

ANALISIS KESTABILAN LERENG SEBAGAI PERKUATAN DESAIN DINDING MSE PADA RUAS JALAN TOL 2 MANADO - BITUNG STA 9+745 MENGGUNAKAN SOFTWARE SLIDE V.6.005

Billy Graham Sampouw

Agnes T. Mandagi, Jack H. Ticoh

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: *cerebrobill@gmail.com*

ABSTRAK

Pada ruas jalan Tol 2 Manado - Bitung dibuat jalan diatas permukaan yang miring dan berlereng, sehingga perlu dilakukan penimbunan untuk mengatur elevasi tanah agar aman dan sesuai desain perencanaan agar lereng terhindari dari kelongsoran, untuk itu perlu dilakukan analisa faktor keamanan lereng dan dibuat perkuatan pada lereng. Pada penelitian ini dianalisa kestabilan lereng dan didesain perkuatan pada lereng dengan metode Mechanically Stabilized Earth MSE, menggunakan software Slide V.6.005 dengan panjang perkuatan 0,7 m / 8,4 m tinggi dinding 12 m dan jarak vertikal antar perkuatan 0,6 m, material perkuatan yaitu geogrid UX 1100, UX 1400, UX 1500, UX 1600, UX 1700, UX 1800. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lereng eksisting pada ruas jalan tol 2 Manado - Bitung STA 9+745 aman karena memiliki faktor keamanan lebih dari 1. Dalam desain dinding MSE dengan jarak antara perkuatan 0,6 m dan menggunakan 20 lapis perkuatan, didapat nilai faktor keamanan untuk metode bishop simpilified 1.607, metode ordinary/fellenius 1.533, dan metode janbu simplified 1.507, Faktor keamanan desain yang direncanakan aman dan memenuhi syarat karena memiliki nilai diatas 1.3.

Kata kunci : *Lereng, Desain Dinding MSE, Software Slide V.6.005.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Infrastruktur Jalan merupakan prasarana utama pada bidang transportasi darat yang melayani aktifitas pergerakan manusia atau barang dari tempat asal ke tempat yang dituju. Dalam kebutuhan pengguna lahan jalan semakin meningkat dan mendorong perencana maupun pelaksanaan pembuatan jalan memaksimalkan lahan yang ada.

Dalam hal ini pada ruas jalan Tol 2 Manado Bitung STA 9+745 akan di buat jalan di atas permukaan tanah yang miring, dengan perencanaan di atas lereng perlu dilakukan penimbunan tanah agar elevasi tanah sesuai dengan direncanakan. Hal tersebut dapat menyebabkan kelongsoran apabila tidak diberi pengaman lereng pada area tanah timbunan. Metode yang digunakan untuk mencegah terjadinya longsor yaitu Mechanically Stabilized Earth dengan perkuatan geosintetik dan perkuatan metalik.

Dinding MSE dengan penutup muka beton pracetak pada umumnya lebih murah di banding dinding penahan beton yang diperkuat untuk ketinggian lebih dari 3m pada kondisi pondasi yang baik. Pada umumnya dinding MSE lebih menguntungkan dianding struktur penahan beton lainna. Terlebih jika berada pada tanah pondasi yang kurang baik

Rumusan Masalah

Adapun permasalahan dalam melakukan penelitian ini, yaitu menganalisis kestabilan lereng serta mengaplikasikan desain dinding MSE yang direncanakan dengan menggunakan software Slide V6.005.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberi beberapa batasan agar penelitian lebih terarah, berikut batas masalah tersebut, antara lain:

- a) Menggunakan data tanah hasil penyelidikan di lapangan yang di ambil dari perusahaan terkait yakni PT Jaya Konstruksi

- b) Analisa kestabilan lereng eksisting
- c) Desain dan Analisa kestabilan dinding MSE dengan perkuatan geogrid
- d) Tidak merencanakan struktur penutup atas pada dinding MSE
- e) Tidak meninjau gempa
- f) Tidak merencanakan drainase
- g) Tidak memperhitungkan biaya (*cost*)
- h) Tidak memperhitungkan muka air tanah
- i) Tidak memperhitungkan penurunan (*settlement*)
- j) Penggunaan Geogrid pada facing dan perkuatannya dibatasi dan hanya menggunakan Spek Standar dari Program Slide dan nilai kuat tarik yang di input digunakan nilai kuat tarik berdasarkan jenis geogrid yang saya gunakan yaitu Geogrid Uni Axial dengan nilai kuat tarik yang di input adalah 40kN/m.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

- a) Faktor keamanan lereng pada ruas jalan tol 2 Manado-Bitung STA 9+745 dengan Software Slide V.6.005
- b) Desain Dinding MSE direncanakan dengan software Slide V.6.005
- c) Kestabilan dinding MSE (*Mechanically Stabilized Earth*) dengan perkuatan geogrid pada ruas jalan Tol 2 Manado-Bitung STA 9+745 \

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini bisa berguna dan menjadi alternatif pengaman lereng yang dibuat pada ruas jalan tol 2 Manada-Bitung STA 9+745.

TINJAUAN PUSTAKA

Lereng dan Longsor

1. Lereng

Berdasarkan proses terbentuknya lereng dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu:

- a. Lereng alamiah yang terbentuk dari proses alam seperti gerakan tanah, pengikisan dan sebagainya (misalnya : lereng di daerah perbukitan)
- b. Lereng buatan yang terbentuk dari proses kegiatan manusia yang dilakukan sengaja guna keperluan tertentu, seperti

penggalian, pemotongan dan penimbunan tanah.(misalnya lereng galian atau lereng tanggul untuk jalan, lereng bendungan, dan sebagainya)

Selain itu, lereng juga dapat dibedakan menjadi lereng tak terhingga (lereng bukit) dan lereng terbatas (tanggul, bendungan, dan sebagainya)

2. Longsor

Kelongsoran pada lereng alamiah dapat terjadi akibat penambahan beban pada lereng.

Kestabilan Lereng

Tujuan dari analisis stabilitas lereng ini adalah untuk menentukan faktor keamanan. Faktor keamanan adalah rasio antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan yang ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Dimana:

τ_f = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah

τ_d = tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

1. Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop Disederhanakan (*Simplified Bishop Method*)

Metode Bishop disederhanakan (Bishop,1955) mengasumsikan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal.

Gaya geser perlawanan dapat dinyatakan pada persamaan :

$$T_r = N_r(\tan[\phi_d]) + c_d \Delta L_n$$

$$= N_r \left(\frac{\tan \phi}{F_s} \right) + \frac{c \Delta L_n}{F_s}$$

Persamaan lain dalam mencari faktor keamanan adalah sebagai berikut:

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (cb_n + W_n \tan \phi + \Delta T \tan \phi) \left(\frac{1}{m_{\alpha(n)}} \right)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n}$$

dengan

$$m_{\alpha(n)} = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \cdot \sin \alpha_n}{F_s}$$

Dalam penyederhanaannya diasumsikan $\Delta T = 0$, maka persamaan diatas berubah menjadi :

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (cb_n + W_n \tan \phi) \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n}$$

2. Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius

Kestabilan lereng dengan menggunakan metode Fellenius (1927) mengasumsikan gaya-gaya yang bekerja pada sisi- sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah horizontal. Faktor keamanan didefinisikan sebagai,

$$F = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

$$F = \frac{\sum M_r}{\sum M_d}$$

Dengan

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_n \sin \alpha_n$$

$$\sum M_r = r \sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \tan \phi)$$

dimana :

r = jari-jari lingkaran bidang longsor (lihat gambar

n = jumlah irisan

W_i = berat massa tanah irisan ke- i (kN)

c = kohesi tanah (kN/m^2)

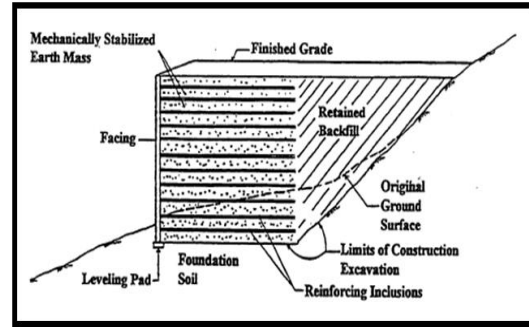
ϕ = sudut geser dalam tanah (derajat)

α_i = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke- i (m)

Metode Fellenius menghasilkan faktor keamanan yang lebih rendah dengan cara hitungan yang lebih teliti.

Dinding Mechanically Stabilized Earth (MSE)

Timbunan terpilih dibelakang Dinding MSE dibangun dengan meletakkan elemen perkuatan pada tiap lapisan dan dipadatkan dengan tanah dinding.



Gambar 1. Komponen-komponen Dinding MSE (Sumber : Christopher, dkk, 1990)

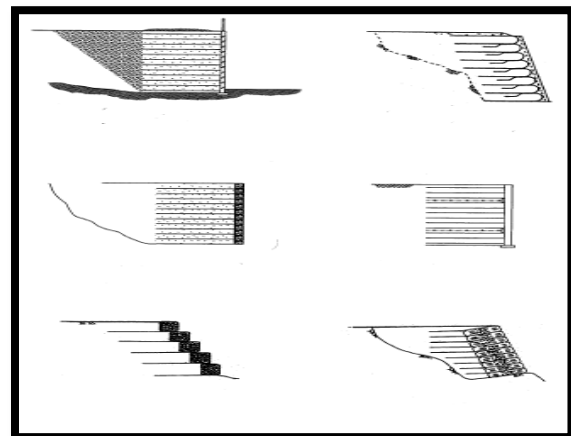
Dinding MSE dapat dipertimbangkan sebagai alternatif yang efektif untuk menggantikan dinding gravitasi konvensional. Pada dasarnya dinding MSE terdiri dari perkuatan di dalam timbunan tanah yang membantuh menahan tekanan tanah lateral.

Komponen Utama Dinding MSE

Pada dasarnya Dinding MSE terdiri dari tiga komponen utama yaitu penutup muka, elemen perkuatan dan tanah timbunan.

1. Penutup Muka

Fungsi dari penutup muka adalah untuk menjaga material timbunan lereng dari keruntuhan, penggerusan, dan erosi serta mengatur aliran drainase pada beberapa kondisi



(Sumber : FHWA, 2009)

Gambar 2. Macam-Macam Penutup Muka (a) Panel Beton Pracetak Segmental; (b) Geosintetik yang Disemprot Shotcrete; (c) Unit Dinding

Blok Modular; (d) *Full-Height Concrete Panel*;
(e) Bronjong; (f) *Tire-Facing Units*

2. Elemen Perkuatan

Berdasarkan jenis bahannya, dinding MSE dapat dibagi menjadi perkuatan metalik yaitu umumnya besi lunak (*mild steel*) yang digalvanis atau epoksi; perkuatan nonmetalik yaitu bahan polimer.

3. Tanah Timbunan

Tanah timbunan yang umumnya direkomendasikan untuk dinding MSE adalah tanah granular karena tanah granular memiliki kemampuan menyalurkan tegangan, ketahanan dan drainase yang lebih baik dibandingkan tanah lempung.

Ketentuan material granular pada dinding MSE dapat dihat pada tabel dibawah ini..

Tabel 1. Ketentuan Material Granular pada Dinding MSE

	Ukuran Saringan	Persen Lolos
Gradasi (AASHTO T-27)	4 in (102 mm) ^(*)	100
	No. 4 (4,76 mm)	100 - 20
	No.200 (0,075 mm)	0 - 50
Indeks Plastisitas (AASHTO T-90)	PI ≤ 6	
Notes (*) Ukuran maksimum partikel harus disesuaikan dengan penggunaan material perkuatan yang digunakan. Untuk penggunaan material geosintetik, ukuran dapat dikurang menjadi ¾ in (19 mm)		

(Sumber : FHWA, 2009)

Beberapa kisaran nilai sifat-sifat indeks dan mekanis tanah yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menilai keandalan hasil pengujian tanah timbunan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Beberapa Kisaran Nilai Sifat-sifat Indeks dan Mekanis Tanah

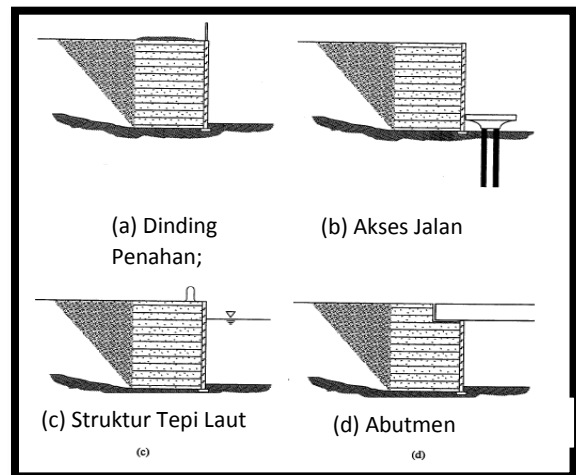
	Indeks Plastisitas	Berat Isi (kN/m ³)	Berat Isi Kering Max (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (deg)
Pasir Halus sampai Kasar	-	19-20	19	-	35 - 40
Pasir sedikit kelanauan, kelembungan		18-19	18	-	27-32,5
Tanah Merah	30 - 50	16 - 17,5	12,5*	10-25	20 - 40
Keterangan * : pada kadar air optimum 40%					

(Sumber : DPU, 2009)

Penggunaan Dinding MSE

Pada penggunaan biasanya digunakan untuk abutmen jembatan, jalan raya, rel kereta api, dan area komersial serta pemukiman dengan elevasi yang dinaikkan pada daerah dekat jembatan atau medan berbukit. Dinding MSE digunakan sebagai struktur sementara maupun permanen yang jugadigunakan untuk memperbaiki / menahan keruntuhan lereng.

Contoh penggunaan dinding MSE dapat dilihat pada gambar 2.3. Pada gambar 2.8. menunjukkan variasi kontruksi dinding MSE .



Gambar 3. Contoh Penggunaan Dinding MSE

(Sumber : FHWA, 2009)

Tabel 2. Persyaratan Terbenamnya Penutup Muka (*Embedment*)

Kemiringan Lereng di Depan Dinding	Kedalaman Minimum <i>Embedment</i> dari atas Alas Perata
Semua Kemiringan	2 ft (0,6 m)
Horizontal (Dinding)	He/20
Horizontal (Abutmen Jembatan)	He/10
3H : 1V	He/10
2H : 1V	He/7
1,5H:1V	He/5

Dimana : He = tinggi efektif dinding dihitung dari permukaan alas perata

Kestabilan Dinding MSE

Persyaratan kestabilan dinding MSE dengan perkuatan geosintetik yang disarankan oleh (Holtz, dkk, 2008) dapat dilihat pada tabel 3.

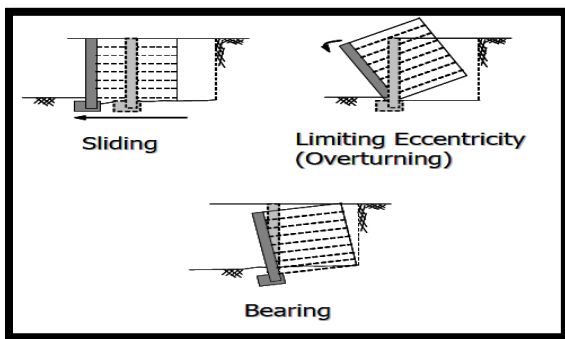
Tabel 3. Persyaratan Kestabilan Dinding MSE dengan Perkuatan Geosintetik

Location	Failure Mode	Requirement
External	Base sliding	FS > 1.5
	Bearing failure	FS > 2.0-2.5
	Overturning	FS > 2.0
Internal	Geosynthetic rupture	FS > 1.5
	Pullout	FS > 1.5 with 1.0 m embedment length
	Connection	FS > 1.5
Overall	Deep-seated	FS > 1.3
	Settlement and differential settlement	Project-dependent
Seismic	All failure modes	FS > 75% static FS

(Sumber : Han, 2015)

1. Stabilitas Eksternal

Untuk dinding penahan gravitasi dan semi gravitasi, ada 3 (tiga) keruntuhan eksternal, yakni : (1) Gelincir (*Sliding*); (2) pembatasan eksentrisitas / guling (*Overturning*); (3) daya dukung (*Bearing*)



Gambar 4. Keruntuhan Eksternal pada Dinding MSE

(Sumber : FHWA, 2008)

Tabel 4.. Koefisien Daya Dukung Tanah

φ	N _q	N _c	N _γ	φ	N _q	N _c	N _γ
0	5.14	1	0	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.2	14.47
2	5.63	1.2	0.15	28	25.8	14.72	16.72
3	5.9	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.4	22.4
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.9
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.3	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.8	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	37.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.2	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.9	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.1	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.8	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.4	5.39	46	152.1	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.2	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.2	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.6	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88	-	-	-	-

(Sumber : DPU, 2009)

Stabilitas Internal

1. Geogrid

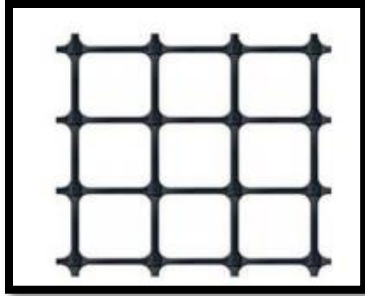
Geogrid merupakan suatu produk berbentuk lembaran jaring (*web*) yang terbuat dari bahan polimer lentur yang digunakan dengan tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari suatu pekerjaan, struktur atau system (ASTM D 4439). Fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan.

- a. Uni-axial Geogrids adalah lembaran massif dengan celah yang memanjang dengan bahan dasar HDPE (High Density Polyethelene)



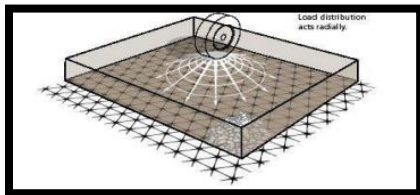
Gambar 5. Geogrid Uniaxial

- b. Bi-axial Geogrid adalah lembaran berbentuk lubang bujursangkar di mana dengan struktur lubang bujursangkar ini partikel tanah timbunan akan saling terkunci dan kuat geser tanah akan naik dengan mekanisme penguncian ini.



Gambar 6. Geogrid Bi-axial

- c. Geogrid Triax Fungsinya sama dengan Bi-axial sebagai material stabilisasi tanah dasar lunak, hanya saja performance nya lebih baik. Hal ini disebabkan bentuk bukaan segitiga lebih kaku sehingga penyebaran beban menjadi lebih merata.



Gambar 7. Geogrid Triax

METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilakukan pada lereng ruas Jalan Tol 2 manado-Bitung STA 9+745 Di Provinsi Sulawesi Utara



Gambar 8. Ruas Jalan Tol 2 Manado-Bitung

2. Prosedur Penelitian

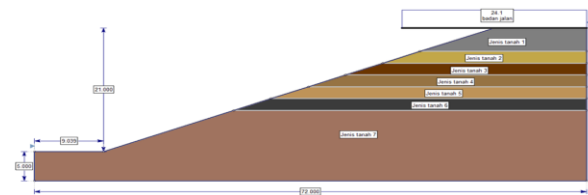
Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur
- b. Survey Lokasi
- c. Pengumpulan Data
- d. Analisis Data dan Pembahasan
- e. Kesimpulan dan Saran

3. Pengumpulan data

Data-data yang akan diambil dari Instansi Terkait pada PT Jaya Konstruksi ruas jalan tol 2 Manado Bitung STA 9+745 maupun yang di dapat dari literatur panduan Geoteknik adalah:

- a. Data bentuk penampang/geometrik lereng



Gambar 9 Bentuk Geometrik Lereng, Di Ruas Jalan Tol STA 9+745

(Sumber : PT Jaya Konstruksi)

- b. Data tanah

1) Data tanah asli

Tabel 5 Data Penyelidikan tanah

kedalaman (m)	N-SPT	Klasifikasi tanah	γ_{total} (KN/m ³)	C(kPa)
0-4	6	lanau berbatu kerikil	19	0.39
4-6	29	lanau kepasiran	19	0.37
6-8	14	pasir kelempungan	19	0.31
8-10	7	lanau pasir halus	19	0.34
10-12	35	pasir kelanauan	19	0.32
12-14	41	lanau pasir halus	19	0.26
14-26	60	pasir kelanauan	19	0.25

Nilai SPT yang didapat dari hasil pengujian

tanah kemudian dikonversikan menjadi nilai sudut geser dalam (ϕ)

Korelasi nilai SPT

Nilai SPT dapat digunakan untuk memperkirakan nilai sudut geser dalam.

Pendekatan korelasi nilai sudut geser dalam dan N SPT dalam persamaan:

$$\phi^{\circ} = 27,1 + 0,3N - 0,00054N^2$$

Tabel 6 Nilai sudut geser dalam

kedalaman (m)	φ°
0-4	28.88056
4-6	35.34586
6-8	31.19416
8-10	29.17354
10-12	36.9385
12-14	38.49226
14-26	43.156

2) Tanah timbunan

Tanah timbunan yang digunakan pada bidang perkuatan adalah tanah granular

$$\begin{aligned} \gamma &= 19 \text{ kN/m}^3 \\ c &= 0 \text{ kPa} \\ \phi &= 35^\circ \end{aligned}$$

c. Pembebanan

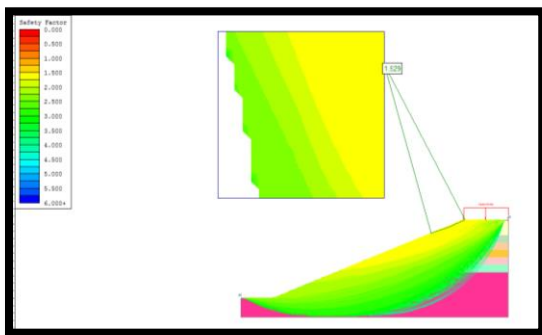
Jalan tol Manado – Bitung adalah jalan Arteri / Provinsi dengan jalan kelas I, oleh karena itu analisis beban lalu lintas digunakan 15 kPa dari ketentuan dalam Panduan Geoteknik 4 No. Pt T-10-2002-B

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kestabilan Lereng Eksisting Pada Ruas Jalan Tol Manado-Bitung STA 9+745

Dalam penelitian ini, perhitungan analisis kestabilan lereng eksisting dilakukan perhitungan manual dan dengan software SLIDE. Metode yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng eksisting adalah *Bishop simplified*, *Fellenius /Ordinary*, dan *Janbu Simplified*.

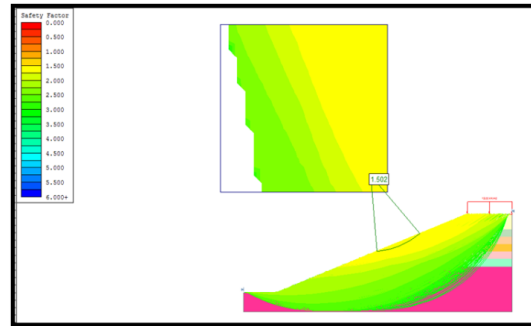
1. Metode *Bishop Simplified*



Gambar 10 Hasil analisis kestabilan lereng eksisting dengan metode Bishop (sumber : hasil analisis)

Analisis lereng eksisting yang diberikan beban lalu lintas 15 kN/m² menggunakan metode *Bishop Simplified*, mendapatkan hasil faktor keamanan 1,529 dengan software SLIDE. Dari nilai faktor keamanan hasil analisis, lereng eksisting pada ruas jalan tol Manado-Bitung STA 9+745 dengan menggunakan metode *Bishop simplified* dikatakan aman karena lebih dari 1.

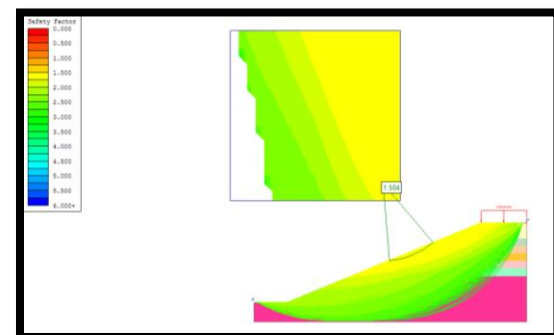
2. Metode *Ordinary/Fellenius*



Gambar 11. Hasil analisis kestabilan lereng eksisting dengan metode *Ordinary/Fellenius* (sumber : hasil analisis)

Dengan metode *Fellenius/Ordinary*, Faktor keamanan minimum lereng eksisting dengan beban lalu lintas 15 kPa adalah 1,502 dari software SLIDE. Nilai faktor keamanan tersebut dikatakan aman karena melebihi nilai 1.

3. Metode *Janbu Simplified*



Gambar 12. Hasil analisis kestabilan lereng eksisting dengan metode *Janbu Simplified*

Dengan metode *Janbu Simplified*, Faktor keamanan minimum lereng eksisting dengan

beban lalu lintas 15 kPa adalah 1,504 dari *software SLIDE*. Nilai faktor keamanan tersebut dikatakan aman karena melebihi nilai 1.

Dari ketiga metode perhitungan yang digunakan, nilai faktor keamanan dengan menggunakan metode *Bishop Simplified* lebih besar dibandingkan metode *Ordinary / Fellenius* dan metode *Janbu Simplefied*. Namun ketiga hasil analisis menunjukkan bahwa lereng eksisting pada ruas jalan tol 2 Manado–Bitung STA 9+745 dapat dikatakan aman dimana faktor keamanan melebihi nilai 1.

Tabel 7. Nilai Faktor Keamanan pada Lereng Eksisting Ruas Jalan Tol Manado-Bitung STA 6+475 menggunakan metode *Bishop Simplified*, *Ordinary/Fellinius*.

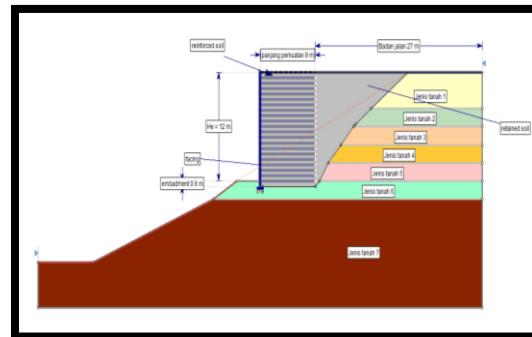
NO	METODE	PERHITUNGAN	FAKTOR KEAMANAN MINIMUM	FAKTOR KEAMANAN IZIN	KET.
1	Bishop Simplified	Software SLIDE	1,529	1	Aman
2	Ordinary / Fellenius	Software SLIDE	1,502	1	Aman
3	Janbu Simplified	Software SLIDE	1,504	1	Aman

(Sumber : Hasil analisis)

Desain Dinding MSE

- a. Tinggi Dinding MSE
Tinggi dinding MSE yang direncanakan adalah 12 m
- b. Penutup Muka
Jenis penutup muka yang direncanakan pada dinding MSE ini adalah Panel Beton Pracetak
- c. Umur Rencana
Seperti pada umumnya dinding penahan tanah permanen direncanakan untuk memiliki masa layan 75 tahun,
- d. Dimensi Alas Perata (*Leveling Pad*)
Dimensi alas perata diambil 700 mm x 300 mm
- e. Terbenamnya Penutup Muka (*Embedment*)
Kedalaman *embedment* diambil sesuai persyaratan minimum *embedment* untuk dinding dengan kemiringan lereng didepan dinding horizontal yakni $He/20$
- f. Panjang Perkuatan
Panjang perkuatan disyaratkan adalah 0,7He atau 2,5m, namun pada penelitian ini, akan di analisis panjang perkuatan variabel bebas yang akan divariasikan, yakni : 0,4He;

0,5He; 0,6He; 0,7He; 0,8He; 0,9He tetapi panjang perkuatan yang akan di gunakan pada perencanaan ini adalah **0,7He**;



Gambar 13. Desain Perencanaan Dinding MSE pada Ruas Jalan Tol Manado Bitung STA 9+745 (sumber : Hasil Desain perencanaan)

Kestabilan Eksternal

Tabel 8. Analisis Kestabilan Eksternal Dinding MSE pada Ruas Jalan Tol STA 9+745

NO	L		GELINCIR		
			FK _{Geser}	FK _{Geser (izin)}	KONTROL
1	0,9 H	10.8	4.11	1.5	OK
2	0,8 H	9.6	3.65	1.5	OK
3	0,7 H	8.4	3.20	1.5	OK
4	0,6 H	7.2	2.74	1.5	OK
5	0,5 H	6	2.28	1.5	OK
6	0,4 H	4.8	1.83	1.5	OK
NO	L		DAYA DUKUNG		
			FK _{dava dukung}	FK _{dv dkg (izin)}	KONTROL
1	0,9 H	10.8	68.75	2	OK
2	0,8 H	9.6	56.55	2	OK
3	0,7 H	8.4	43.94	2	OK
4	0,6 H	7.2	30.89	2	OK
5	0,5 H	6	17.62	2	OK
6	0,4 H	4.8	5.34	2	OK
NO	L		GULING		
			FK _{Guling}	FK _{Guling (izin)}	KONTROL
1	0,9 H	10.8	7.49	2	OK
2	0,8 H	9.6	5.92	2	OK
3	0,7 H	8.4	4.53	2	OK
4	0,6 H	7.2	3.33	2	OK
5	0,5 H	6	2.31	2	OK
6	0,4 H	4.8	1.48	2	TIDAK OK

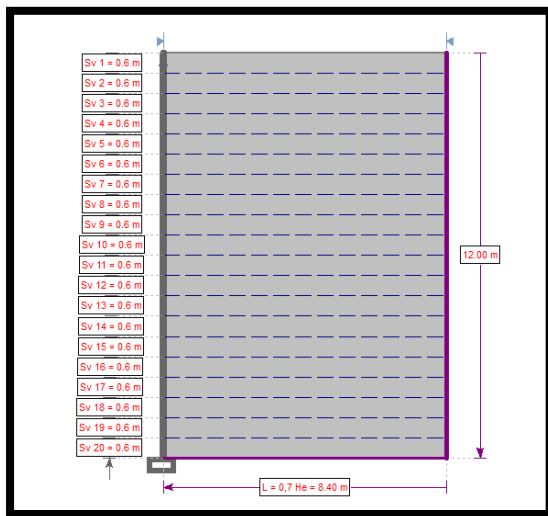
Hasil analisis di atas menjelaskan bahwa ketiga stabilitas merupakan suatu kesatuan. Perlu dilakukan perubahan apabila salah satu dari ketiga stabilitas tidak memenuhi persyaratan karena dimensi yang dipakai akan digunakan dalam perencanaan dinding MSE jika ketiga stabilitasnya memenuhi persyaratan.

Berdasarkan hasil analisis, desain perkuatan dengan panjang 0,4 He tidak dapat digunakan dalam perencanaan dinding MSE, sedangkan

desain perkuatan dengan panjang 0,6 He dan 0,5 He yakni lebih kecil dari persyaratan minimum panjang perkuatan yang disarankan (Elias, dkk, 2001) memenuhi kestabilan eksternal.

Kestabilan Internal

Dinding MSE direncanakan setinggi 12 m dan selebar L. Jarak vertical antar perkuatan sama dengan tinggi penutup muka yakni 0,6 m. Dinding dipasang vertikal lurus ($\beta = 0^\circ$), presentase cakupan geogrid, $R_c = 100\%$ dan sudut gesekan antara dinding dan tanah $\delta = \phi$. Skema dinding MSE yang direncanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 14. Desain Skema Perencanaan Dinding MSE dengan perkuatan geogrid pada Ruas Jalan Tol Manado Bitung STA 9+745 (sumber : Hasil Desain perencanaan)

- a. Cek Kegagalan Tarik, $FS_{po} = \frac{T_{po}}{T_{max}}$
- b. Kegagalan Geosintetik

Jenis geosintetik menggunakan perencanaan Geogrid. Kestabilan terhadap kegagalan geosintetik dicoba berbagai kekuatan maksimum yang diijinkan perkuatan sesuai jenis geogrid

$RF_{ID} = 1.05$
 $RF_{CR} = 2.6$
 $R_{FD} = 1$
 $FS_{RP} = 1.5$

Tabel 9. Kuat Izin Geogrid pada Berbagai Jenis

Lap	Tmax kN/m	UX 1100			UX 1400		
		Ta kN/m	Fs kN/m	Kontrol Fs > 1,5	Ta kN/m	Fs kN/m	Kontrol Fs > 1,5
1	3.366	57.876	17.196	OK	69.888	20.765	OK
2	6.146	57.876	9.417	OK	69.888	11.371	OK
3	8.000	57.876	7.235	OK	69.888	8.736	OK
4	9.853	57.876	5.874	OK	70.888	7.194	OK
5	11.707	57.876	4.944	OK	71.888	6.141	OK
6	13.560	57.876	4.268	OK	72.888	5.375	OK
7	15.414	57.876	3.755	OK	73.888	4.794	OK
8	17.267	57.876	3.352	OK	74.888	4.337	OK
9	19.121	57.876	3.027	OK	75.888	3.969	OK
10	20.975	57.876	2.759	OK	76.888	3.666	OK
11	22.828	57.876	2.535	OK	77.888	3.412	OK
12	24.682	57.876	2.345	OK	78.888	3.196	OK
13	26.535	57.876	2.181	OK	79.888	3.011	OK
14	28.389	57.876	2.039	OK	80.888	2.849	OK
15	30.242	57.876	1.914	OK	81.888	2.708	OK
16	32.096	57.876	1.803	OK	82.888	2.582	OK
17	33.950	57.876	1.705	OK	83.888	2.471	OK
18	35.803	57.876	1.617	OK	84.888	2.371	OK
19	37.657	57.876	1.537	OK	85.888	2.281	OK
20	39.510	57.876	1.465	TIDAK OK	86.888	2.199	OK

(Sumber : Tensar's Brochure)

Kekuatan maksimum yang diizinkan dikalikan dengan factor-factor reduksi menghasilkan kekuatan izin (Ta)

Tabel. 10. Kestabilan terhadap Kegagalan Geosintetik pada Sv = 0,6 m

Lapisan	F _{spo} > 1,5 0,7 He	
	F _{spo}	Kontrol
1	6.389	OK
2	21.633	OK
3	20.806	OK
4	20.671	OK
5	20.898	OK
6	21.339	OK
7	21.917	OK
8	22.587	OK
9	23.323	OK
10	24.108	OK
11	24.929	OK
12	25.779	OK
13	26.650	OK
14	26.229	OK
15	25.859	OK
16	25.532	OK
17	25.240	OK
18	24.979	OK
19	24.743	OK
20	24.530	OK

UX 1500			UX 1600		
Ta	Fs	Kontrol	Ta	Fs	Kontrol
kN/m	Ta/Tmax	Fs > 1,5	kN/m	Ta/Tmax	Fs > 1,5
114.114	33.905	OK	143.871	42.746	OK
114.114	18.567	OK	143.871	23.409	OK
114.114	14.265	OK	143.871	17.985	OK
114.114	11.581	OK	143.871	14.601	OK
114.114	9.748	OK	143.871	12.290	OK
114.114	8.415	OK	143.871	10.610	OK
114.114	7.403	OK	143.871	9.334	OK
114.114	6.609	OK	143.871	8.332	OK
114.114	5.968	OK	143.871	7.524	OK
114.114	5.441	OK	143.871	6.859	OK
114.114	4.999	OK	143.871	6.302	OK
114.114	4.623	OK	143.871	5.829	OK
114.114	4.300	OK	143.871	5.422	OK
114.114	4.020	OK	143.871	5.068	OK
114.114	3.773	OK	143.871	4.757	OK
114.114	3.555	OK	143.871	4.483	OK
114.114	3.361	OK	143.871	4.238	OK
114.114	3.187	OK	143.871	4.018	OK
114.114	3.030	OK	143.871	3.821	OK
114.114	2.888	OK	143.871	3.641	OK

UX 1700			UX1800		
Ta	Fs	Kontrol	Ta	Fs	Kontrol
kN/m	Ta/Tmax	Fs > 1,5	kN/m	Ta/Tmax	Fs > 1,5
174.993	51.993	OK	202.293	60.104	OK
174.993	28.472	OK	202.293	32.914	OK
174.993	21.875	OK	202.293	25.288	OK
174.993	17.760	OK	202.293	20.531	OK
174.993	14.948	OK	202.293	17.280	OK
174.993	12.905	OK	202.293	14.918	OK
174.993	11.353	OK	202.293	13.124	OK
174.993	10.134	OK	202.293	11.715	OK
174.993	9.152	OK	202.293	10.580	OK
174.993	8.343	OK	202.293	9.645	OK
174.993	7.666	OK	202.293	8.862	OK
174.993	7.090	OK	202.293	8.196	OK
174.993	6.595	OK	202.293	7.624	OK
174.993	6.164	OK	202.293	7.126	OK
174.993	5.786	OK	202.293	6.689	OK
174.993	5.452	OK	202.293	6.303	OK
174.993	5.154	OK	202.293	5.959	OK
174.993	4.888	OK	202.293	5.650	OK
174.993	4.647	OK	202.293	5.372	OK
174.993	4.429	OK	202.293	5.120	OK

(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil perhitungan kestabilan terhadap kegagalan geosintetik pada Sv = 0,6 hanya Geogrid dengan jenis UX 1100 yang tidak dapat digunakan. Selain itu untuk Geogrid dengan jenis UX 1400, UX 1500, UX 1600, UX 1700, dan UX 1800 dapat digunakan dalam perencanaan dinding MSE ini karena nilai Ta/Tmax lebih besar dari 1,5.

c. Kegagalan Sambungan

Jenis geosintetik menggunakan perencanaan Geogrid. Kestabilan terhadap kegagalan sambungan dicoba berbagai kekuatan maksimum yang diijinkan perkuatan sesuai jenis geogrid.

$$F_{Scn} = T_{cn} / T_a$$

Dengan $F_{Scn} > 1,5$

Tabel 11. Kuat Izin Sambungan Geogrid pada Berbagai Jenis

Jenis Geogrid	UX 1100	UX 1400	UX 1500	UX 1600	UX 1700	UX1800
KekuatanMaks yang diizinkan (kN/m)	54	66	105	135	160	180

(Sumber : Tensar's Brochure)

Tabel 12. Kestabilan terhadap Kegagalan Sambungan Pada Sv = 0,6 m

Lapisan	Tmax kN/m	UX 1100			UX 1400		
		T _{cn} kN/m	Ta/Tmax	Kontrol	T _{cn} kN/m	Ta/Tmax	Kontrol
1	3.365696472	54	16.04	OK	66.00	19.61	OK
2	6.146054427	54	8.79	OK	66.00	10.74	OK
3	7.999626398	54	6.75	OK	66.00	8.25	OK
4	9.853198368	54	5.48	OK	66.00	6.70	OK
5	11.70677034	54	4.61	OK	66.00	5.64	OK
6	13.56034231	54	3.98	OK	66.00	4.87	OK
7	15.41391428	54	3.50	OK	66.00	4.28	OK
8	17.26748625	54	3.13	OK	66.00	3.82	OK
9	19.12105822	54	2.82	OK	66.00	3.45	OK
10	20.97463019	54	2.57	OK	66.00	3.15	OK
11	22.82820216	54	2.37	OK	66.00	2.89	OK
12	24.68177413	54	2.19	OK	66.00	2.67	OK
13	26.53534611	54	2.04	OK	66.00	2.49	OK
14	28.38891807	54	1.90	OK	66.00	2.32	OK
15	30.24249004	54	1.79	OK	66.00	2.18	OK
16	32.09606201	54	1.68	OK	66.00	2.06	OK
17	33.94963398	54	1.59	OK	66.00	1.94	OK
18	35.80320595	54	1.51	OK	66.00	1.84	OK
19	37.65677792	54	1.43	TIDAK OK	66.00	1.75	OK
20	39.51034989	54	1.37	TIDAK OK	66.00	1.67	OK

UX 1500			UX 1600		
T _{cn} kN/m	Ta/Tmax	Kontrol	T _{cn} kN/m	Ta/Tmax	Kontrol
105.00	31.20	OK	135.00	40.11	OK
105	17.08	OK	135	21.97	OK
105	13.13	OK	135	16.88	OK
105	10.66	OK	135	13.70	OK
105	8.97	OK	135	11.53	OK
105	7.74	OK	135	9.96	OK
105	6.81	OK	135	8.76	OK
105	6.08	OK	135	7.82	OK
105	5.49	OK	135	7.06	OK
105	5.01	OK	135	6.44	OK
105	4.60	OK	135	5.91	OK
105	4.25	OK	135	5.47	OK
105	3.96	OK	135	5.09	OK
105	3.70	OK	135	4.76	OK
105	3.47	OK	135	4.46	OK
105	3.27	OK	135	4.21	OK
105	3.09	OK	135	3.98	OK
105	2.93	OK	135	3.77	OK
105	2.79	OK	135	3.59	OK
105	2.66	OK	135	3.42	OK

UX 1700			UX1800		
T _{cn} kN/m	Ta/Tmax	Kontrol	T _{cn} kN/m	Ta/Tmax	Kontrol
160.00	47.54	OK	180.00	53.48	OK
160	26.03	OK	180	29.29	OK
160	20.00	OK	180	22.50	OK
160	16.24	OK	180	18.27	OK
160	13.67	OK	180	15.38	OK
160	11.80	OK	180	13.27	OK
160	10.38	OK	180	11.68	OK
160	9.27	OK	180	10.42	OK
160	8.37	OK	180	9.41	OK
160	7.63	OK	180	8.58	OK
160	7.01	OK	180	7.88	OK
160	6.48	OK	180	7.29	OK
160	6.03	OK	180	6.78	OK
160	5.64	OK	180	6.34	OK
160	5.29	OK	180	5.95	OK
160	4.99	OK	180	5.61	OK
160	4.71	OK	180	5.30	OK
160	4.47	OK	180	5.03	OK
160	4.25	OK	180	4.78	OK
160	4.05	OK	180	4.56	OK

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil perhitungan kestabilan terhadap kegagalan geosintetik pada $S_v = 0,6$ hanya Geogrid dengan jenis UX 1100 yang tidak dapat digunakan. Selain itu untuk Geogrid dengan jenis UX 1400, UX 1500, UX 1600, UX 1700, dan UX 1800 dapat digunakan dalam perencanaan dinding MSE ini karena nilai T_a/T_{max} lebih besar dari 1,5.

Analisis Kestabilan Lereng yang sudah menggunakan Dinding MSE Pada Ruas Jalan Tol Manado-Bitung STA 9+745

Dalam perhitungan analisis kestabilan lereng sesudah menggunakan dinding MSE diambil parameter rencana dinding MSE yang memenuhi kestabilan eksternal maupun kestabilan internal, yakni :

$L = 0,7 \text{ He}$

$S_v = 0,6 \text{ m}$

Jenis Geogrid = UX 1700 dan UX 1800

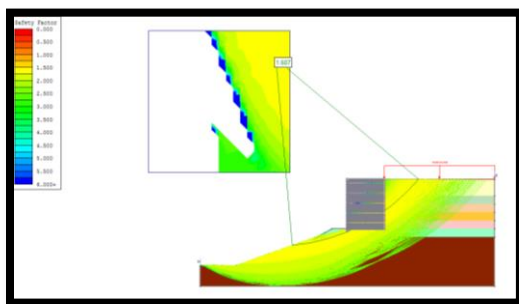
Facing = *Cohesive Soil* yang divariasikan berdasarkan konsistensi tanah yakni medium sampai keras, maka :

$C_u = 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100$

Tabel 13. Nilai Faktor Keamanan Stabilitas Global menggunakan Metode Bishop Simplified dan ordinary Fellenius

Nilai Faktor Keamanan (Bishop Simplified)			Nilai Faktor Keamanan (Ordinary / Fellenius)		
Cu (kPa)	Jenis Geogrid		Jenis Geogrid		Cu (kPa)
	UX1700	UX1800	UX1700	UX1800	
	Panjang Perkuatan		Panjang Perkuatan		
	0,7 He	0,7 He		0,7 He	
15	1.086	1.086	15	0.969	0.969
20	1.336	1.336	20	1.179	1.179
25	1.576	1.576	25	1.389	1.389
30	1.671	1.806	30	1.599	1.599
35	1.675	1.877	35	1.637	1.809
40	1.68	1.879	40	1.66	1.847
45	1.684	1.882	45	1.662	1.849
50	1.688	1.884	50	1.664	1.851
55	1.691	1.886	55	1.667	1.853
60	1.694	1.889	60	1.669	1.855
65	1.697	1.891	65	1.671	1.857
70	1.7	1.893	70	1.674	1.859
75	1.703	1.895	75	1.676	1.86
80	1.706	1.898	80	1.679	1.862
85	1.708	1.9	85	1.681	1.864
90	1.711	1.902	90	1.683	1.866
95	1.714	1.905	95	1.686	1.868
100	1.717	1.907	100	1.688	1.87

Sumber (Hasil Analisis)



Gambar 15. Hasil analisis kestabilan lereng yang sudah menggunakan Dinding MSE dengan memperkuat geogrid pada Ruas Jalan Tol Manado Bitung STA 9+745

(sumber : Hasil Desain perencanaan)

Hasil factor keamanan Analisis kestabilan lereng yang sudah menggunakan Dinding MSE Adalah 1,607. Menurut FHWA (2009) angka faktor keamanan lebih dari 1,3 dikatakan aman, sehingga hasil analisis pada tabel 4.8. menunjukkan bahwa nilai *cohesion undrained* = 20 kPa sudah dapat dikatakan aman.

PENUTUP

Kesimpulan

Dalam penelitian ini Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh , yakni:

1. Nilai faktor keamanan pada lereng eksisting di Ruas Jalan Tol Manado Bitung STA 9+745 dan dengan menggunakan metode Bishop *Simplified* pada program SLIDE adalah 1,529, Untuk metode *Ordinary / Fellenius* adalah 1,502 ,dan untuk metode janbu 1,504. dan Berdasarkan ketiga hasil tersebut, menunjukkan bahwa lereng eksisting pada ruas jalan Tol Manado Bitung STA 9+745 dikatakan aman karena melebihi nilai 1.
2. Desain dinding MSE dengan tinggi 12 m, panjang perkuatan 0.7 He atau 8,4 m jarak vertikal antar perkuatan 0,6 m dan jenis geogrid yang digunakan UX 1700 aman dan dapat digunakan sebagai alternatif pengaman lereng pada ruas jalan tol manado bitung STA 9+745.
3. Faktor keamanan pada lereng yang sudah menggunakan Dinding MSE adalah 1,607 dan itu dikatakan aman karena melebihi nilai 1,3.

Saran

1. Perlu dilakukan kajian terhadap metode pencegah lainnya seperti *shotcrete, anchor, soil nailing, gravity wall*, dan lainnya guna mendapatkan metode pencegah longsor yang paling efisien

DAFTAR PUSTAKA

- Aggour, M. S. 2002. *Updating Bearing Capacity - SPT Graphs*. Mary
- Brooks, & Nielsen, J. P. 1992. *Basics of Retaining Wall Design*. California: HBAP Publications.
- Berg, R. R., Christopher, B. R., & Samtani, N. C. 2009. *Design of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes - Volume I*. Washington, D.C.: FHWA-NHI.
- Bowles J E 1989 Physical and geotechnical properties of soils*
- Bulo R, & Tico J, & Sompie O.B.A . 2014. *Studi Pengaruh Aspal Cut-Back Terhadap Nilai Cbr Tanah Lempung*. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Christopher , B., Gill, S., Giroud, J., Mitchell, J., Schlosser, F., & Dunncliff, J. 1990. Reinforced Soil Structures - Volume I, Design and Construction Guidelines - Volume II, *Summary of Research and Systems Information*. FHWA RD 89-043.
- CV Rubikon, *Soil Investigation and Land Survey*
- Dinas Pekerjaan Umum Sulawesi Utara, 2015, *Analisis Pembebanan Lalulintas*
- Elias, V. P., Christopher, B. R., & Berg, R. 2001. *Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines*. Washington D.C.: FHWA-NHI.
- Federal Highway Administration (FHWA), 2009, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes*
- Han, J. 2015. *Principles and Practice of Ground Improvement*. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Hardiyatmo. 2002. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: UGMpek Press.
- Karaseran A, & Sompie O B A, & Balamba S, 2015. *Pengaruh bahan campuran arang tempurung terhadap Konsolidasi sekunder pada lempung ekspansif*. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Palar H. & Monintja S & Sarajar A, 2013. *Pengaruh Pencampuran Tras Dan Kapur Pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung*. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Peck, R.B., Hansen, W.E., and Thornburn, T.H. *Foundation Engineering*, 2nd ed., Wiley, New York, 1953.
- Ratag C. & Mandagi A, & Legrans R. 2018. *Analisis Dinding Mechanically Stabilized Earth (Mse) (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Manado Bitung Sta 6+475)*. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rompas C, & Turangan A, & Riogilang H. 2018. *Pengaruh Pencampuran Belerang Terhadap Kuat Geser Tanah*. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Surendro, B. 2015. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Shioi, Y. and Fukui, J “Application of N-value to Design of Foundations in Japan,” 2nd European Symposium of Penetration Testing, Vol. 1, 1982 pp 159 – 164.