

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN GEOGRID DAN BRONJONG

(*Slope Stability Analysis with Geogrid and Gabion*)

Dimas Dedy Pratama¹, Rini Trisno Lestari¹, Paksitya Purnama Putra²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Indonesia

²Fakultas Teknik, Teknik Sipil, Universitas Jember, Indonesia

E-mail: 4218210067@univpancasila.ac.id

Diterima 20 Oktober 2023, Disetujui 5 November 2023

ABSTRAK

Lokasi penelitian ini berada Purwakarta dimana lokasi konstruksi peternakan ini berada tepat di tepi lereng tebing. Kondisi stabilitas lereng pada lokasi penelitian ini tidak stabil, hal ini dikarenakan pada saat masa konstruksi tanah dan bangunan tersebut amblas dan terjadi kelongsoran. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan perkuatan lereng untuk meningkatkan daya dukungnya. Analisis yang pertama dilakukan yaitu dengan mengecek apakah lereng tersebut aman atau tidak dengan menggunakan *software* berbasis *Limit Equilibrium Method (LEM)* dimana dihasilkan nilai *Safety Factor (SF)* sebesar 1,06 yaitu kurang dari 1,5 dari SF rencana. Berdasarkan analisis tersebut diperlukan alternatif metode perkuatan lereng, metode perkuatan lereng yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan alternatif pertama dengan menggunakan material geogrid, alternatif kedua dengan material bronjong dan alternatif ketiga yaitu kombinasi keduanya. Alternatif pertama yaitu perencanaan geogrid dilakukan dengan menghitung kebutuhan yang akan dipasang dimana dihasilkan Tipe geogrid Biaxial Geogrid 200/50 F dengan nilai *Ultimate Tensile Strength (MD/CM)* sebesar 200/50 kN/m dengan jarak pemasangan 0,5 meter dengan nilai MR kumulatif sebesar 2,512.820513 kN/m sebanyak empat lapisan dengan total panjang geogrid yang dibutuhkan sebesar 10,8791 m. Alternatif kedua yaitu dengan material bronjong yang dianalisis dengan *software* dihasilkan nilai *safety factor* sebesar 0,20 sehingga kurang aman. Alternatif yang ketiga yaitu dengan menggunakan kombinasi kedua nya dimodelkan dengan *software* dihasilkan *deformasi* sebesar 0,07127 meter. Pemilihan analisis perhitungan dari ketiga alternatif tersebut dihasilkan alternatif yang ketiga yaitu dengan kombinasi kedua material geogrid dan bronjong.

Kata Kunci : Stabilitas Lereng, Geogrid, Bronjong, Faktor Keamanan.

ABSTRACT

The research location is in Purwakarta where the construction site for this farm is right on the edge of a cliff slope. The condition of slope stability at the study site was unsatisfactory, this was because during construction the land and building collapsed and a slide occurred. Based on this, it is necessary to strengthen the slopes to increase their carrying capacity. The first analysis is carried out by checking whether the slope is safe or not by using software based on the Limit Equilibrium Method (LEM) which produces a safety Factor (SF) value of 1,06, which is less than 1,5 of the planned SF. Based on this analysis, an alternative slope strengthening method is needed. The slope strengthening method used in this study is the first alternative using geogrid material, the second alternative is gabion material and the third alternative is a combination of both. The first alternative is geogrid planning by calculating the needs to be installed which results in a 200/50 F Biaxial Geogrid type with an Ultimate Tensile Strength (MD/CM) value of 200/50 kN/m with an installation distance of 0.5 meters with a cumulative MR value of 2,233.6182 kN/m in four layers with a total required geogrid length of 10,0082 m. The second alternative is the gabion material which is analyzed with the software to produce a safety factor value of 0,20 so it is not safe. The third alternative is to use a combination of the two modeled with software that produces a deformation of 0,07127 meters. The selection of the settlement analysis of the three alternatives resulted in a third alternative, namely the combination of the two geogrid and gabion materials.

Keywords : Slope Stability, Geogrid, Gabion, Safety Factor.

PENDAHULUAN

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang berbentuk miring. Stabilitas tanah pada lereng dapat terganggu akibat pengaruh alam, iklim dan aktivitas manusia, karena terjadi ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng atau gaya didaerah lereng lebih besar daripada gaya penahan yang ada di lereng tersebut. Suatu bentuk dan dimensi lereng yang keadaannya mantap/stabil merupakan suatu kestabilan dari lereng. Kestabilan lereng tergantung dari gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir tersebut [1].

Melihat kondisi tanah dan lereng pada lokasi penelitian yang tidak bagus, sehingga diperlukan suatu metode perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukung dan kestabilan lereng sehingga dapat menahan beban yang bekerja pada kandang. Metode perkuatan tanah yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan material geogrid dan bronjong. Material geogrid merupakan salah satu dari material geosintetik yang banyak digunakan sebagai perkuatan lereng. Material geogrid ini dapat meningkatkan kekuatan tanah, menahan pergerakan tanah, mampu mengurangi deformasi pada tanah dan meningkatkan daya dukung. Selain material geogrid penelitian ini juga akan menggunakan metode perkuatan dengan bronjong. Bronjong juga dapat memberikan perkuatan tanah dan mencegah erosi pada tanah lereng [2].

Penelitian ini menggunakan *software* yang berbasis metode *Limit Equilibrium Methode (LEM)* dan *Finite Element Methode (FEM)*. Kedua *software* ini yang akan mendukung dalam menganalisis perencanaan metode perkuatan lereng yang akan digunakan. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan keakuratan di dalam analisis perhitungan [3].

Kekuatan geser pada lereng terdiri dari : 1. Kohesif, yang bergantung kepada kriteria tanah dan ikatan butirannya, 2. Gesekan, tegangan efektif yang bekerja pada bidang gesernya [4]. Kestabilan lereng pada tanah dapat menghasilkan tegangan geser pada massa tanah, dan gerakan akan terjadi jika tahanan geser terjadi lebih besar dari tegangan geser yang bekerja [5].

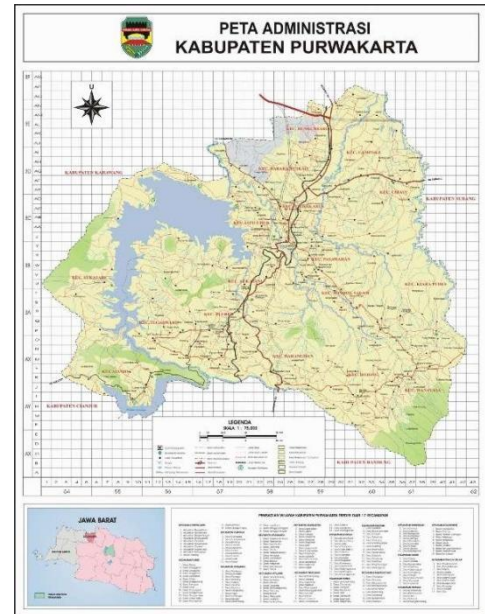
Longsor terjadi karena adanya gerakan tanah dimana gerakan tanah yang memiliki massa tanah atau batuan secara vertikal, horizontal maupun diagonal terhadap kedudukan awal yang dipengaruhi oleh air tanah, gravitasi, dan beban yang bekerja serta dipengaruhi oleh lingkungan sekitar [6]. Peningkatan massa tanah diakibatkan oleh meningkatnya muka air tanah dan melemahkan ikatan antar partikel tanah [7].

Secara umum prediksi ketinggian runtuh dengan menggunakan metode perhitungan *Limit Equilibrium Method (LEM)* dan metode *Finite Element Method (FEM)* mendapatkan perhitungan yang menghasilkan nilai yang lebih kurang sama [8].

METODE

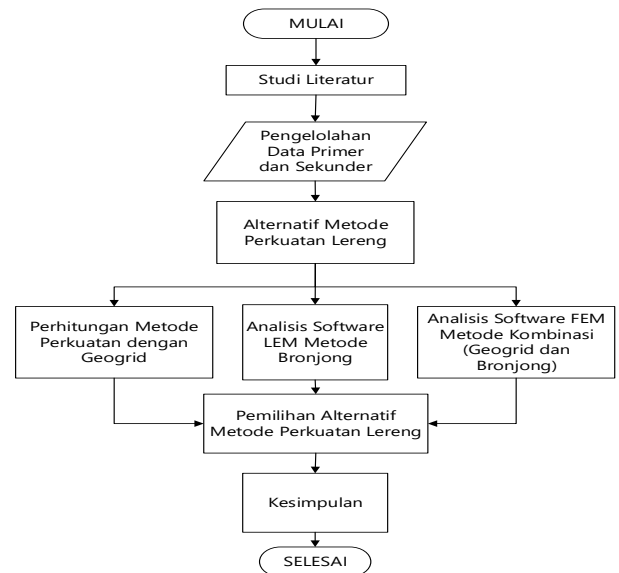
Lokasi Penelitian

Lokasi studi penelitian ini terletak di Desa Kertasari, Kecamatan Bojong, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, Indonesia.



Gambar 1. Peta Administrasi Kab. Purwakarta

Diagram penelitian



Gambar 2. Diagram Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Kondisi Penelitian

Proyek bangunan yang sedang dikerjakan di Purwakarta merupakan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai pabrik. Kondisi saat pelaksanaan terjadi kelongsoran pada saat dilaksanakan proses konstruksi tersebut. Hal ini terlihat dari kondisi tanah di bagian tebing yang mengalami kelongsoran seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Kondisi Lahan



Gambar 4. Kondisi Lahan

Tanah di lokasi secara kasat mata dapat dilihat merupakan tanah dominan lempung, dikarenakan merupakan tanah bekas perkebunan karet sehingga kondisi tanah adanya campuran tanah organik.

Perhitungan Beban

Perhitungan pembebanan diperlukan untuk dapat dianalisis di dalam perhitungan baik dengan menggunakan *software* maupun perhitungan dengan cara manual. beberapa item yang dapat dihitung di antaranya atap, dinding, dan portal.

Portal

Bagian A

- h = 2,5 m
- a = 7,122 m
- panjang wf = 19,244 m
- berat WF 150 = 168 kg/12 m
- = 14 kg/m
- Total berat = 269,416 kg
- Total portal = 17
- Berat total = 4580,07 kg

Bagian B

- h = 2,5 m
- a = 9,815 m
- panjang wf = 2,463 m
- berat wf 150 = 168 kg/12 m
- = 14 kg/m
- Total berat = 344,82 kg
- Total portal = 5

- Berat total portal = 1724,1 kg
- Kll balok w = 272,3 m
- Berat = 3812,2 kg

Atap

- Atap CNP
- Berat gording CNP = 3,3 kg/6m
- = 5,5 kg/m
- Berat gording 1 layer bagian A = 561 kg
- Jumlah layer = 14
- Panjang layer = 102
- Berat gording bagian A = 7854 kg
- Berat gording 1 layer bagian B = 159,5 kg
- Jumlah layer = 18
- Panjang layer = 29
- Berat gording bagian B = 2871 kg

Lantai

Lantai asumsi tebal 12 cm

- Luas lantai = 1897,2 m²
- Tebal lantai = 120 mm
- = 0,12 m
- Volume lantai = 227,664 m³
- Bj beton = 2400 kg/m³
- Berat lantai = 546394 kg
- = 546,394 ton

Dinding

Dinding bata ringan asumsi full

- Berat bata = 57,5 kg/m²
- Bangunan dibatain = 272,3 m
- Tinggi = 2,5 m
- Luas bata = 680,75 m²
- Dinding sekat gudang = 1746,56 kg
- Total berat = 39143,1 kg
- SF = 1264,899 ton
- Grand total = 608124,7 kg
- = 1,000079 t/m
- = 608,1247 ton
- = 10,00079 kpa

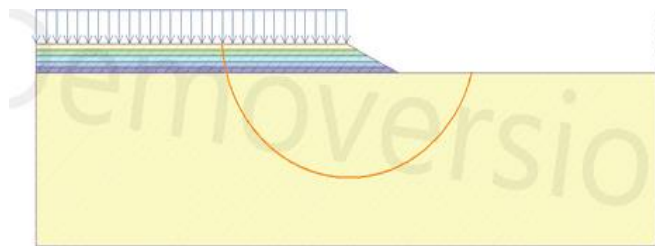
Digunakan faktor keamanan 1,6 dan faktor beban dinamis 1,3 (SNI 1727 - 2013) Pembebanan ini yang akan digunakan di dalam perencanaan geogrid dan analisis di dalam *software*.

Analisis awal tanah dasar sebelum diberikan perkuatan

Kondisi tanah dasar sebelum dilakukan perkuatan perlu dianalisis terlebih dahulu untuk melihat kondisi tanah dasar tersebut apakah aman atau tidak terhadap kelongsoran, Analisis stabilitas lereng ini menggunakan *software* yang berbasis metode *Limit Equilibrium Method (LEM)*. Data tanah yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1 data tanah laboratorium, data tanah ini yang akan dimasukkan dalam *software* untuk kemudian di *running*. Analisis yang digunakan di dalam perhitungan ini menggunakan metode Bishop. Hasil *running* dengan menggunakan *software* ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 seperti di bawah ini.

Tabel 1. Data tanah dari Laboratorium

SAMPLE NUMBER	SAMPLE DEPTH (Meter)	Natural Water Cont.	Water Density	Dry Density	Specific Gravity	Void Ratio	Porosity	Degree of Saturation	GRAIN SIZE DISTRIBUTION				TRIAXIAL TEST U. U.		CONSOLIDATION TEST
									Gravel	Sand	Silt	Clay	COHESION	Int.Frict.Angle	
		WN	γ _t	γ _t	G _s	e	n	S _r	Gravel	Sand	Silt	Clay	c	φ	Comp. Index C _c
		%	t/m ³					%	%			kg/cm ²	Degree	-	
HB.3															
TW.1	1,50-2,00	59,631	1,555	0,974	2,6158	1,686	0,628	92,54	0,00	0,00	46,30	53,70	0,20	4,45	0,44
TW.2	3,50-4,00	48,075	1,697	1,146	2,6163	1,283	0,562	98,04	0,00	0,00	47,60	52,40	0,20	4,17	0,35



Gambar 5. Gambar Perhitungan dengan Menggunakan Software Berbasis LEM dengan Menggunakan Metode Bishop



Gambar 6. Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Software Berbasis LEM dengan Menggunakan Metode Bishop

Hasil analisis ini menghasilkan beberapa nilai yaitu:

- Slope stability verification (bishop)
- Sum of active forces fa = 288,66 kN/m
- Sum of passive forces fp = 305,64 kN/m
- Sliding moment Ma = 3550,57 kNm/m
- Resisting moment Mr = 3759,39 kNm/m
- Circular slip surface
- Center x = 30,25 m
z = 15,74 m
- Radius R = 12,30 m
- Angles a1 = -86,54 derajat
a2 = 74,72 derajat
- Factor of safety = 1,06 < 1,50

Berdasarkan hasil dari analisis dengan menggunakan software berbasis LEM didapatkan nilai *Safety factor* sebesar 1,06 kurang dari 1,5 dari nilai keamanan yang dipersyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa lereng yang ditinjau pada lokasi proyek tersebut tidak mampu untuk memikul beban yang diberikan oleh struktur dari bangunan, sehingga terjadi kelongsoran pada lereng. Lereng dari lokasi proyek tersebut memerlukan perkuatan yang dapat menahan beban dari bangunan

yang diberikan, sehingga bangunan tersebut dapat aman dibangun.

Perkuatan yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu dengan menggunakan material geosintetik salah satunya yaitu dengan geogrid yang nantinya apabila saat dianalisis masih kurang kuat, maka dikombinasikan dengan menggunakan bronjong.

Perencanaan Geogrid

Geogrid merupakan bagian dari geosintetik, berfungsi sebagai material perkuatan tanah yang kuat terhadap yang kuat terhadap gaya tarik. Bentuknya berupa lembaran jaring yang mempunyai lubang bukaan dengan ukuran tertentu sesuai tipenya. Geogrid berperan sebagai elemen tarik apabila tanah dibebani. Selain itu, ketika tanah di atasnya dibebani terjadi gesekan antara geogrid dengan butiran tanah sehingga timbul keadaan saling mengunci (*interlocking*). Adanya *interlocking* inilah yang menyebabkan tanah semakin kuat dalam menahan beban.

Perhitungan Geogrid

Sebelumnya telah dilakukan analisis dengan menggunakan *software* dimana dihasilkan nilai-nilai dari *software* yang akan digunakan di dalam perencanaan geogrid, nilai yang diperoleh untuk perhitungan yaitu sebagai berikut:

- Faktor keamanan = 1,06
- Jari-jari bidang longsor = 12,3 m
- Momen penahan Geo5, Mr = 3759,39 kN/m
- Tinggi timbunan = 12 m
- Lebar timbunan = 20 m
- Faktor keamanan rencana = 1,5
- Sum of active force fa = 288,66 Kn/m
- Sum of passive forces fp = 305,64 Kn/m
- Elevasi dasar tanah = 5 m
- Sliding moment Ma = 3550,57 Kn/m
- Circular slip surface
- Center x = 30,25 m
- Radius R = 12,3 m
- z = 15,74 m
- angles a1 = - 86,54 °
- angles a2 = 74,72 °
- 1. momen penahan rencana = 3759,39 kN/m
- 2. moment sliding

$$\Delta Mr = \frac{Mr \times SF \text{ rencana} - Mr}{SF \text{ aktual}}$$

$$= 1973,29717 \text{ kN/m}$$

Kekuatan geogrid

Tipe geogrid yang digunakan di dalam perhitungan tugas akhir ini yaitu tipe Biaxial Geogrid tipe 200/50, dengan nilai sebesar 200 kN/m.

Nilai kekuatan Tallow yang dihasilkan sesuai dengan Material ini harus dikalikan dengan faktor-faktor terhadap pemasangan, rangka, faktor kimia dan biologi

terhadap material geogrid yang akan digunakan, sehingga perhitungannya didapatkan sebagai berikut:

$$\text{Tallow} = \text{Tult} \frac{1}{F_{sid} \cdot F_{scr} \cdot F_{scd} \cdot F_{sbd}}$$

$$= 200 \frac{1}{1,5 \cdot 3 \cdot 1,5 \cdot 1,3}$$

$$= 25,64102564 \text{ kN/m}$$

Perhitungan untuk jarak pemasangan geogrid yang digunakan sebesar = 0,5 m

Tabel 2. Jumlah Lapisan Pemasangan Geogrid

lapisan	Ti	S1	jarak antar geotektile (m)	ΔMR	komulatif ΔMR	SATUAN	OK/NOT OK
1	25,25	25,641	0,5	647,4359	647.4358974	kN/m	NOT OK
2	24,75	25,641	0,5	634,61538	1,282.051282	kN/m	NOT OK
3	24,25	25,641	0,5	621,79487	1,903.846154	kN/m	NOT OK
4	23,75	25,641	0,5	608,97436	2,512.820513	kN/m	OK

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan bawah nilai yang memenuhi terhadap momen sliding yang direncanakan berada pada lapisan ke empat dengan nilai ΔMR sebesar 2,512.820513 kN/m. Setelah perhitungan besarnya nilai ΔMR didapat, selanjutnya adalah menghitung jumlah penggunaan geogrid yang akan

digunakan dilapangan dengan rumusan perhitungan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis didapatkan bahwa panjang digunakan tinggi pemasangan dengan tinggi 0,5 m, dimana panjang total pemasangan geogrid adalah sebesar 10,8791 m.

Tabel 3. Perhitungan Panjang Penggunaan Geogrid

lapisan	su	kedalamm (m)	γ/(kNm ³)	sf	e (efisiensi)	c	n	θ	δ	tan δ	τ	τΣ	Le (m)	Lr (m)	Total (m)
1	25,64	12	15,55	1,5	0,8	0	186,6	4,45	2,966	0,0518	9,67043	39,3409	1,222	2,425	3,64726
						20	186,6	4,45	2,966	0,0518	29,6704				
2	25,64	11,5	15,55	1,5	0,8	20	178,825	4,45	2,966	0,0518	29,2675	58,535	0,821	1,925	2,74654
						20	178,825	4,45	2,966	0,0518	29,2675				
3	25,64	11	15,55	1,5	0,8	20	171,05	4,45	2,966	0,0518	28,864	57,7291	0,832	1,425	2,258
						20	171,05	4,45	2,966	0,0518	28,864				
4	25,64	10,5	15,55	1,5	0,8	20	163,275	4,45	2,966	0,0518	28,4616	36,9233	1,302	0,925	2,22728
							163,275	4,45	2,966	0,0518	8,46163				
TOTAL															10,8791

Bronjong

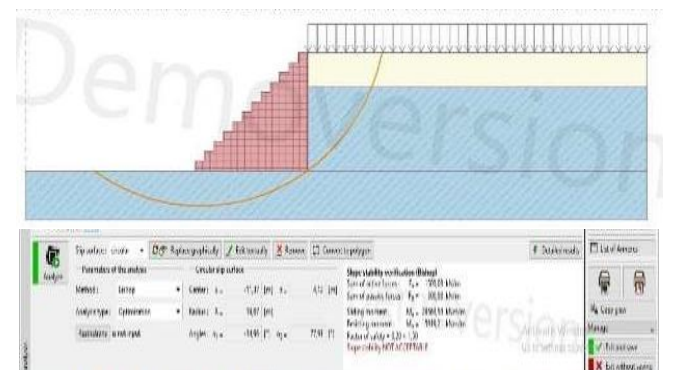
Analisis perhitungan bronjong menggunakan software yang berbasis *Limit Equilibrium Method (LEM)* yang kemudian dianalisis sesuai dengan spesifikasi material bronjong Beva Gabion tipe Welded Gabion dengan ukuran 2 x 1 x 1 yang digunakan sesuai pada Tabel 4 Spesifikasi Material Bronjong.

Tabel 4. Spesifikasi Material Bronjong

Nominal Box Sizes	No. Of Diaphragms	Standard Mesh Sizes	Standard Wire Diameter
LxWxH (M)	(pcs)	(mm)	
2 x 1 x 0,5	1	50 x 50 or	Bekaert Bezinal'2000
2 x 1 x 1	1	75 x 75 or	Heavy Galvanized or
3 x 1 x 0,5	2	100 x 100	3,0 mm or
3 x 1 x 1	2		4,0 mm or
4 x 1 x 0,5	3		5,0 mm
4 x 1 x 1	3		

Setelah dilakukan analisis dengan software dengan metode Bishop sehingga dihasilkan *safety factor* sebesar 0,20 lebih kecil dari 1,5 *safety factor* yang direncanakan.

Nilai *sliding moment* sebesar 29.564,58 kN/m, *Resisting moment* sebesar 5.919,21 kN/m



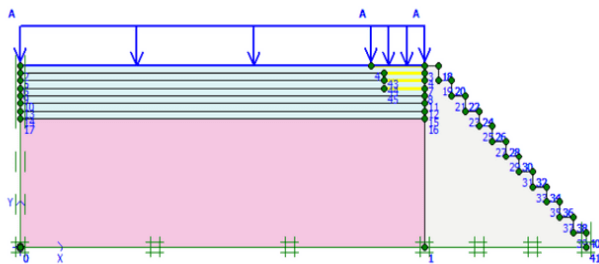
Gambar 6. Hasil *running* bronjong dengan menggunakan software

Hasil dari analisis software bahwa hasil *Safety Factor (SF)* yang diperoleh kurang dari 1,5 yaitu 0,20, hal ini menunjukkan bahwa perencanaan bronjong tersebut tidak aman. Berdasarkan hasil tersebut sehingga lereng dengan

hanya menggunakan bronjong tidak layak untuk digunakan, dan perlu dilakukan perkuatan tambahan untuk dapat memikul beban yang diberikan.

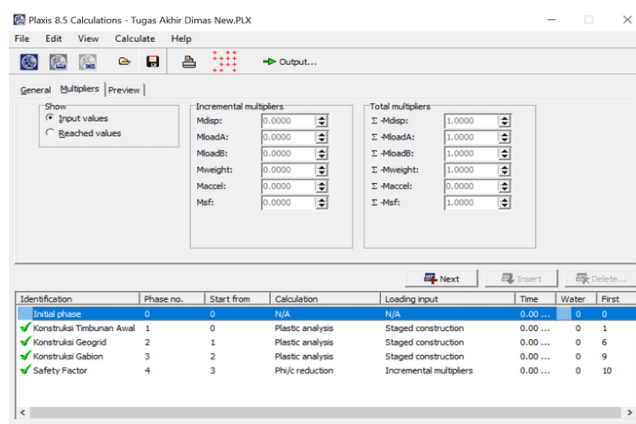
Perkuatan Kombinasi (Geogrid & Bronjong)

Perkuatan kombinasi (Geogrid & Bronjong) merupakan perkuatan antara perkuatan Geogrid dengan perkuatan dengan menggunakan Bronjong yang dimana menggunakan perkuatan sebelumnya masih belum kuat untuk menahan tekanan dan beban yang diberikan terhadap lereng. Analisis terhadap kombinasi perkuatan geogrid dan bronjong menggunakan *software* yang berbasis *Finite Element Method (FEM)*.

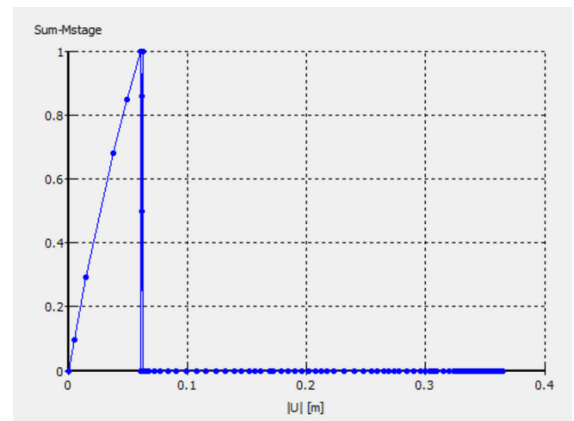


Gambar 7. Modeling di *software Finite Element Methode*

Hasil analisis dengan *software* menunjukkan bahwa kondisi perhitungan dari perencanaan kombinasi geogrid dan bronjong sudah memenuhi, sesuai dengan hasil yang oke didalam analisis. Gambar 8 menunjukkan bahwa semua step yang di *running* telah memenuhi dan tidak ada analisis yang *error*, sehingga kombinasi konstruksi perkuatan gabungan geogrid dengan bronjong cukup untuk menahan beban yang diberikan pada lereng. Analisis ini ditunjukkan pada Gambar 4.10 dengan nilai kurva lebih dari satu, hal ini menunjukkan bahwa konstruksi metode perkuatan lereng kombinasi cukup untuk menahan beban yang diberikan, ditunjukkan juga dengan kecilnya nilai *deformasi* yang terjadi yaitu sebesar 0,07127 meter. Berdasarkan hasil analisis *software* tersebut kombinasi perkuatan ini menunjukkan bahwa dapat diaplikasikan di lapangan.

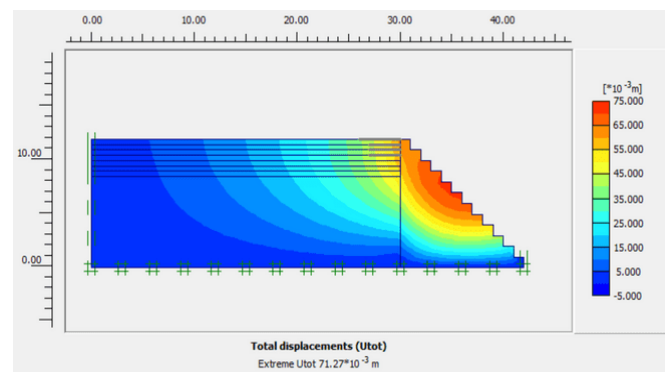


Gambar 8. Langkah Analisis Kombinasi Metode Geogrid dan Bronjong



Grafik 9. Kurva Hasil *Software*

Hasil dari kurva juga menunjukkan bahwa beban yang diberikan telah memenuhi kekuatan yang dihasilkan dari analisis *software*.



Gambar 10. Total *Displacment*

Perpindahan total beban menunjukkan bahwa beban yang diberikan telah dihasilkan dari analisis *software*.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat di ambil dari hasil analisa pada BAB IV, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai alternatif metode perkuatan lereng, diantaranya yaitu:

1. Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *software* yang berbasis metode *Limite Equilibrium Method (LEM)* menghasilkan nilai *Resisting Moment (MR)* sebesar 3.759,39 kN/m, *Sliding Moment* sebesar (MD) 3.550,37 kN/m dan nilai *Safety Factor (SF)* sebesar 1,06 yaitu kurang dari 1,5 dari yang direncanakan. Hasil yang diperoleh dari *software* menunjukkan bahwa tanah dasar lereng tidak mampu untuk menahan beban konstruksi yang diberikan, sehingga diperlukan suatu metode perkuatan lereng untuk meningkatkan nilai daya dukung lereng tersebut.
2. Analisis perencanaan perkuatan lereng dengan menggunakan material geogrid menghasilkan Tipe geogrid dari PT Geosinindo Biaxial Geogrid 200/50 F dengan nilai *Ultimate Tensile Strength (MD/CM)* sebesar 200/50 kN/m, dengan jarak pemasangan 0,5 meter dengan nilai MR kumulatif sebesar 2,512.820513 kN/m sebanyak empat lapisan dengan

total panjang geogrid yang dibutuhkan sebesar 10,8791 m.

3. Alternatif metode perkuatan lereng yang kedua yaitu dengan menggunakan material bronjong dengan spesifikasi material bronjong Beva Gabion tipe Welded Gabion dengan ukuran 2 x 1 x 1 dengan analisis menggunakan *software* berbasis LEM dimana dihasilkan nilai *safety factor* sebesar 0,20 lebih kecil dari 1,5 *safety factor* yang direncanakan, nilai *sliding moment* sebesar 29.564,58 kN/m, *Resisting moment* sebesar 5.919,21 kN/m. Hasil *software* ini menunjukkan bahwa perkuatan dengan bronjong belum kuat dan aman digunakan.
4. Alternatif metode perkuatan lereng yang ketiga yaitu dengan mengkombinasikan metode perkuatan geogrid dan bronjong dengan material yang sama dengan alternatif perkuatan satu dan dua. Hasil analisis dari *software* berbasis *Finite Element Methode (FEM)* menunjukkan bahwa tidak ada yang error, dihasilkan kurva yang lebih dari satu dan didapatkan nilai *deformasi* 0,07127 meter.

Hasil yang diperoleh berdasarkan ketiga alternatif yang sudah dianalisis menunjukkan bahwa metode perkuatan lereng yang digunakan yaitu alternatif ketiga dengan mengkombinasikan perkuatan geogrid dengan bronjong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. A. Cherianto Parluhutan Rajagukguk Turangan And S. Monintja, "Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland Sta.1000m)," *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 2, No. 3, Pp. 139–147, 2014.
- [2] R. A. Rahma, M. Jamal, And H. Sutanto, "Analisis Stabilitas Lereng Pada Ruas Jalan Samarinda-Balikpapan Km.24 Dengan Alternatif Perkuatan Dinding Bronjong Dan Geotekstil Reyhana," *J. Teknol. Sipil*, Pp. 19–27, 2020.
- [3] "Analisis Stabilitas Lereng Dengan Metode Keseimbangan Batas (Limit Equilibrium) Dan Elemen Hingga (Finite Element) Analysis Of Slope Stability Pendahuluan Permukaan Tanah Yang Tidak Selalu Membentuk Bidang Datar Atau Mempunyai Perbedaan Elevasi Antar," Pp. 55–66.
- [4] Das, Bradja M., Endah Noor., 1994. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta
- [5] Bowles, Joseph E., Hainim Johan K., 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [6] Gati, B. M., & Purwanto, E. (2018). *Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan yang Terjadi Menggunakan Program Plaxis*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- [7] Hardiyatmo, H.C., 2012, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [8] Liong G.T., Herman D.J.G., 2012. "Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method" PIT HATTI -XVI 2012, Jakarta