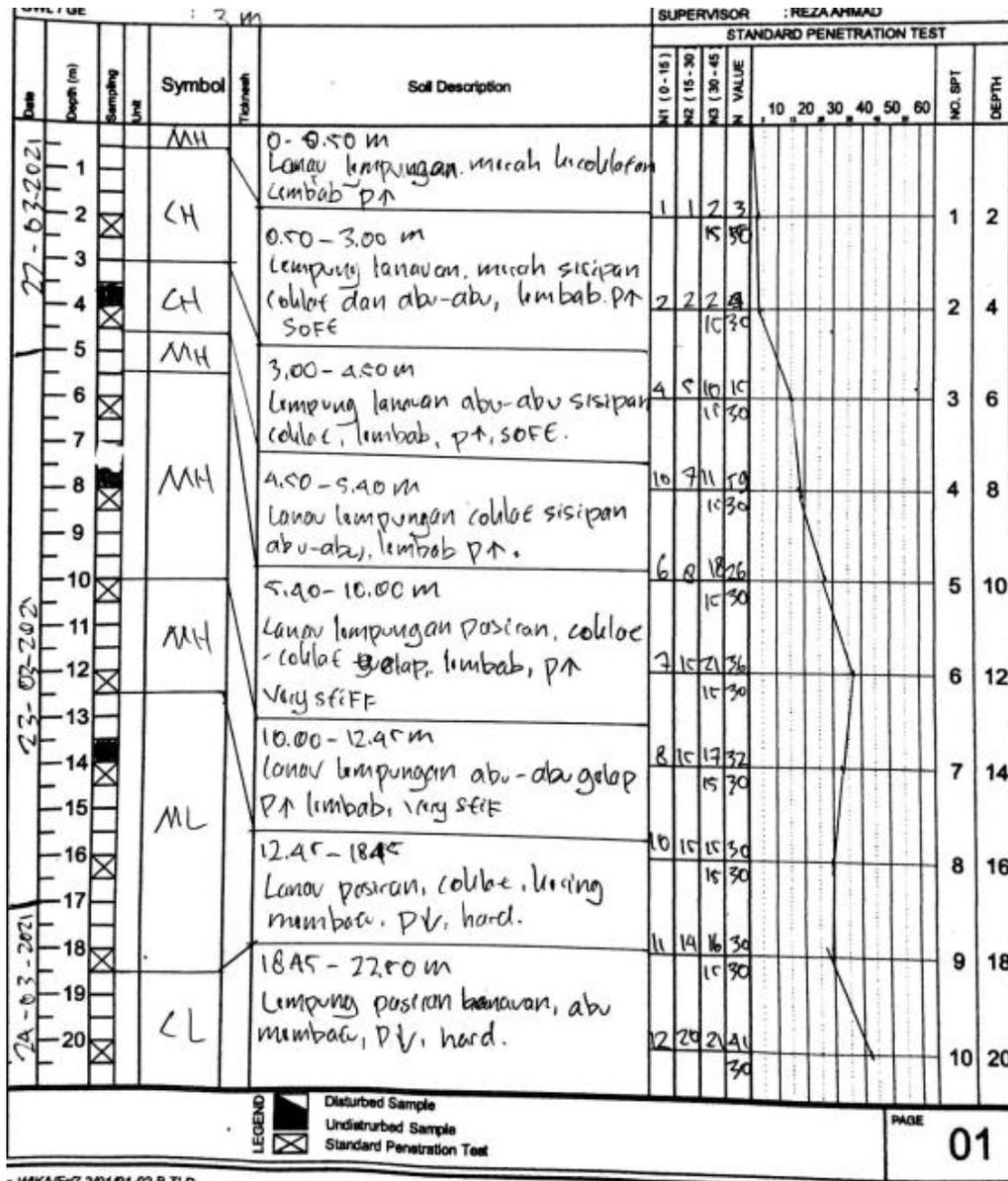
lebih lanjut tentang pendekatan tersebut dapat ditemukan disumber yang dikutip. Sebaliknya, analisis elemen hingga adalah analisis numerik yang didasarkan pada diskritisasi geometri kontinum menjadi elemen struktural yang kemudian dipecahkan menggunakan matriks kekakuan untuk memperoleh perpindahan dan gaya, apriori. Perbedaan utama antara analisis LE dan FE pada Dinding MSE adalah asumsi yang digunakan terkait perilaku konstitutif material, dan akibatnya, tegangan tanah yang dihasilkan dan gaya yang dimobilisasi akan berbeda.

Data tanah dasar

Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari proyek Pembangunan Kontruksi MSE Wall Pembangunan Ramp Junction dan Exit Pamulang dengan parameter tanah dasar

mengikuti kepada hasil Sondir, daya dukung tiang, dll, yang telah dilakukan langsung dilapangan ataupun laboratorium. Berdasarkan pada *layout* gambar titik sondir pada pekerjaan rencana MSE Wall akan menggunakan

sondir/Borelog sesuai dengan dinding pada sisi acuan data yang konservatif yang dapat mewakili dengan acuan sisi dengan ketinggian 6 meter, sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil Borlog 10

Pendekatan *engineering* untuk mengetahui nilai *index properties* tanah yang akan digunakan mengacu kepada acuan Hubungan konsistensi antara NSPT dengan *Undrained Cohesion* [2] yang berikutnya

dilakukan Kembali konversi dengan kondisi *Drained* berdasarkan *engineering justice*/pengalaman, maka didapat angka *properties* sebagai berikut:

Tabel 6. *Properties* Tanah Berdasarkan pendekatan data borelog 10

Kedalaman (m)	Nilai NSPT	Drained			Undrained		
		γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	c_u (kN/m ²)	ϕ (°)
0 - 0.5	3	20,5	5	5	-	18	-
0.5 - 3	4	20,5	6	17	-	24	-
3 - 4.5	6	20,5	8	17	-	36	-
4.5 - 5.4	10	21	10	19	-	60	-
5.4 - 10	26	21	22	19	-	150	-
Hard Soil	30	21	24	19	-	180	-

Analisis data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil analisis MSE Wall menggunakan software yang berbasis *limit equilibrium* (Geo 5), dimana untuk kekuatan tarik desain menggunakan dari hasil pengujian yang didapat dari hasil pengujian laboratorium antara modular blok tanpa konektor dan dengan konektor

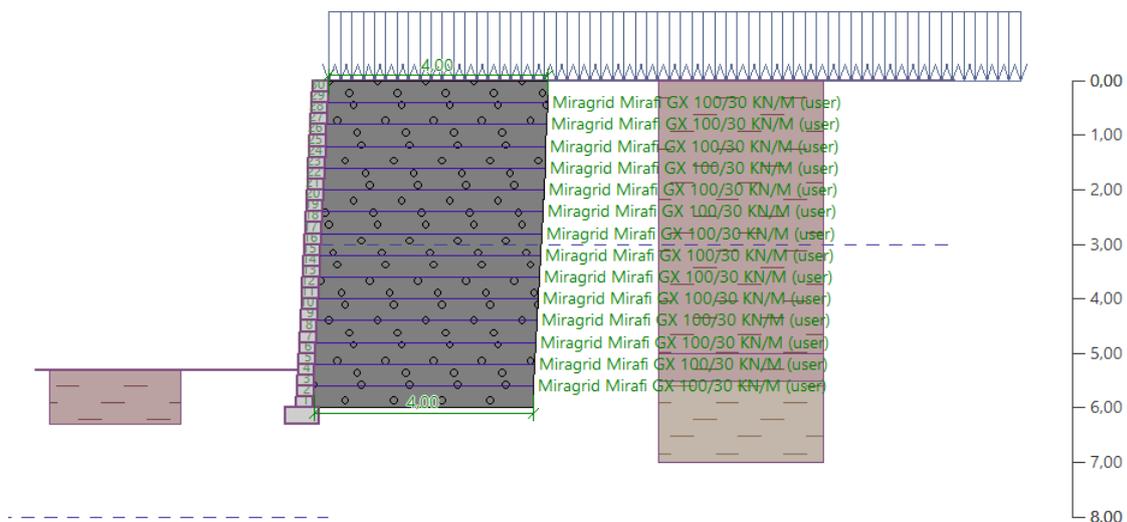
Tahapan analisis

Adapun tahapan analisis yaitu sebagai Adapun tahapan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis hasil pengujian *shear*

strength test antar balok MSE Wall tanpa dan dengan konektor

2. Menganalisis MSE Wall menggunakan geogrid dengan menggunakan software berbasis LEM (*Limit Equilibrium Method*). Dengan data dari hasil test *shear strength test* dan dari spesifikasi geogrid yang ada.
3. Lakukan analisis terkait hasil perhitungan MSE Wall.

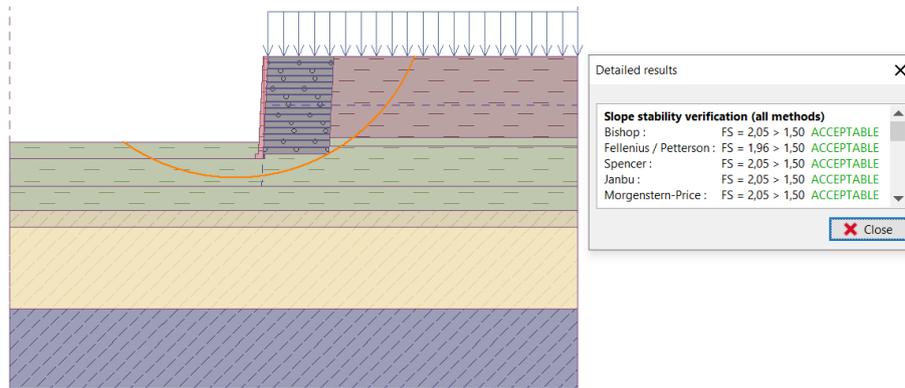


Gambar 4. Profil Desain H 6 Meter

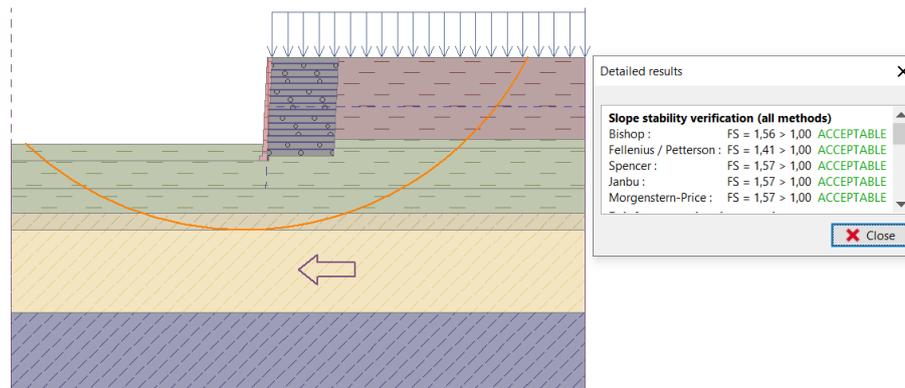
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan pada ramp dengan ketinggian 6 m dengan *Minimum Embedded Wall* (Terbenam) 1 Meter. Maka hasil analisa Geo5 berdasarkan ketinggianya adalah sebagai berikut.

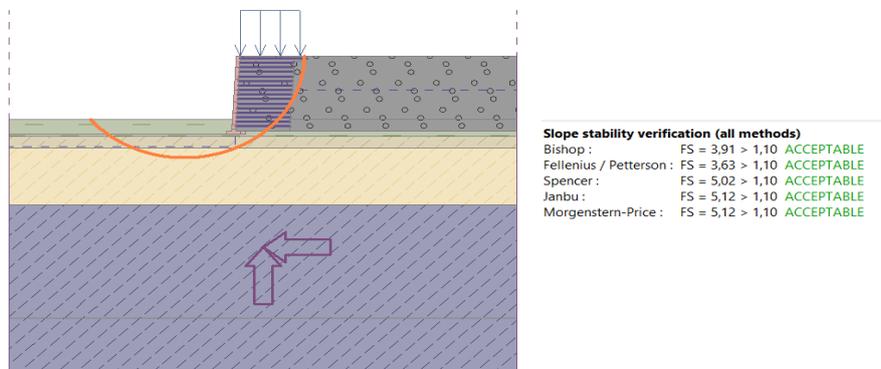
Analisis dilakukan dengan 2 metode dengan merubah kekuatan konektornya. Untuk MSE *Wall* tanpa konektor digunakan $R_{con} = 55 \text{ kN/m}$, sedangkan yang dengan konektor digunakan $R_{con} = 58,2 \text{ kN/m}$ (sesuai dengan hasil dari pengujian di laboratorium)



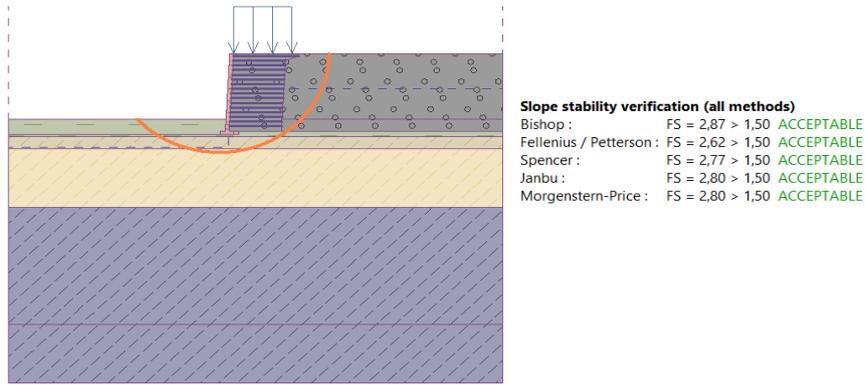
Gambar 5. Analisa Stabilitas Modular Blok Tanpa Konektor Kondisi Statis



Gambar 6. Analisa Stabilitas Modular Blok Tanpa Konektor Kondisi Statis



Gambar 7. Analisa Stabilitas Modular Blok dengan Konektor Kondisi Statis



Gambar 8. Analisa Stabilitas Modular Blok Dengan Konektor Kondisi Statis

Dari hasil analisis maka didapatkan nilai stabilitas yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Hasil Analisis

Tipe Modular Blok	Kondisi Statis	Kondisi Gempa
Tanpa Konektor	1,96	1,41
Dengan Konektor	2,62	3,63

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. penggunaan pin konektor dapat menambah kekuatan koneksi antar modular bloknya;
2. penggunaan pin konektor mempengaruhi angka stabilitas lereng MSE Wall;
3. hasil analisis stabilitas eksternal dengan menggunakan pin konektor memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan yang tanpa pin konektor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cook, R. D. (1990). *Konsep Aplikasi Metode Elemen Hingga*. PT Eresco.
- [2] Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah Jilid 2*. Erlangga.
- [3] Dash, S. K., Krishnaswamy, N. R., & Rajagopal, K. (2001). Bearing capacity of strip footings supported on geocell-reinforced sand. In

Geotextiles and Geomembranes (Vol. 19).

- [4] Departemen Pekerjaan Umum, & Direktorat Jenderal Bina Marga. (2009). *Pedoman No. 003/BM/2009 Perencanaan dan Pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik*.
- [5] Fitriani, E. N., Suprapti, S., & Simatupang, P. T. (2022). Pemilihan Perkuatan Geosintetik pada Lereng di Atas Tanah Lunak Berdasarkan Interaksinya dengan Tanah. In Y. Halim, S. G. Handoko, D. Nandya, T. Y. Rus, M. Rifky, L. Chandra, R. Mikhail, & V. F. Chou (Eds.), *26th Annual National Conference on Geotechnical Engineering* (pp. 35–42). Himpunan Ahli Teknik Tanah.
- [6] Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1* (3rd ed.). Gajah Mada University Press.
- [7] Hardiyatmo, H. C. (2017). *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya Perancangan dan Aplikasi*. Gajah Mada University Press.
- [8] Hidayah, S., & Gratia, Y. R. (2007). *Program Analisis Stabilitas Lereng*. Universitas Diponegoro.
- [9] Mehdipour, I., Ghazavi, M., & Moayed, R. Z. (2013). Numerical study on stability analysis of geocell reinforced slopes by considering the bending effect. *Geotextiles and Geomembranes*, 37, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.geotexme.2013.01.001>

- [10] Nasional, B. S. (2017). *SNI 8460 : 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. www.bsn.go.id
- [11] Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Sipil Statik*, 2(No 1), 37–46.
<https://www.researchgate.net/publication/307167547>
- [12] Pramulandani, A., & Hamdhan, I. N. (2020). Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga (Plaxis 2D). *RekaRacana : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 86–92.
- [13] PT Pandu Equator Prima. (2020, October 15). *Geocell*. <https://PanduEquator.Com/Geocell/>
- [14] Rahardjo, P. P. (2002). *Manual Kestabilan Lereng*. GEC : Universitas Katolik Parahyangan.
- [15] Setyanto, Zakaria, A., & Permana, G. W. (2016). Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2 (Studi Kasus : Ruas Jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650). *Jurnal Rekayasa*, 20(2).
- [16] Surjandari, N. S., Setiawan, B., & Nindyantika, E. (2012). Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil. *KoNTekS*, 6, G11–G19.
- [17] Tjie-Liong, G. (2018, September 16). Common Mistakes in Designing MSE Wall with Finite Element Method. *International Conference OnGeosynthetics*. www.11icg-seoul.org