

**ANALISIS dan PERBAIKAN STABILITAS LERENG dengan PERKUATAN  
(Studi Kasus : Ruas Jalan Poros Sangatta – Rantau Pulung, Kab. Kutai Timur)****Annisa Vidia Fajarini<sup>1</sup>, Heri Sutanto<sup>2</sup>, Ery Budiman<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia  
Email: [annisavidia.avf@gmail.com](mailto:annisavidia.avf@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung  
No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia  
Email: [hery\\_soetanto@yahoo.com](mailto:hery_soetanto@yahoo.com)<sup>2</sup>

<sup>3</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung  
No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia  
Email: [ery\\_budi@yahoo.com](mailto:ery_budi@yahoo.com)<sup>3</sup>

**ABSTRAK**

Ruas jalan poros Sangatta – Rantau Pulung berada pada kondisi topografi berupa perbukitan dan lembah yang mengakibatkan beberapa segmen ruas jalan harus berada pada lereng. Dengan adanya faktor internal dan eksternal, terutama hujan dan aliran air tanah yang membuat tanah pada lereng kehilangan kestabilan dan kemampuan menahan geseran sehingga terjadi longsoran. Sehingga beberapa segmen jalan mengalami kerusakan akibat kelongsoran yang terjadi telah mengikis sebagian badan jalan dan mengganggu arus lalu lintas. Sebagai upaya dalam mengatasi kemungkinan longsoran susulan pada lereng yang ada di badan jalan dan menanggulangi lereng yang sudah longsor. Maka perlu untuk mengetahui nilai angka keamanan dengan perkuatan lereng menggunakan geogrid dan perkuatan dengan dinding MSE.

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam 3 jenis permodelan yaitu permodelan kondisi eksisting, permodelan lereng dengan perkuatan geogrid dan permodelan dengan perkuatan dinding MSE. Analisis dilakukan dengan menerapkan 4 kondisi pada setiap permodelan. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan dua metode yaitu analisis dengan perhitungan manual untuk kondisi dengan perkuatan dan dengan Midas GTS NX.

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, lereng dalam kondisi tidak aman. Dengan nilai angka keamanan sebesar 1,0 pada kondisi semua beban diterapkan dan tidak memenuhi angka keamanan yang diizinkan. Pada kondisi yang sama dengan perkuatan geogrid angka keamanan meningkat menjadi 1,42 untuk perkerasan lentur. Pada kondisi dengan perkuatan dinding MSE untuk perkerasan lentur angka keamanan menjadi 1,4. Dalam perhitungan kondisi dengan perkuatan geogrid dan dinding MSE didapatkan semua perhitungan angka keamanan yang dicapai melebihi angka keamanan yang diizinkan yaitu 1,2.

Kata kunci: Angka keamanan, MSE, Geogrid, Midas GTS NX

**ABSTRACT**

*The road of Sangatta-Rantau Pulung is located in a topographical condition in the form of hills and valleys, which results in several segments of the road section having to be on the slopes. With the presence of internal and external factors, especially rain and groundwater flow, that make the soil on the slopes lose stability and the ability to withstand shears, avalanches occur. Some segments of the road have been damaged due to the cladding that has eroded part of the road body and disrupted the flow of traffic. In an effort to overcome the possibility of subsequent avalanches on the slopes on the road body and to overcome slopes that have been landslides, it is necessary to find out the value of safety figures by strengthening the slope using geogrids and mse walls.*

*The analysis for this work was done using three different modeling types: modeling of present circumstances, modeling of slopes with geogrid reinforcement, and modeling of strengthening MSE walls. Each model was subjected to four conditions during the analysis. There are two ways to analyze the stability of a slope: manually using calculations for reinforced conditions, and using Midas GTS NX.*

*According to the analysis's results, the slopes are unsafe as they currently stand. does not satisfy the permitted safety factor with a safety factor value of 1.0 under all applied loads. The safety factor for bending pavements increased to 1.42 under the same circumstances as geogrid retrofitting. The safety factor is 1.40 when MSE wall reinforcement is present for bending pavements. In the calculation of conditions with the strengthening of geogrids and MSE walls, All calculations of the safety factor achieved exceed the permitted safety factor of 1.2*

**Keywords:** *Safety factor, MSE wall, Geogrid, Midas GTS NX*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada proses pembangunan sarana dan prasarana transportasi terkadang ditemui rute jalan yang melalui daerah perbukitan dan berlereng dengan kondisi tanah yang kurang baik. Lereng-lereng tersebut harus mampu menahan beban yang besar akibat kendaraan yang melintas di jalan raya. Kondisi ini dapat memicu berkurangnya tingkat keamanan lereng yang berdampak pada terjadinya longsor yang membahayakan fasilitas jalan raya di sebelahnya.

Hujan deras yang mengguyur sebagian besar wilayah Kabupaten Kutai Timur telah mengakibatkan lereng di tepi ruas jalan poros Sangatta – Rantau Pulung mengalami kelongsoran dan mengikis sebagian badan jalan, sehingga diperlukan pencegahan untuk mengurangi kelongsoran yang sering terjadi di titik tersebut.

Kegiatan proyek penanganan longsor ini merupakan salah satu usaha Pemerintah Kabupaten Kutai Timur untuk menangani putusnya ruas jalan akibat longsor. Dengan adanya kegiatan ini, diharapkan tidak lagi mengganggu pengguna jalan akibat kelongsoran yang terjadi serta dapat menunjang perkembangan wilayah dan sebagai salah satu fasilitas interaksi sosial antar wilayah atau daerah.

Oleh karena itu penulis melakukan penelitian pada lokasi tersebut dikarenakan mengalami kelongsoran pada permukaan tanah sehingga tujuan untuk studi ini adalah menganalisis stabilitas dinding penahan tanah dan mengetahui sebab ketidakstabilan lereng tersebut. Manfaat dari studi ini atau hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi bagi pihak terkait dan dapat digunakan sebagai perbandingan yang efektif dan efisien untuk penanganan dinding penahan tanah pada lokasi tersebut.

### 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana keamanan lereng tanpa perkuatan tanah akibat berat sendiri?

2. Bagaimana faktor keamanan stabilitas lereng tanpa perkuatan tanah akibat beban lalu lintas?
3. Bagaimana faktor keamanan lereng dengan perkuatan Geogrid?
4. Bagaimana faktor keamanan konstruksi dinding MSE (*Mechanically Stabilized Earth*)?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui faktor keamanan lereng pada kondisi awal akibat berat sendiri sebelum menggunakan perkuatan tanah dengan permodelan kondisi eksisting lereng menggunakan software *Midas GTS NX 2022 R1*.
2. Mengetahui faktor keamanan lereng pada saat diberi beban lalu lintas sebelum menggunakan perkuatan tanah.
3. Mendesain konstruksi lereng dengan perkuatan geogrid sesuai dengan faktor keamanan yang disyaratkan.
4. Mendesain konstruksi dinding MSE (*Mechanically Stabilized Earth*) dengan faktor keamanan yang disyaratkan.

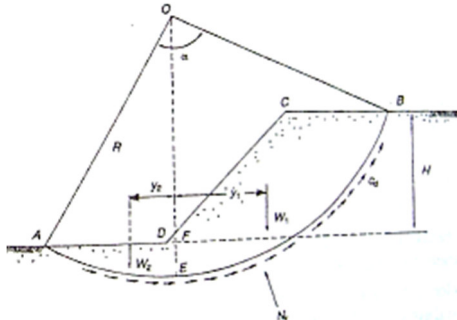
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Analisis Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsohnya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya. Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah. (Hardiyatmo, 2003).

**2.1.1. Analisis Stabilitas Lereng Lempung menggunakan Diagram Taylor (1984)**

Menurut Hardiyatmo (2014), diagram stabilitas lereng lempung ( $\phi = 0$ ), digunakan pada lempung homogen jenuh dengan kuat geser digunakan pada undrained konstan sembarang kedalaman. Dalam analisis ini perlu memilih satu potensi bidang gelincir coba-coba diperlihatkan pada



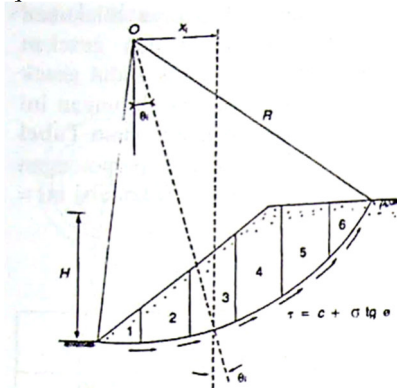
**Gambar 2. 1** Analisis stabilitas lereng ( $\phi = 0$ ) (Hardiyatmo, 2014)

Maka diperoleh faktor aman untuk analisis stabilitas lereng lempung homogen dengan  $\phi = 0$  dan  $c = c_u$ , yaitu:

$$F = \frac{c_u R^2 \alpha}{W_1 Y_1 - W_2 Y_2} \dots \dots \dots (2.3)$$

**2.1.2. Metode Bishop Disederhanakan (Simplified Bishop)**

Metode Bishop disederhanakan menurut Bishop (1955) dalam Hardiyatmo (2014), menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertical, contoh irisan lereng pada metode Bishop dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2. 1** Contoh irisan pada lereng (Hardiyatmo, 2014)

Berdasarkan penurunan rumus yang mengacu pada buku Hardiyatmo, 2014. Diperoleh persamaan faktor aman sebagai berikut:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c^{bi} + (W_i - u_i b_i) \tan \phi'] \left( \frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \dots \dots \dots (2.4)$$

**2.2. Struktur Penahan Tanah**

Struktur penahan tanah adalah salah satu jenis

Gambar 2.1. Untuk bidang longsor yang dipilih, komponen berat akan terdiri dari W1 dan W2 yaitu:

$$W_1 = \text{luas EFCB} \times \gamma \times 1 \dots \dots \dots (2.1)$$

$$W_2 = \text{luas AEFD} \times \gamma \times 1 \dots \dots \dots (2.2)$$

konstruksi sipil yang dibangun dengan fungsi untuk menahan gaya tekanan aktif lateral suatu tanah maupun air. Struktur penahan tanah dan sistem penunjangnya meliputi dinding penahan, *embedded wall*, *soil nailing*, dinding MSE (MSE wall) dan ankur tanah. (SNI 8460:2017).

**2.2.1. Mechanically Stabilized Earth Wall (MSE Wall)**

Dinding MSE (*Mechanically Stabilized Earth Wall*) merupakan alternatif untuk menggantikan dinding penahan tanah konvensional, seperti dinding penahan tanah tipe gravitasi dan dinding kantilever, yang banyak digunakan pada konstruksi jalan. Kelebihan utama dari dinding MSE dibandingkan dengan dinding penahan tanah konvensional adalah ekonomis, mudah, dan cepat pelaksanaannya. Struktur ini fleksibel, menahan perbedaan penurunan yang lebih besar dari dinding penahan tanah konvensional. (SNI 8460:2017).

**2.3. Perkuatan Tanah**

Menurut Hardiyatmo (2014), Konsep perkuatan tanah atau tanah bertulang (*reinforced earth*) pertama kali diperkenalkan oleh Vidal pada tahun 1969. Bahan tulangan dapat dibuat dari metal atau geosintetik (geotekstil, geogrid dan lain-lainnya). Tanah urug umumnya tanah granuler, walaupun saat ini telah digunakan juga tanah kohesif. Elemen-elemen penutup dinding depan berupa panel-panel beton, tulangan yang ditekuk, bronjong batu, elemen-elemen segmental dan lain-lain.

Menurut Suryolelono (1993 dalam Chasanah, 2012), analisis stabilitas lereng dengan perkuatan terdiri dari analisis stabilitas internal, stabilitas eksternal, dan stabilitas terhadap kelongsoran.

Pada penelitian kali ini digunakan bahan tulangan gesintetik dengan jenis geogrid.

**2.4. Program Software yang Digunakan**

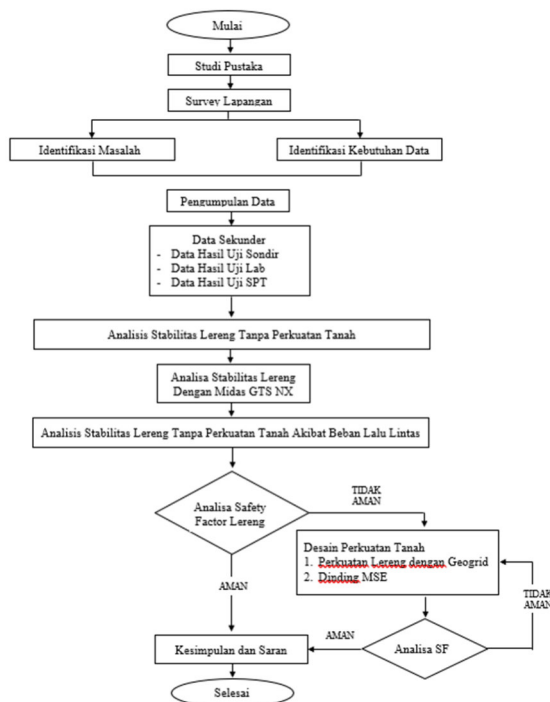
Pada penelitian ini digunakan software Midas GTS NX 2022 R1 untuk melakukan analisis stabilitas lereng. Midas GTS NX 2022 R1 adalah aplikasi program rancang bangun teknik sipil yang diperuntukkan merancang struktur bangunan gedung, jembatan, dan struktur sipil umumnya. Program ini dikembangkan dengan bahasa program yang berbasis pada pemrograman visual C++

dan memanfaatkan secara penuh untuk melakukan pengolahan data. Metode input data untuk geometri struktur, material, ukuran penampang struktur, dan beban yang bekerja yang mudah menjadi keunggulan dari program struktur ini.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Studi perencanaan ini dipilih akibat seringnya terjadi kelongsoran pada sisi jalan dikawasan ini. Daerah yang akan dilakukan penelitian yaitu pada Proyek Perencanaan Penanganan Longsoran pada Ruas Jalan Rantau Pulung – Sangatta, Kab. Kutai Timur.

#### 3.1. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

### 4. PEMBAHASAN

Lereng yang terdapat pada jalan poros Sangatta – Rantau Pulung adalah tempat studi kasus yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Kondisi lereng di lapangan mempunyai kedalaman 10 meter. Penyelidikan tanah pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data uji CPT, uji SPT dan uji laboratorium.

Dalam permodelan lapisan tanah digunakan hasil lapisan tanah dari uji bor hole karena merupakan data pengujian dengan kedalaman tanah lebih banyak. Untuk permodelan lapisan tanah yang tidak memiliki data uji akan diasumsikan sesuai dengan data tanah terdekat dari hasil pengujian. Berdasarkan data uji bor hole didapatkan bahwa

lapisan tanah terdiri dari lempung lunak, lempung berpasir dan batu bara. Tiga lapisan utama tersebut di plot ke dalam hasil potongan melintang dari peta topografi.

#### 4.1. Data Parameter Masukan

##### 4.1.1. Data Parameter Tanah

Data parameter yang dibutuhkan dalam proses input program *Midas GTS NX 2022 R1* tidak terdapat dalam hasil pengujian laboratorium dan memerlukan penyesuaian dengan standar yang ada di dalam program *Midas GTS NX 2022 R1*. Adapun nilai parameter yang dibutuhkan dalam proses input program *Midas GTS NX 2022 R1* disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data parameter tanah

Parameter	simbol	Layer				
		Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Model material		Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb
Jenis perilaku		undrained	undrained	undrained	undrained	undrained
Kedalaman	<i>m</i>	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
Berat isi tanah tak jenuh	$\gamma_{sat}$	12	12	12	15,5	15,5
Berat isi tanah jenuh	$\gamma_{sat}$	17,5	19,4	22	22	22
Permeabilitas horizontal	$k_h$	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166
Permeabilitas vertikal	$k_v$	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166
Modulus elastisitas	<i>E</i>	2872,8	4021,92	8618,4	31122	31122
Angka poisson	$\nu$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Kohesi	<i>c<sub>u</sub></i>	31,25	59,999	166,662	0	0
Sudut geser	$\phi$	0	0	0	40	40
Sudut Dilatasi	$\psi$	0	0	0	10	10

##### 4.1.2. Data Parameter Geogrid dan dinding MSE

Tabel 4.2 Data Parameter Geogrid dan Dinding MSE

Beton			
Parameter	Simbol		Satuan
Material Model		Elastic	
Unit Weight	$\gamma$	24	kN/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas	<i>E</i>	23500	Mpa
Poisson Ratio	$\nu$	0.15	
Geogrid			
Kuat Tarik	<i>T</i>	40	kN/m
Regangan	$\epsilon$	13	%
Kekakuan normal	<i>EA</i>	138,889	kN/m

#### 4.2. Analisis Simulasi Bidang Potensial Longsor

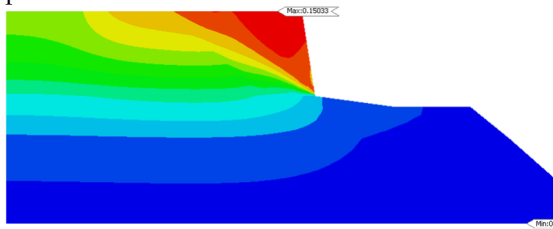
Pada subbab ini dilakukan analisis stabilitas di sepanjang lereng yang ditinjau pada bidang potensial longsor. Daerah yang ditinjau adalah sepanjang 20 meter dengan melakukan cross section per-dua meter dan dilakukan analisis stabilitas lereng secara keseluruhan dengan menggunakan aplikasi *Midas GTS NX 2022 R1* sehingga diketahui nilai angka keamanan kritis pada masing masing lereng. Hasil dari perhitungan analisis stabilitas ini didapat nilai angka keamanan seperti pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Rekapitulasi nilai angka kewanaman pada bidang potensial longsor

Nomor Cross Section	Angka Kewanaman	Angka Kewanaman Izin	Keterangan
Cross Section 1	1,2	1,2	Lereng Aman
Cross Section 2	1,07	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 3	1,07	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 4	1,06	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 5	1,06	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 6	1,05	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 7	1,05	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 8	1,06	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 9	1,07	1,2	Lereng Tidak Aman
Cross Section 10	1,2	1,2	Lereng Aman

### 4.3. Analisis Stabilitas Lereng pada kondisi Eksisting

Analisis dilakukan menggunakan program Midas GTS NX 2022 R1. Pada tahap ini analisis meliputi permodelan kondisi lereng saat masa konstruksi dinding penahan tanah sebelum terjadi longsoran. Setelah dilakukan proses perhitungan, didapat nilai total displacement lereng yang dapat dilihat pada Gambar 4.1, sedangkan untuk nilai angka kewanaman pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel. 4.4.


**Gambar 4.1** Total displacement akibat berat sendiri + beban lalu lintas + muka air tanah

**Tabel 4.4** Nilai angka kewanaman pada kondisi eksisting

Kondisi	Angka Kewanaman	Angka Kewanaman Izin
Akibat berat sendiri	1,15	1,20
Akibat berat sendiri+muka air tanah	1,07	1,20
Akibat beban lalu lintas + berat sendiri	1,06	1,20
Akibat beban lalu lintas +berat sendiri + muka air tanah	1,00	1,20

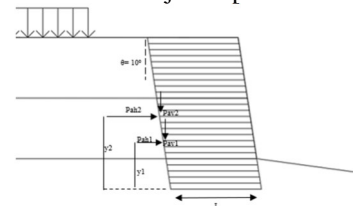
Dari hasil analisis tersebut, nilai angka kewanaman yang dihasilkan tidak memenuhi nilai yang disyaratkan yaitu  $SF < 1,2$ . Sehingga perlu diberi perkuatan untuk meningkatkan nilai angka kewanaman agar menjadi aman.

### 4.4. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perhitungan Manual

Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dilakukan dengan analisis perhitungan manual dan program *Midas GTS NX 2022 R1*. Analisis dengan perhitungan manual meliputi analisis stabilitas internal, eksternal dan terhadap longsoran lereng keseluruhan. Analisis dengan menggunakan program *Midas GTS NX 2022 R1* hanya dilakukan untuk stabilitas terhadap longsoran lereng keseluruhan.

### 4.4.1. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geogrid

Pada analisis perhitungan manual dari desain perkuatan lereng dengan geogrid, beban yang diterapkan berupa beban lalu lintas ditambahkan dengan beban mati dari perkerasan. Besarnya nilai beban mati dari perkerasan yaitu sebesar 9,33 kN/m<sup>2</sup> yang didapatkan dari tebal lapisan AC-WC dan lapisan Base Course dikalikan dengan berat jenis masing-masing lapisan perkerasan. Sehingga ditambahkan beban mati tersebut pada beban lalu lintas dan didapatkan beban untuk perhitungan manual sebesar 21,3 kN/m<sup>2</sup>. Sketsa lereng dan tekanan tanah aktif yang bekerja ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan rekapitulasi angka kewanaman pada perhitungan manual ditunjukkan pada Tabel 4.5.


**Gambar 4.2** Sketsa lereng dan tekanan tanah aktif

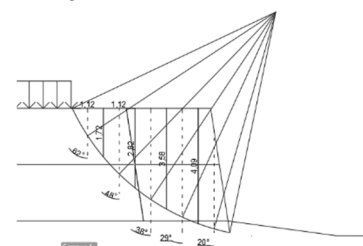
**Tabel 4.5** Rekapitulasi Angka Kewanaman

Perkuatan	Stabilitas terhadap	Angka Kewanaman	Angka Kewanaman Izin
Geogrid	Geser	3,827	1,5
	Guling	5,997	2
	Daya dukung tanah	10,722	3

#### 4.4.1.1. Stabilitas terhadap Longsoran Lereng

##### A. Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop yang Disederhanakan

Untuk mengetahui bidang longsor yang terjadi pada lereng, dilakukan dengan analisis dalam program *Midas GTS NX 2022 R1*. Bidang longsor yang telah diperoleh kemudian dibagi menjadi beberapa irisan. Dalam perhitungan manual tanpa perkuatan menggunakan metode irisan yaitu metode Bishop yang disederhanakan. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat beberapa irisan yang dilakukan. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.5.


**Gambar 4.3** Irisan bidang longsor

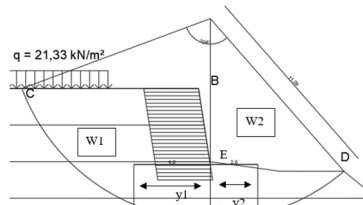
**Tabel 4.5** Hasil Perhitungan Stabilitas Lereng



Irisan	b	A	θ <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> = γ x A	Sin θ <sub>i</sub>	W sin θ <sub>i</sub>	h <sub>w</sub>	μ = h <sub>w</sub> /r <sub>w</sub>	h <sub>w</sub>	W <sub>i</sub> · h <sub>w</sub>	(W <sub>i</sub> · h <sub>w</sub> )/g	c	c · b	I <sub>2</sub> + I <sub>4</sub>	M <sub>i</sub>	(g · h <sup>3</sup> · W <sub>i</sub> · g · φ <sup>3</sup> · γ <sup>3</sup> · M <sub>i</sub> )	F <sub>1</sub>	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	
1	1,20	1,03	62,00	20,98	0,88	18,52	0,00	0,00	0,00	20,98	34,02	14,16	8,83	10,59	24,75	1,07	23,23	
2	1,20	2,73	48,00	55,50	0,74	41,25	0,00	0,00	0,00	55,50	34,02	37,46	8,83	10,59	48,06	1,17	41,05	
3	1,20	3,85	38,00	78,19	0,62	48,14	0,00	0,00	0,00	78,19	34,02	52,78	8,83	10,59	63,37	1,20	52,65	
4	1,20	4,60	29,00	93,56	0,48	45,36	0,00	0,00	0,00	93,56	34,02	63,15	8,83	10,59	73,74	1,20	60,00	
5	1,20	2,45	20,00	49,89	0,34	17,06	0,00	0,00	0,00	49,89	34,02	33,68	8,83	10,59	44,27	1,17	24,12	
						170,33											201,05	

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.15 dan dilakukan beberapa kali percobaan hingga F<sub>1</sub> dan F<sub>2</sub> dianggap sama, saling mendekati atau tidak memiliki selisih yang jauh, maka diperoleh F<sub>1</sub> = 1,0 dan F<sub>2</sub> = 1,1. Jadi faktor aman yang digunakan adalah F = 1,1.

B. Analisis Stabilitas Lereng Lempung (φ = 0)  
Analisis dengan perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan metode analisis stabilitas lereng lempung (φ = 0). Bidang longsor yang akan dihitung kemudian dibagi menjadi dua sisi W1 dan W2. Sketsa lereng dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Bidang longsor

$$W1 = \text{luas ABCA} \times \gamma \times 1 = 1161,9575 \text{ kN}$$

$$W2 = \text{luas ADEBA} \times \gamma \times 1 = 620,455 \text{ kN}$$

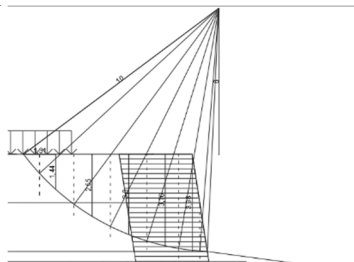
$$Y1 = 4,8 \text{ m}$$

$$Y2 = 2,6 \text{ m}$$

Maka diperoleh angka keamanan untuk stabilitas lereng yaitu,

$$F = \frac{c_u R^2 \alpha}{W_1 Y_1 - W_2 Y_2} = \frac{30,41 \times 11,09^2 \times 1,815}{1161,9575 \times 4,8 - 620,455 \times 2,6} = 1,684$$

C. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan  
Nilai angka keamanan lereng dengan perkuatan geogrid didapatkan dengan menambahkan nilai angka keamanan tanpa perkuatan dengan tahanan momen perkuatan. Sketsa irisan lereng dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Irisan bidang longsor pada lereng yang diperkuat

$$SF_u = 1,1$$

$$\text{Jari-jari lingkaran longsor (R)} = 10 \text{ m}$$

Kuat tari geogrid 40 Kn (T<sub>a</sub>) = 4,167 kN/m  
Jarak perkuatan ke pusat lingkaran (y) = 6 m  
Perhitungan nilai angka keamanan lereng dengan perkuatan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan tahanan momen pada perkuatan geogrid

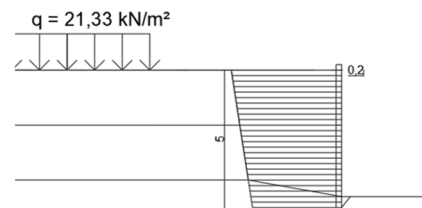
No	T <sub>i</sub> (kN)	Y <sub>i</sub> (m)	t <sub>i</sub> · y <sub>i</sub> (kN.m)
1	4,167	6	25,00
2	4,167	6,2	25,84
3	4,167	6,4	26,67
4	4,167	6,6	27,50
5	4,167	6,8	28,34
6	4,167	7	29,17
7	4,167	7,2	30,00
8	4,167	7,4	30,84
9	4,167	7,6	31,67
10	4,167	7,8	32,50
11	4,167	8	33,34
12	4,167	8,2	34,17
13	4,167	8,4	35,00
14	4,167	8,6	35,84
15	4,167	8,8	36,67
16	4,167	9	37,50
17	4,167	9,2	38,34
18	4,167	9,4	39,17
19	4,167	9,2	38,34
			615,88

$$SF = SF_u + \frac{\sum_{i=1}^{i=n} T_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (W_i \cdot \sin \theta_i) R} = 1,1 + \frac{615,88}{170,33 \times 10} = 1,46$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan secara manual pada stabilitas lereng dengan perkuatan didapatkan nilai angka keamanan sebesar 1,46.

#### 4.4.2. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Dinding MSE

Pada analisis perhitungan manual dari desain perkuatan lereng dengan dinding MSE, beban yang diterapkan berupa beban lalu lintas ditambahkan dengan beban mati dari perkerasan. Besarnya nilai beban lalu lintas untuk perhitungan manual sebesar 21,3 kN/m<sup>2</sup>. Sketsa lereng ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perencanaan Dinding MSE

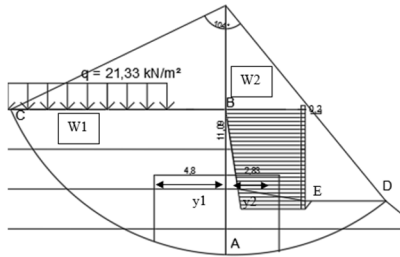
Tabel 4.7 Rekapitulasi Angka Keamanan

Perkuatan	Stabilitas terhadap	Angka Keamanan	Angka Keamanan Izin
Dinding MSE	Geser	5,38	1,5
	Guling	8,07	2
	Daya dukung tanah	21,46	3

Dari Tabel 4.7 nilai angka keamanan terhadap bahaya penggeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah, didapatkan nilai angka keamanan melebihi nilai angka keamanan izin yang telah ditentukan.

#### 4.4.2.1. Stabilitas terhadap Longsor Lereng

Stabilitas terhadap longsor lereng pada dinding MSE di analisis dalam dua metode yaitu dengan perhitungan manual dan dengan program *Midas GTS NX 2022 R1*. Analisis dengan perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan metode analisis stabilitas lereng lempung ( $\phi = 0$ ). Sketsa lereng dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perencanaan Dinding MSE

$$W1 = \text{luas ABCA} \times \gamma \times 1 = 735,81 \text{ kN}$$

$$W2 = \text{luas ADEBA} \times \gamma \times 1 = 239,38 \text{ kN}$$

$$Y1 = 3,6 \text{ m}$$

$$Y2 = 1,1 \text{ m}$$

Maka dengan menggunakan Persamaan 2.21 diperoleh angka keamanan untuk stabilitas lereng yaitu,

$$F = \frac{c_u R^2 \alpha}{W_1 Y_1 - W_2 Y_2}$$

$$= \frac{30,41 \times 9,38^2 \times 1,466}{735,81 \times 3,6 - 239,38 \times 1,1}$$

$$= 1,64$$

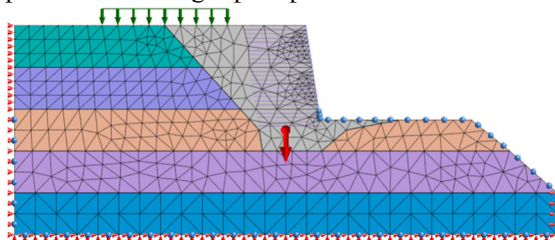
#### 4.5. Analisis Stabilitas Lereng dengan Program *Midas GTS NX 2022 R1*

##### 4.5.1. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geogrid

Analisis perhitungan pada program *Midas GTS NX 2022 R1* dilakukan dalam keadaan 4 kondisi yaitu:

1. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri
2. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan muka air tanah
3. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan beban lalu lintas
4. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri, beban lalu lintas dan muka air tanah

Analisis perhitungan dilakukan dengan meletakkan pembebanan dan membuat kondisi batas pada permodelan lereng seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Proses *meshing*, pembebanan dan

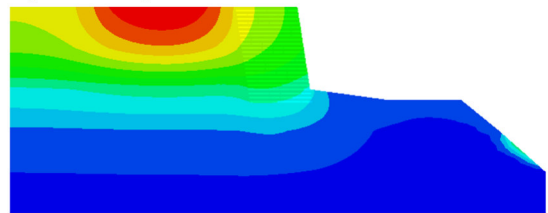
perletakan kondisi batas pada geometri lereng

Berdasarkan hasil analisis stabilitas dengan menggunakan program *Midas GTS NX 2022 R1*, maka nilai angka keamanan lereng dengan perkuatan dan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 4.8.

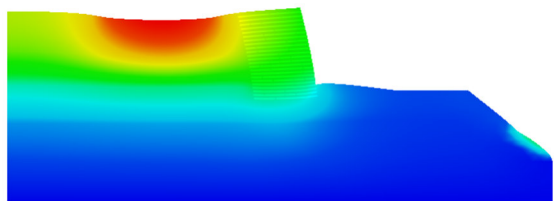
Tabel 4.8 Rekapitulasi Angka Keamanan

No	Kondisi	Angka Keamanan	Angka Keamanan Izin	Keterangan
1	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri	1,65	1,2	Aman
2	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan muka air tanah	1,60	1,2	Aman
3	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan beban lalu lintas	1,55	1,2	Aman
4	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri, beban lalu lintas dan muka air tanah	1,42	1,2	Aman

Untuk permodelan akhir pada perkuatan lereng dengan perkuatan geogrid dalam keadaan undeformed dan deformed dari analisis dengan menggunakan program *Midas GTS NX 2022 R1* dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.7 Permodelan lereng dengan perkuatan geogrid pada keadaan *undeformed*



Gambar 4.8 Permodelan lereng dengan perkuatan geogrid pada keadaan *deformed*

##### 4.5.2. Analisis Stabilitas Lereng dengan Dinding MSE

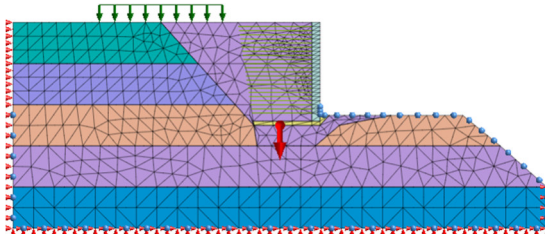
Dalam menganalisis stabilitas lereng dengan menggunakan program *Midas GTS NX 2022 R1* pada kondisi permodelan lereng yang diperkuat dengan dinding MSE, digunakan spesifikasi geogrid dengan kuat Tarik ( $T_a$ ) sebesar 40 kN dan dinding penutup muka berupa blok beton modular cetak kering dengan dimensi 0,4 m x 0,2m x 0,32 m per unit dengan ketinggian dinding sebesar 5 meter.

Analisis perhitungan dilakukan dengan meletakkan pembebanan dan membuat kondisi batas pada permodelan lereng seperti Gambar 4.9 dalam keadaan 4 kondisi yaitu:

1. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat

sendiri

2. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan muka air tanah
3. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan beban lalu lintas
4. Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri, beban lalu lintas dan muka air tanah



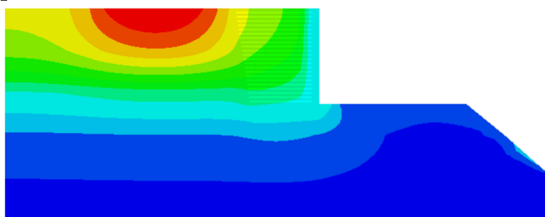
**Gambar 4.9** Proses *meshing*, pembebanan dan perletakan kondisi batas pada geometri lereng

Berdasarkan hasil analisis stabilitas dengan menggunakan program *Midas GTS NX 2022 R1*, maka nilai angka keamanan lereng dengan perkuatan dan perkerasan lentur dapat dilihat ada Tabel 4.9.

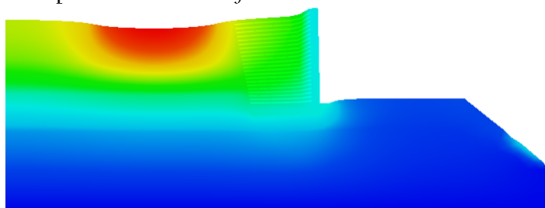
**Tabel 4.9** Rekapitulasi Angka Keamanan

No	Kondisi	Angka Keamanan	Angka Keamanan Izin	Keterangan
1	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri	1,65	1,2	Aman
2	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan muka air tanah	1,60	1,2	Aman
3	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri dan beban lalu lintas	1,57	1,2	Aman
4	Kondisi lereng yang diperkuat dengan berat sendiri, beban lalu lintas dan muka air tanah	1,40	1,2	Aman

Untuk permodelan akhir pada perkuatan lereng dengan dinding MSE dalam keadaan undeformed dan deformed dari analisis dengan menggunakan program *Midas GTS NX 2022 R1* dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan 4.11.



**Gambar 4.10** Permodelan lereng dengan perkuatan MSE pada keadaan *undeformed*



**Gambar 4.11** Permodelan lereng dengan perkuatan MSE pada keadaan *deformed*

#### 4.6. Nilai Angka Keamanan pada Tiap Kondisi

Nilai angka keamanan pada setiap kondisi lereng menunjukkan bahwa disetiap permodelan kondisi lereng memiliki angka keamanan yang melebihi nilai angka keamanan izin yang disyaratkan. Nilai angka keamanan pada perhitungan manual memiliki perbedaan dengan nilai angka keamanan yang dihasilkan oleh program *Midas GTS NX 2022 R1*. Hal ini dikarenakan dalam perhitungan manual harus dilakukan beberapa pengambilan bidang longsor di beberapa bagian

Rekapitulasi nilai angka keamanan pada setiap kondisi permodelan lereng dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi nilai angka keamanan pada tiap kondisi

No	Permodelan	SF Perhitungan Manual	SF izin	SF Analisis Midas GTS NX 2022 R1		SF izin	Keterangan		
1	Bidang Potensial Longsor			Cross Section 1	1,20	1,20	Aman		
				Cross Section 2	1,07		Tidak Aman		
				Cross Section 3	1,07		Tidak Aman		
				Cross Section 4	1,06		Tidak Aman		
				Cross Section 5	1,06		Tidak Aman		
				Cross Section 6	1,05		Tidak Aman		
				Cross Section 7	1,05		Tidak Aman		
				Cross Section 8	1,06		Tidak Aman		
				Cross Section 9	1,07		Tidak Aman		
				Cross Section 10	1,20		Aman		
2	Kondisi Awal			Kondisi SW	1,13	1,20	Tidak Aman		
				Kondisi SW+WL	1,10		Tidak Aman		
				Kondisi BBL	1,06		Tidak Aman		
				Kondisi BBL+SW+WL	1,00		Tidak Aman		
3	Gelintir			Gelintir 1	1,50	1,20	Aman		
				Gelintir 2	1,45		Aman		
				Gelintir Tanah Dasar	1,40		Aman		
4	Perkuatan Geogrid			Geser	3,83 1,50		Kondisi SW	1,65 1,20	Aman
				Gliding	6,00 2,00		Kondisi SW+WL	1,60 1,20	Aman
				Daya Dukung	10,72 3,00		Kondisi BBL+SW	1,55 1,20	Aman
				Cabut Tulangan	70,78 1,50		Kondisi BBL+SW+WL	1,42 1,20	Aman
				Puntir Tulangan	9,18 1,50				Aman
				Metode Simplified Bishop	1,45 1,20				Aman
				Metode Lereng Lempan	1,68 1,20				Aman
5	Perkuatan Dinding MSE			Geser	5,38 1,50		Kondisi SW	1,65 1,20	Aman
				Gliding	8,07 2,00		Kondisi SW+WL	1,60 1,20	Aman
				Daya Dukung	21,46 1,50		Kondisi BBL+SW	1,57 1,20	Aman
				Cabut Tulangan	94,37 1,50		Kondisi BBL+SW+WL	1,40 1,20	Aman
				Puntir Tulangan	9,10 1,50				Aman
				Metode Lereng Lempan	1,64 1,20				Aman

#### 4.7. Perbandingan Perkuatan Lereng

Pada subbab ini, jenis perkuatan lereng yang telah dilakukan analisis stabilitasnya akan dibandingkan dengan perkuatan lereng yang ada dilapangan. Hal ini akan dilakukan dengan cara membandingkan nilai angka keamanan yang telah diperoleh dengan menggunakan perhitungan manual.

Perbandingan jenis perkuatan lereng ini dilakukan agar dapat mengetahui jenis perkuatan lereng mana yang lebih efektif dan efisien baik secara tingkat keamanan lereng maupun secara estetika. Rekapitulasi nilai angka keamanan masing-masing perkuatan dapat dilihat pada Tabel 4.11.



**Tabel 4.11** Rekapitulasi nilai angka keamanan pada perkuatan lereng

No	Permodelan	SF Perhitungan Manual	SF izn	Keterangan	
1	Perkuatan Geogrid	Geser	3,83	1,50	Aman
		Guling	6,00	2,00	Aman
		Daya Dukung	10,72	3,00	Aman
		Cabut Tulangan	70,78	1,50	Aman
		Putus Tulangan	9,18	1,50	Aman
		Metode Simplified Bishop	1,46	1,20	Aman
		Metode Lereng Lempung	1,68	1,20	Aman
2	Perkuatan Dinding MSE	Geser	5,38	1,50	Aman
		Guling	8,07	2,00	Aman
		Daya Dukung	21,46	1,50	Aman
		Cabut Tulangan	94,37	1,50	Aman
		Putus Tulangan	9,10	1,50	Aman
		Metode Lereng Lempung	2,15	1,20	Aman
3	Perkuatan Dinding Counterfort	Geser	2,98	1,50	Aman
		Guling	3,58	2,00	Aman
		Daya Dukung	25,33	3,00	Aman

Berdasarkan Tabel 4.11, nilai angka keamanan di setiap perkuatan melebihi nilai angka keamanan izin yang disyaratkan. Dari nilai angka keamanan yang telah ada, maka dapat dilihat bahwa perkuatan lereng dengan perkuatan geogrid dan dinding MSE memiliki nilai angka keamanan paling besar. Selain itu, jika ditinjau secara estetika bentuk konstruksi perkuatan lereng dengan dinding MSE memiliki nilai estetika yang lebih baik karena menggunakan penutup muka berupa blok beton modular cetak yang mana memiliki corak dan bentuk yang lebih beragam.

## 5. ESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pembahasan pada penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai angka keamanan pada kondisi awal untuk stabilitas lereng tanpa perkuatan didapatkan angka keamanan sebesar 1,10. Nilai angka keamanan tersebut tidak memenuhi nilai angka keamanan izin yaitu sebesar 1,2. Sehingga lereng pada kondisi awal ini tidak aman terhadap bahaya longsor lereng.
2. Nilai angka keamanan pada kondisi awal untuk stabilitas lereng tanpa perkuatan didapatkan angka keamanan sebesar 1,0. Nilai angka keamanan tersebut tidak memenuhi nilai angka keamanan izin yaitu sebesar 1,2. Sehingga lereng pada kondisi awal ini tidak aman terhadap bahaya longsor lereng.
3. Pada desain lereng dengan perkuatan geogrid dari analisis didapat spesifikasi geogrid dengan  $T_a = 40$  kN/m<sup>2</sup> dengan panjang geogrid 3 m dan tinggi konstruksi 5 m. Nilai angka keamanan yang didapat untuk analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geogrid pada perhitungan manual diperoleh 1,46. Sedangkan analisis yang dilakukan dengan menggunakan program Midas GTS

NX 2022 R1 didapatkan nilai angka keamanan sebesar 1,42. Seluruh nilai angka keamanan yang didapatkan memenuhi syarat dari nilai angka keamanan izin. Sehingga perkuatan lereng dengan menggunakan geogrid dalam kondisi aman terhadap longsor.

4. Pada desain lereng dengan perkuatan dinding MSE digunakan perkuatan geogrid dengan  $T_a = 40$  kN/m<sup>2</sup> dengan panjang perkuatan sebesar 4 m dan tinggi dinding 5 m. Pada perkuatan ini digunakan penutup muka berupa blok beton modular cetak kering dengan dimensi 0,4 m x 0,2 m x 0,32 m yang disusun di sepanjang tinggi dinding perkuatan. Nilai angka keamanan pada lereng pada dinding MSE dengan perhitungan manual diperoleh sebesar 1,64. Dengan program Midas GTS NX 2022 R1 diperoleh sebesar 1,40. Seluruh nilai memenuhi nilai angka keamanan yang disyaratkan. Sehingga dinding penahan MSE dalam kondisi aman dan mampu menahan longsor. Untuk jenis tanah timbunan yang digunakan sama dengan perkuatan geogrid.

### 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengembangkan tema dari penelitian ini. Adapun beberapa saran yang dapat diajukan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu adanya pertimbangan untuk menggunakan metode lain yang dapat dianalisis oleh peneliti selanjutnya.
2. Disarankan bagi peneliti selanjutnya agar dapat menggunakan software geoteknik lainnya.

### Daftar Pustaka

1. Aziza, C., dan Suhendra, A., 2022, *Analisis Deformasi Lateral MSE WALL dengan Perkuatan Geogrid Terhadap Variasi Jenis Material Timbunan*, Jurnal Mitra Teknik Sipil Universitas Tarumanegara, Jakarta.
2. Badan Standardisasi Nasional, 2017, *SNI 8460-2017 Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*, Jakarta.
3. Bowles, Joseph E., 1991, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi ke 2, Diterjemahkan oleh Johan Kelanaputra H., Penerbit Erlangga, Jakarta.
4. Chasanah, Uswatun., 2012, *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
5. Meutia, Cut., 2018, *Analisis Dinding echanically Stabilized Earth (MSE) (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Manado Bitung STA 6+475)*, Jurnal Skripsi Universitas Sam Ratulangi, Manado.

6. Dharmawansyah, Dedy., 2011, *Alternatif Perkuatan Lereng Pada Ruas Jalan Trenggalek-Ponorogo KM 23+650*, Jurnal Skripsi Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
7. Departemen Pekerjaan Umum., 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG 1987)*, Yayasan Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.
8. Departemen Pekerjaan Umum., 2005, *Pedoman Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng Pada Tanah Residual dan Batuan*, Yayasan Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.
9. Direktorat Bina Teknik Ditjen Bina Marga., 2009, *Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik. No. 003/BM/2009*, Departemen Pekerjaan Umum (PU), Jakarta.
10. Hardiyatmo, Hary Christady., 2011, *Analisis dan Perancangan Pondasi I Edisi Kedua*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
11. Hardiyatmo, Hary Christady., 2012, *Mekanika Tanah I Edisi Keenam*, Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
12. Hardiyatmo, Hary Christady., 2014, *Mekanika Tanah II Edisi Kelima*, Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
13. Hardiyatmo, Hary Christady., 2017, *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
14. Hendra, Irawan, 2012, *Korelasi Permeabilitas Berdasarkan Ukuran Butiran dan Plastisitas Tanah*, Jurnal skripsi Fakultas Teknik, Universitas Riau.
15. James, B.H., dan Chaidir, A.M., 2020, *Analisis Dinding Penahan Tanah di Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Midas GTS NX*, Jurnal Mitra Teknik Sipil Universitas Tarumanegara, Jakarta.
16. Komang, I Giya Pramadika., 2016, *Perhitungan Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geogrid Menggunakan Program Plaxis 2D*, Jurnal Skripsi Universitas Udayana, Denpasar.
17. Mina, E., dan Indera, R.K., 2017, *Studi Korelasi Empiris Antara Nilai Tahanan Standard Penetration Test (N SPT) Dengan Kekuatan Geser Undrained (Su) Tanah Kohesif Kota Cilegon*, Jurnal Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jawa Barat.
18. Mujahid., 2017, *Analisis Perilaku Timbunan Bendungan Dengan Perkuatan Geogrid Menggunakan Software Plaxis V8.6*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
19. Prayugo, Dodik., 2015, *Karakteristik Tanah Di Kelurahan Sidodadi Dan Bukit Pinang Samarinda Kalimantan Timur Sebagai Bahan Timbunan Jalan*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
20. PT. Prima Geotex Indo, 2021. *Prima Geosynthetics*, Tangerang.
21. PT. Conbloc Internusa, (Tanpa Tahun), *Conbloc Product Segmental Wall System*, Jakarta.
22. T. L., Gouw, n.d., *Faktor Elongasi dalam Penentuan Kuat Tarik dan Kekakuan Geosintetik*, Tidak diterbitkan.
23. Teguh, Mega B.R., 2012, *Analisis Struktur Jalan Raya Dengan Menggunakan Software Plaxis 3D Foundation Ditinjau Pada Perkerasan Lentur Dan Kaku*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
24. Terzaghi, Karl, dan Peck, R.B., 1987, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 1, Edisi kedua*, Penerbit Erlangga, Jakarta.