

ANALISIS STABILITAS LERENG PADA TANAH LEMPUNG LUNAK KABUPATEN KAPUAS DENGAN PERKUATAN *GEOCELL* MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS DAN METODE FELLENIUS

Muhammad Fitriansyah*, Khairul Kurniawan, Elia Anggarini, Irwandy Muzaidi

Prodi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

Jl. Gubernur Syarkawi, Kab. Barito Kuala, Kalimantan Selatan

*Email: fitriansyahm3@gmail.com

Abstrak

Lereng merupakan permukaan tanah yang memiliki kemiringan tertentu dari bidang horizontal. Faktor yang dapat menyebabkan terjadinya longsor berasal dari struktur lereng itu sendiri, seperti kemiringan dan karakteristik tanah atau batuan dari lereng. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui angka faktor keamanan lereng dengan kondisi eksisting dan mengetahui angka faktor keamanan setelah diperkuat dengan geocell secara horizontal sebanyak 1 lapis, 2 lapis, 3 lapis, 5 lapis, dan 7 lapis menggunakan program Plaxis dan perhitungan manual menggunakan Metode Fellenius. Hasil angka faktor keamanan yang diperoleh dari analisis dengan program Plaxis pada kondisi eksisting adalah 1,0877, untuk geocell 1 lapis sebesar 1,4283, geocell 2 lapis sebesar 1,4894, untuk geocell 3 lapis sebesar 1,5592, untuk geocell 5 lapis sebesar 1,7521, dan untuk geocell 7 lapis sebesar 2,1431. Sedangkan angka faktor keamanan melalui perhitungan manual menggunakan Metode Fellenius pada kondisi eksisting adalah 0,9499, untuk geocell 1 lapis sebesar 1,0540, untuk geocell 2 lapis sebesar 1,1818, untuk geocell 3 lapis sebesar 1,3247, untuk geocell 5 lapis sebesar 1,6553, dan untuk geocell 7 lapis sebesar 2,0459. Dari hasil analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan geocell sebanyak 3 lapis secara horizontal sebagai perkuatan lereng menunjukkan hasil yang paling efisien untuk diaplikasikan pada lereng tersebut.

Kata kunci: Faktor Keamanan, Geocell, Lereng, Metode Fellenius, Plaxis

Abstract

A slope is a land surface that has a certain slope from the horizontal plane. Factors that can cause landslides come from the slope structure itself, such as slope and soil or rock characteristics of the slope. The purpose of this research is to determine the safety factor number of slopes with existing conditions and determine the safety factor number after being reinforced with geocells horizontally as much as 1 layer, 2 layers, 3 layers, 5 layers, and 7 layers using the Plaxis program and manual calculations using the Fellenius Method. The result of the safety factor number obtained from the analysis with the Plaxis program in the existing condition is 1.0877, for 1-layer geocell of 1.4283, 2-layer geocell of 1.4894, for 3-layer geocell of 1.5592, for 5-layer geocell of 1.7521, and for 7-layer geocell of 2.1431. While the safety factor number through manual calculation using the Fellenius Method in the existing condition is 0.9499, for 1-layer geocell of 1.0540, for 2-layer geocell of 1.1818, for 3-layer geocell of 1.3247, for 5-layer geocell of 1.6553, and for 7-layer geocell of 2.0459. From the analysis, it can be concluded that the use of 3 layers of geocells horizontally as slope reinforcement shows the most efficient results to be applied to the slope.

Keywords: Fellenius Method, Geocell, Plaxis, Safety Factor, Slope

1. PENDAHULUAN

Tanah lempung yang memiliki konsistensi lunak banyak ditemukan di pulau kalimantan, terutama di daerah Selatan Pulau Kalimantan. Tanah lempung lunak tentunya banyak menyebabkan kerugian di bidang konstruksi bangunan sipil karena memiliki daya dukung dan tingkat stabilitas yang rendah. Salah satu konstruksi bangunan sipil yang dimaksud adalah struktur tanah pada lereng. Ada beberapa metode yang banyak digunakan di dalam perkuatan lereng di kalimantan, salah satunya ada

menggunakan material kayu cerucuk galam. Namun bahan tersebut semakin sulit didapatkan dikarenakan semakin sedikitnya ekosistem kayu galam tersebut. Di zaman saat ini ada material terbaru sebagai bahan perkuatan lereng yaitu *geocell*. Berdasarkan dari beberapa riset yang telah dilakukan diketahui material tersebut sangat efektif memberikan kekuatan lereng pada tanah lunak.

Lereng merujuk pada permukaan tanah yang memiliki kemiringan tertentu dari bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami

melalui proses geologi atau dibuat oleh manusia untuk keperluan seperti pembuatan jalan raya, bendungan, dan tambang terbuka. Terjadinya longsor pada lereng dapat berlangsung secara lambat atau tiba-tiba dan seringkali sulit diperkirakan. Longsor dapat berupa pergerakan massa tanah yang bergerak ke bawah atau ke samping. (Bowles, 1984).

Beberapa faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya kelongsoran berasal dari struktur lereng itu sendiri, seperti kemiringan dan karakteristik tanah atau batuan dari lereng, serta faktor-faktor eksternal seperti beban yang diterima lereng, kondisi iklim, gempa, dan vegetasi yang tumbuh di lereng tersebut. Terdapat beberapa jenis teknik perkuatan tanah yang dapat digunakan untuk mencegah terjadinya longсорan, salah satunya dengan menggunakan geocell.

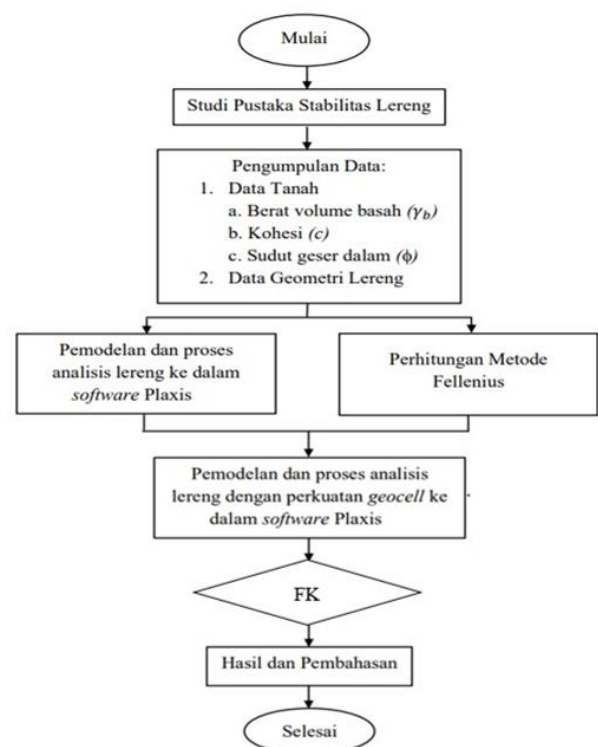
Menurut Pramulandani, (2020) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis” dengan hasil dari penelitian tersebut perkuatan dengan geocell efektif digunakan pada tanah lempung, sehingga pemasangan jarak vertikal *geocell* yang paling efektif terdapat pada jarak 1 meter berdasarkan panjang *geocell* 6 m, dengan kemiringan lereng 1:1, kuat tarik 14,5 MPa dan didapatkan nilai SF lebih besar dari batas minimum, semakin rapat pemasangan *geocell* mampu meningkatkan nilai faktor keamanan dengan rata-rata sebesar 7%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zahnas, (2015) terhadap sebuah lereng yang diperkuat menggunakan geosintetik dengan jenis *geocell*. Pada penelitian tersebut, *geocell* dipasang sepanjang box uji dan berhasil mengurangi penurunan tanah sebesar 99,61% di atas lereng dan 95,12% di bawah tanggul dibandingkan dengan penurunan tanah tanpa perkuatan.

Pada lereng yang akan dianalisis memiliki tanah yang tidak stabil dan cenderung terjadi kelongsoran. Proses kelongsoran lereng ini terjadi akibat adanya proses konstruksi sehingga mengalami kenaikan elevasi aliran air dan juga diakibatkan oleh beban lalu lintas yang melalui di atasnya. Karena kondisi tanah pada lereng tidak stabil, maka untuk menanggulangi kelongsoran diperlukan perkuatan pada lereng tersebut. Di dalam riset ini akan membandingkan nilai SF dari hasil pemodelan Plaxis dan Metode Felinius sebagai kontrol dari output hasil nilai dari masing-masing metode tersebut. Berdasarkan dari beberapa riset yang telah dilakukan metode

Felinius memiliki nilai yang tidak terlalu besar dan tidak memiliki nilai yang terlalu rendah dan tingkat selisih nilai yang dihasilkan oleh Plaxis tidak terlalu jauh.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang akan dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini menggunakan Metode Elemen Hingga dari program Plaxis edu 2D sebagai pemodelan lereng dan perhitungan menggunakan Metode Felinius untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Penelitian ini menggunakan data parameter tanah dan geometri lereng yang didapat dari Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. Parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1
 Parameter tanah**

Jenis Tanah	γ_{unsat}	γ_{sat}	E	ν	c
Lempung	10	15	3000	0,3	6
Lunak					1

Perkuatan lereng yang digunakan pada penelitian ini adalah perkuatan lereng menggunakan geocell. Parameter geocell tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2
Parameter geocell

Jenis Geocell	Pizin (kN/m)	Elongation (%)	EA (kN/m)
HDPE Strips	18	12	150

2.1 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng merupakan suatu metode untuk mengevaluasi faktor keamanan sebuah lereng dari kemungkinan terjadinya kelongsoran. Faktor keamanan (SF) digunakan dalam analisis stabilitas lereng dan dinyatakan sebagai suatu perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya yang menggerakkan lereng. Penilaian kestabilan suatu lereng dilakukan dengan berpacu pada nilai-nilai faktor keamanan yang ditentukan oleh standar tertentu, seperti SNI 8460-2017. Jika $FK > 1,25$, maka lereng dikatakan stabil dan aman. Kehilangan kestabilan pada lereng alami atau lereng buatan dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti perubahan geologi, aliran air tanah, perubahan tegangan, aktivitas seismik, kehilangan kekuatan, dan kondisi iklim atau cuaca.

2.2 Geocell

Geocell adalah sebuah produk yang terbuat dari polimer dan memiliki bentuk yang menyerupai sarang lebah dengan variasi tinggi dan diameter yang berbeda. *Geocell* merupakan panel tiga dimensi yang fleksibel dan ringan sehingga dapat diperluas seperti alat musik harmonika. Bahan utama *geocell* adalah strip *High-Density Polyethylene* (HDPE) yang diikat dengan metode ultrasonik sehingga menghasilkan konfigurasi yang kokoh. (PT Pandu Equator, 2018).

Pemilihan nilai *soil modulus* sangat penting dalam analisis FEM tergantung pada cara pembebanan, seperti *loading*, *unloading*, *drained*, *undrained*, *stress level*, dan statik atau dinamik. Model material yang digunakan adalah model Mohr Coulomb, di mana kriteria *failure* Mohr Coulomb adalah suatu rangkaian persamaan linear pada tegangan utama yang menggambarkan kondisi di mana material isotropik akan *failure*, tanpa mempertimbangkan efek tegangan menengah. (Brinkgreve, 2016).

Dengan mengurangi pergerakan butir tanah, dinding sel dapat menahan kepadatan tanah dan membentuk permukaan yang kaku dan menyebarkan beban ke area yang lebih luas. *Geocell* digunakan untuk mengatasi masalah

ketidakstabilan pada tanah dan menciptakan lingkungan yang ramah dan berkelanjutan. Tujuan utama dari menggunakan *geocell* untuk memperkuat lereng adalah melindungi tanah dari kemungkinan longsor yang disebabkan oleh beban yang diterapkan pada lereng tersebut. Berdasarkan jenis permukaannya terdapat dua tipe *geocell* yaitu kasar (*textured*) dan halus (*smooth*). (PT Pandu Equator, 2018). Di dalam riset ini akan dicoba menggunakan 1, 2, 3, 5, dan 7 lapis secara horizontal. Berdasarkan riset sebelumnya, diketahui semakin banyak jumlah lapisan *geocell* semakin tinggi nilai SF yang dihasilkan dan tentunya akan mempengaruhi total biaya yang akan dikeluarkan.

2.3 Metode Elemen Hingga

Berdasarkan SNI 8460-2017, metode elemen hingga digunakan untuk memodelkan kondisi statik, pseudostatik, dan dinamik pada sistem pembebanan total dalam masalah stabilitas lereng yang kompleks. Interaksi antara elemen dinyatakan melalui perubahan regangan dan tegangan yang terjadi pada setiap elemen akibat beban luar. Faktor utama dalam analisis FEM adalah regangan dan tegangan karena keduanya dapat menciptakan berbagai perubahan dalam karakteristik elastisitas material, heterogenitas massa tanah, dan bentuk geometri. Ukuran regangan dan tegangan pada elemen tanah disebut modulus tanah. (Cook, 1961)

Plaxis adalah perangkat lunak yang dibuat khusus untuk melakukan analisis stabilitas dan deformasi pada rekayasa geoteknik menggunakan metode elemen hingga. Proses pembuatan model secara grafis sangat sederhana dan memungkinkan pembuatan model elemen hingga yang kompleks dengan cepat, sedangkan fitur-fitur yang tersedia memungkinkan tampilan hasil komputasi yang sangat detail. Dengan *software* ini, dapat dilakukan simulasi dan analisis untuk memprediksi potensi kerusakan pada lereng, memperkirakan faktor keamanan, dan melakukan perbaikan pada desain perkuatan *geocell* sehingga dapat meningkatkan stabilitas lereng secara optimal.

2.4 Metode Fellenius

Metode Fellenius (Metode Irisan Biasa) pertama kali diperkenalkan oleh Fellenius (1927, 1936) dan menyatakan bahwa gaya memiliki sudut kemiringan yang sejajar dengan dasar irisan, dan faktor keamanan ditentukan oleh keseimbangan momen. Berdasarkan letak bidang gelincirnya, jenis longsor dibagi menjadi tiga

kategori yaitu longsoran ujung lereng (*toe failure*), longsoran bidang gelincir (*face failure*), dan longsoran dasar lereng (*base failure*). Longsoran ujung lereng biasanya terjadi pada lereng yang agak curam, dan persiapan tanahnya memiliki nilai sudut geser dalam yang cukup signifikan. Pada lereng dengan lapisan keras, ketika tinggi lapisan keras lebih besar dari tinggi kaki lereng dan lapisan lunak di atas lapisan keras berisiko runtuh, longsoran muka lereng sering terjadi.

Fellenius percaya bahwa sisi kanan dan kiri irisan akan menghasilkan gaya nol jika dilihat dari arah tegak lurus terhadap bidang longsor.

Dengan menggunakan anggapan ini, gaya-gaya yang bekerja dalam kaitannya dengan tekanan air pori dan kesetimbangan arah vertikal. Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai faktor keamanan lereng adalah sebagai berikut:

$$SF = \frac{\sum(c\Delta L_n + (W_n \cos \alpha_n - u \times \Delta L_n) \tan \phi)}{\sum W_n \sin \alpha_n}$$

Dimana:

- c = Kohesi (kN/m²)
- ΔL_n = Panjang lengkung lingkaran pada irisan (°)
- W_n = Berat massa tanah irisan (kN/m)
- u = Tekanan air pori (kN/m²)
- "φ" = Sudut geser tanah (°)

Sedangkan rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai faktor keamanan lereng yang diperkuat dengan *geocell* adalah sebagai berikut:

$$SF = \frac{c_u LR + \sum T_i y_i}{WX}$$

Dimana:

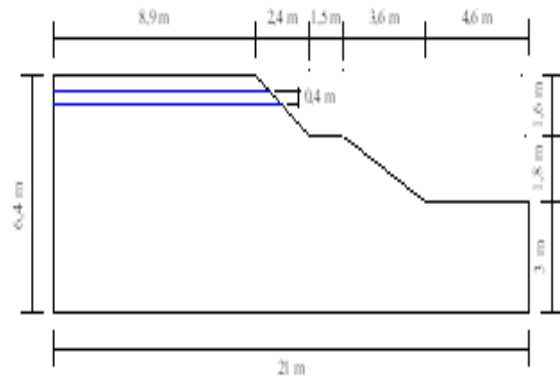
- c_u = Kohesi *undrained* (kN/m²)
- L = Panjang lingkaran longsor (m)
- R = Jari-jari lingkaran longsor (m)
- T_i = Kuat Tarik izin *geocell* (kN/m)
- y_i = Lengan momen *geocell* kumulatif rata-rata (m)
- W = Berat total tanah yang akan longsor (kN/m)
- "X" = Lengan momen ke pusat berat massa tanah yang longsor (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program Plaxis

Pemodelan lereng yang dilakukan pada program Plaxis edu 2D memiliki total ketinggian lereng 6,4 m, lebar pada kaki lereng 21 m, dan lebar pada bagian atas lereng 8,9 m. Pada pemodelan ini dilakukan dengan jenis tanah

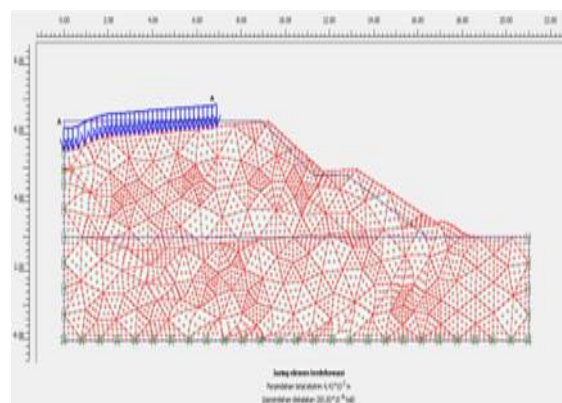
lempung lunak. Pemasangan *geocell* dilakukan secara horizontal dengan jarak antar lapisan 0,4 m. Pemodelan geometri lereng pada Plaxis dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



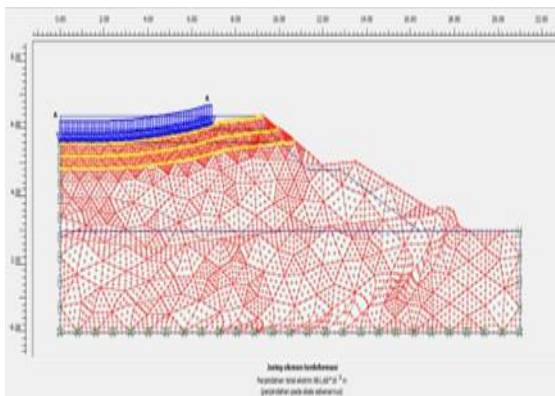
Gambar 2. Pemodelan geometri lereng

Hasil dari analisis stabilitas lereng menggunakan program Plaxis dengan kondisi eksisting didapat nilai faktor keamanan sebesar 1,0877. Dengan nilai tersebut kondisi lereng dapat dikategorikan sebagai lereng dengan kondisi kritis dan cenderung terjadi kelongsoran. Sedangkan hasil analisis lereng setelah diperkuat dengan *geocell* sebanyak 1, 2, 3, 5, dan 7 lapis secara horizontal adalah sebesar 1,4283 untuk 1 lapis, 1,4894 untuk 2 lapis, 1,5592 untuk 3 lapis, 1,7521 untuk 5 lapis, dan 2,1431 untuk 7 lapis.

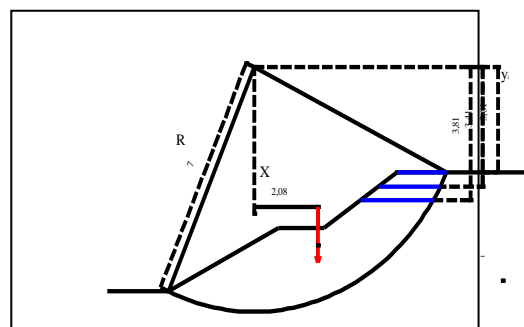
Keluaran dari program Plaxis ini juga dapat berupa nilai deformasi. Berikut adalah beberapa contoh gambar keluaran Plaxis yang juga menunjukkan letak titik dengan nilai deformasi terbesar yang berada di lereng pada Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 3. Tampilan deformasi total pada lereng kondisi eksisting



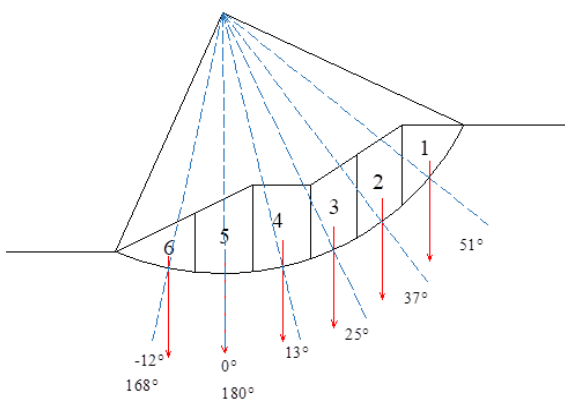
Gambar 4. Tampilan deformasi total pada lereng dengan perkuatan geocell 3 lapis



Gambar 6. Pemodelan lereng dengan perkuatan geocell 3 lapis analisis Metode Fellenius

3.2 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellenius

Dalam upaya untuk memperoleh nilai faktor keamanan dalam stabilitas suatu lereng dilakukan perhitungan manual. Namun, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, banyak metode telah dikembangkan dan disempurnakan untuk mendekati angka keamanan dalam stabilitas suatu lereng atau timbunan. Metode Fellenius dipilih dalam penelitian ini karena lereng yang sedang diteliti memiliki kondisi yang jenuh air, sehingga analisis manual menggunakan metode Fellenius lebih sesuai. Dalam perhitungan menggunakan metode Fellenius, akan dilakukan pemodelan lereng dan lereng akan dibagi menjadi 6 irisan sebagai dasar analisis. Pemodelan lereng yang diperlukan dalam melakukan analisis dapat dilihat pada Gambar 5. dan Gambar 6. berikut ini.



Gambar 5. Pemodelan lereng dengan Metode Fellenius

Nilai faktor keamanan yang didapatkan melalui analisis manual menggunakan Metode Fellenius didapatkan sebesar 0,9499 pada lereng tanpa perkuatan atau dengan kondisi eksisting. Hal ini menandakan lereng tersebut dalam keadaan labil, maka diperlukan perkuatan terhadap lereng. Sedangkan angka faktor keamanan yang didapatkan melalui analisis lereng setelah diperkuat geocell menggunakan Metode Fellenius pada penggunaan geocell sebanyak 1 lapis didapatkan sebesar 1,0540, pada penggunaan geocell sebanyak 2 lapis sebesar 1,1818, pada penggunaan geocell sebanyak 3 lapis sebesar 1,3247, pada penggunaan 5 lapis sebesar 1,6553, dan pada penggunaan 7 lapis sebesar 2,0459.

Berikut merupakan tabel perbandingan antara hasil analisis stabilitas lereng menggunakan program Plaxis dan perhitungan manual Metode Fellenius.

Tabel 3 Perbandingan nilai safety factor antara program plaxis dan perhitungan Metode Fellenius

Kondisi Lereng	Safety Factor	
	Plaxis	Metode Fellenius
Eksisting	1,0877	0,9499
Perkuatan GC 1 Lapis	1,4283	1,0540
Perkuatan GC 2 Lapis	1,4894	1,1818
Perkuatan GC 3 Lapis	1,5592	1,3247
Perkuatan GC 5 Lapis	1,7521	1,6553
Perkuatan GC 7 Lapis	2,1431	2,0459

Adapun faktor yang menyebabkan terjadinya perbedaan nilai angka faktor keamanan (SF) dari lereng tersebut antara program Plaxis

dan perhitungan manual Metode Fellenius adalah karena dalam proses perhitungan nilai faktor keamanan lereng terdapat perbedaan metode yang digunakan.

Pada program Plaxis menggunakan sistem susunan jaring elemen yang mencakup seluruh bagian lereng, sedangkan pada Metode Fellenius menggunakan cara hitungan yang sederhana dengan irisan (potongan) pada lereng yang hanya mencakup pada garis melingkar yang dianalisis sehingga menghasilkan nilai yang berbeda.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan penggunaan *geocell* sebanyak 3 lapis secara horizontal sebagai perkuatan lereng menunjukkan hasil yang paling efisien untuk diaplikasikan pada lereng tersebut karena memiliki selisih angka yang tidak terlalu besar antara program Plaxis dengan Metode Fellenius dan sudah dapat memenuhi standar yang telah ada, semakin banyak jumlah *geocell* yang digunakan maka semakin meningkat pula angka faktor keselamatan lereng yang telah dianalisis tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2017. *SNI – 8640:2017. Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia.
- Bahar. (2016). *Simulasi Pemodelan Perkuatan Lereng dengan Geocell Menggunakan Program Plaxis*. Makassar: Hasanuddin University.
- Bowles, J.E. (1984). *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Brinkgreve, R.B.J. (2016). *Reference manual, PLAXIS*, Netherlands.
- Cook, R. D. (1961). *Konsep dan Aplikasi Metode Elemen Hingga*. Jakarta: PT Eresco.
- Das, B. M. (1991). *Mekanika Tanah, Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknik*, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Equator, P.T. (2018, Desember 17). Retrieved From PT. Pandu Equator Prima Web Site: <http://www.pandu-equator.com>.
- Famungkas, F. dkk. 2016. *Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Software Geoslope*. Tugas Akhir. Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah I. Edisi keempat*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah II. Edisi Kelima*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2012, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Highland & Jahnsen. (2004) *Land Slide*. Web Site: <http://www.efbumi.net/2016/08/lands-lide-gerakantanah.html>.
- Korach, T. dan Sarajar, A.N. 2014. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Janbu (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 2/No. 1, (22-28) ISSN: 2337-6732, Januari 2014.
- Pradhana, R. (2018). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis, Daerah Istimewa Yogyakarta) Analysis of Slope Stability with Geotextile Reinforcement (Case Study: Code Riverbank, District Jetis, Special Region of Yogyakarta)*.
- Pramulandani, A. (2020). *TA: Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga (Plaxis 2D)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung).
- Safitri, O. Z. (2015). *Model Laboratory Dari Penggunaan Geocell Tipe GC1040 Dan Geotekstil Yang Dimodifikasi Sebagai Geocell Pada Stabilisasi Lapis Pondasi Jalan*. Tugas Akhir.
- Surachmat, D., Wijaya, H., & Kawanda, A. (2019). Analisis Penurunan Tanah Dengan Menggunakan Geotekstil pada Timbunan. *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*.
- Takwin, G.A. 2017. Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price (Studi Kasus: Diamond Hill Citraland). *Jurnal Tekno*. Vol. 15/No. 67, ISSN: 0215- 9617, April 2017.
- Terzaghi, K. (1950). *Mechanism of landslides*. America: Harvard University, Department of Engineering.
- Yuspitaldo, I. (2021). *TA: Analisis Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Dengan Metode Elemen Hingga Dan Kesetimbangan Batas* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).