



## ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN MSE WALL PADA KAWASAN PIKET NOL LUMAJANG

Nico Amarza Deva<sup>a</sup>, Indra Nurtjahjaningtyas<sup>b,\*</sup>, Luthfi Amri Wicaksono<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember

<sup>b,c</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember

\*Corresponding author, email address: [indran.teknik@unej.ac.id](mailto:indran.teknik@unej.ac.id) \*; [nicoad26@gmail.com](mailto:nicoad26@gmail.com); [luthfiamri.teknik@unej.ac.id](mailto:luthfiamri.teknik@unej.ac.id)

| ARTICLE INFO                                                                                                                                                                                             | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Article History:</i><br/>Received 12 February 2025<br/>Accepted 07 March 2025<br/>Online 30 September 2025</p> <p><i>Keywords:</i><br/>Landslide<br/>Slope Stability<br/>MSE wall<br/>Lumajang</p> | <p>A landslide occurred on the Piket Nol National Road in Lumajang at KM Turen 59. This disaster blocked access to the Piket Nol national road that connects Malang and Lumajang with landslide material, disrupting the activities of passing vehicles. To prevent further landslides, soil investigation and slope reinforcement planning using MSE wall were conducted. This study aims to analyze slope stability by obtaining a safety factor (SF). Slope stability analysis was conducted using Bishop's method with the help of Geostudio Slope/W program. The results of the MSE wall design calculation obtained a wall height of 10 m, with a vertical distance between geogrids (sv) of 0.8 m at 4 meters and 1 m at 6 meters. The internal stability safety factor is obtained with the smallest pullout resistance stability of 14.435 and the smallest rupture resistance stability of 1.78. For external stability, the safety factor obtained overturning is 7.44, sliding is 3.39, bearing capacity is 3.35, and global stability of the slope is 1.532. The analysis shows that MSE wall is able to improve slope stability.</p> <p>©2025 Magister Teknik Sipil USK. All rights reserved</p> |

### 1. PENDAHULUAN

Longsor merupakan pergerakan/ turunnya tanah yang keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau penyusun kestabilan lereng. Longsor dapat terjadi akibat ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng atau gaya dorong lereng lebih besar dari gaya penahan lereng tersebut (Imbar et al., 2019). Faktor yang menyebabkan rawan terjadinya longsor yaitu faktor internal (penyusun lereng) seperti kemiringan lereng, semakin besar sudut lereng maka semakin besar gaya dorong akibat meningkatnya tegangan geser yang berbanding terbalik dengan tegangan normal (gaya penahan) (Noronha et al., 2019; Soehardi et al., 2021). Selain itu, terdapat faktor eksternal (dari luar lereng) yang menyebabkan lereng rawan longsor seperti gempa dan iklim, gempa memberikan beban yang menyebabkan perubahan pada tekanan pori dan tegangan efektif dalam massa tanah hingga timbul retak-retak vertikal yang dapat mereduksi kuat geser tanah (Fakhrudin Shobari et al., 2019; Yogaswara & Herwina, 2023). Peristiwa tanah longsor sering terjadi pada musim penghujan. Tanah pada umumnya berada dalam kondisi jenuh air pada musim hujan dan mengakibatkan ketidakstabilan lereng sehingga beresiko terjadinya longsor (Atikah et al., 2017; Dai et al., 2002). Curah hujan yang cukup tinggi menyebabkan kadar air meningkat dan menyebabkan tekanan air pada tanah bertambah seiring dengan genangan air yang berada dipermukaan ataupun dalam massa tanah (Aripin et al., 2022). Dengan meningkatnya kadar air maka terjadi perubahan pada parameter tanahnya yaitu tegangan geser tanah menurun sehingga menyebabkan stabilitas lereng menjadi berkurang

(Utami et al., 2018). Kerusakan yang ditimbulkan tanah longsor dapat berdampak pada aktivitas berkendara, akibat yang bisa terjadi yaitu kerusakan pada konstruksi badan jalan maupun tertutupnya akses jalan sehingga menimbulkan kerugian.

Terjadi tanah longsor pada lereng di Jalan Nasional Picket nol yang terletak di kabupaten Lumajang. Sepanjang tahun 2022 hingga 2024, telah terjadi peristiwa tanah longsor pada KM Turen 55 hingga KM Turen 59 yang menghubungkan Lumajang dan Malang. Faktor keamanan menjadi bagian penting dalam merencanakan perkuatan lereng, karena dengan adanya faktor keamanan dapat mengetahui tingkatan stabilitas lereng (Syahputra dkk., 2022). Penelitian dilakukan pada longsor yang terjadi pada bulan April 2024 pada KM Turen 59+200. Kondisi eksisting pada lokasi penelitian telah dilakukan perkuatan lereng yaitu dinding penahan tanah *gravity* tetapi masih terjadi kelongsoran.



**Gambar 1.** Kondisi Eksisting KM Turen 59+200

Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan kembali terkait perkuatan pada lereng sebagai upaya untuk mencegah bencana tanah longsor. Dibutuhkan alternatif perkuatan lereng yang dapat dijadikan sebagai solusi untuk menanggulangi longsor susulan yang dapat terjadi dikemudian hari. Penelitian ini akan menggunakan perkuatan lereng yaitu menggunakan *MSE wall* untuk meningkatkan stabilitas lereng. *MSE wall* dipilih karena ekonomis dan mudah dalam pelaksanaannya. Perencanaan perkuatan lereng mengacu pada persyaratan (SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, 2017). Perencanaan ini dibantu menggunakan program *Geoslope Slope/W*.

### 1.1 Konsep Faktor Keamanan

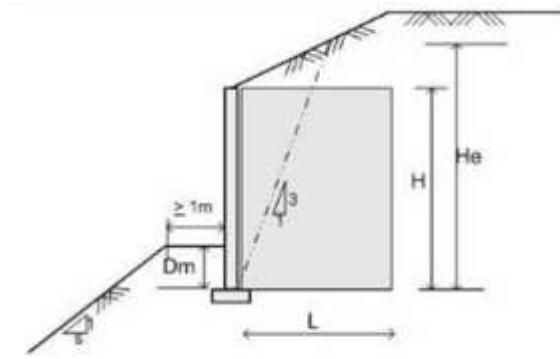
Faktor keamanan lereng adalah perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya penggerak lereng. Jika gaya yang mendorong lebih kecil daripada gaya yang menahan atau gaya tahannya lebih besar, maka lereng dapat dikatakan stabil (Nurhidayah et al., 2022). Nilai faktor keamanan menurut SNI 8460:2017 yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan potensi tanah longsor dapat dilihat pada **Tabel 1**

**Tabel 1.** Faktor keamanan

| Nilai Faktor Keamanan | Kondisi Lereng    |
|-----------------------|-------------------|
| $SF > 1.5$            | Kondisi permanen  |
| $SF > 1.3$            | Kondisi sementara |

### 1.2 Persyaratan Desain MSE Wall

Panjang perkuatan dinding MSE secara umum disyaratkan yaitu  $L \geq 0.7 H_e$  dengan panjang minimum  $L$  adalah 2.5 m. Nilai  $H_e$  adalah tinggi efektif dinding MSE dihitung dari permukaan *leveling pad*. Spasi vertikal pada pita metalik berkisar  $S_v = 0.2 \text{ m} - 1.25 \text{ m}$  dan pada spasi horizontal berkisar pada  $S_h = 0.8 \text{ m} - 1.5 \text{ m}$ . Nilai spasi vertikal dapat berubah seiring dengan kedalaman.



**Gambar 2.** Dinding MSE menahan timbunan

**Tabel 2.** Faktor keamanan minimum terhadap potensi kegagalan eksternal dan internal

| No | Potensi kegagalan                  | Faktor Keamanan minimum | Persyaratan lain | Langkah perbaikan jika FK tidak terpenuhi |
|----|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------------------------|
| 1  | Gaya lateral pada dasar            | 1.5                     | -                | Perpanjang L                              |
| 2  | Momen guling                       | 2 (guling)              | $e \leq L/6$     | Perpanjang L                              |
| 3  | Daya dukung                        | 2.5                     | -                | Perbaiki tanah pondasi atau perdalam Dm   |
| 4  | Stabilitas global                  | 1.3                     | -                | Perpanjang L atau perbaiki tanah pondasi  |
| 5  | Tarik perkuatan ( <i>pullout</i> ) | 1.5                     | -                | Perpanjang L                              |
| 6  | Putus perkuatan ( <i>rupture</i> ) | 1.5                     | -                | Atur spasi vertikal perkuatan (sv)        |

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pengumpulan dan Analisa Data Lapangan

Penelitian dilakukan dengan 3 section yaitu section A (KM Turen 59+185), section B (KM Turen 59+200), dan section C (KM Turen 59+215). Dilakukan pengumpulan data sekunder yaitu didapatkan dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJJN) berupa data *borelog* tanah dan hasil pengujian laboratorium dan pengumpulan data primer berupa dokumentasi lokasi penelitian, dan pengukuran geometri lereng. Pengujian lapangan tanah yang dilakukan menggunakan SPT dengan 3 titik pengeboran (*borehole*), yaitu BH-1, BH-2, dan BH-3.

### 2.2 Analisis Parameter Tanah

Data tanah yang diperoleh dari lapangan merupakan data *borelog*. Setelah didapatkan data N-SPT digunakan untuk mengetahui stratigrafi dan jenis tanah yang ada di lokasi. Untuk mendapatkan parameter tanah dilakukan perhitungan dari hasil data laboratorium yaitu Berat isi tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) dan Berat isi tanah tak jenuh ( $\gamma_{unsat}$ ) sebagai data yang diperlukan untuk membantu dalam tahap pemodelan

$$e = \frac{W_c \times G_s}{S_r} \quad (1)$$

dimana:

$G_s$  = berat jenis tanah

e = angka pori

$W_c$  = kadar air  
 $S_r$  = derajat kejenuhan

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2)$$

dimana:

$\gamma_s$  = berat volume butiran padat  
 $\gamma_w$  = berat isi air

$$\gamma_{sat} = \frac{(e+G_s)}{1+e} \gamma_w \quad (3)$$

dimana:

$e$  = angka pori  
 $\gamma_w$  = berat isi air

$$\gamma_{unsat} = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (4)$$

dimana:

$\gamma_w$  = berat isi air  
 $\gamma_{sat}$  = berat isi tanah jenuh

## 2.3 Penentuan Beban

Pemodelan lereng diperlukan analisa terkait beban-beban yang bekerja pada lereng sehingga hal ini dapat meningkatkan kinerja dari desain perencanaan dan meminimalisir resiko longsor kembali.

**Tabel 3.** Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas dan beban di luar

| Kelas Jalan | Beban lalu lintas (kPa) | Beban diluar jalan (kPa) |
|-------------|-------------------------|--------------------------|
| I           | 15                      | 10                       |
| II          | 12                      | 10                       |
| III         | 12                      | 10                       |

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

Selain itu diperlukan penentuan terkait beban gempa yang berada di lokasi lereng tinjauan. Dalam melakukan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan tinjauan gempa diperlukan koefisien *pseudostatic* atau koefisien gempa horizontal ( $K_h$ ) untuk mengontrol gaya *pseudostatic* yang bekerja dalam tanah. Menurut Fakhruddin Shobari dkk., (2019), percepatan hasil  $K_h$  sama dengan 50% dari PGA, sehingga didapatkan persamaan untuk menghitung koefisien gempa horizontal sebagai berikut

$$K_h = 50\% \times PGA \quad (5)$$

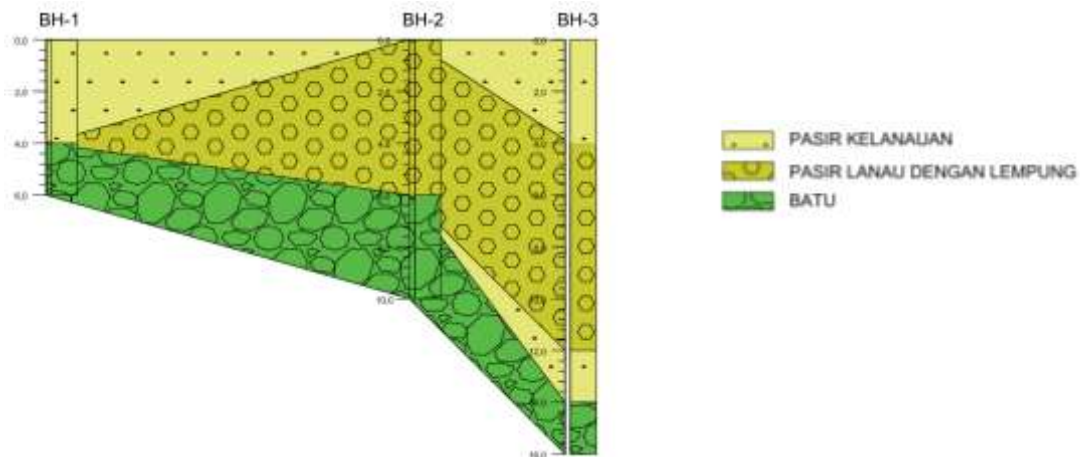
Dimana:

$K_h$  = koefisien gempa horizontal  
 PGA = percepatan batuan

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Parameter Tanah

Pengeboran lapisan tanah dilakukan pada kedalaman 6 m hingga 16 m. Pembacaan N-SPT dilakukan setiap interval 2 m. Sebelum melakukan perhitungan stabilitas lereng eksisting dibutuhkan penentuan parameter tanah yang akan digunakan dalam proses pelaksanaan perencanaan MSE wall yang akan di *input* kedalam program bantu *Geoslope* dan perhitungan. Stratigrafi dilakukan dengan cara menghubungkan lapisan tanah sesuai dengan jenis tanah yang sama dari ketiga *borelog* yaitu BH-1, BH-2, dan BH-3 dengan menggunakan program bantu *Autocad* seperti pada **Gambar 3**



**Gambar 3.** Stratigrafi tanah

**Tabel 4** disajikan rekapitulasi parameter tanah yang akan digunakan untuk pemodelan, analisis dan kalkulasi pada program *Geoslope* sebagai nilai parameter tanah. Dilakukan perhitungan berat isi tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) dan Berat isi tanah tak jenuh ( $\gamma_{unsat}$ ) menggunakan **Persamaan 3 dan 4**. Kohesi ( $c$ ) dan sudut geser tanah ( $\phi$ ) didapatkan dari hasil rata-rata data laboratorium dari ketiga *borelog* yaitu BH-1, BH-2, dan BH-3. Berdasarkan pada data laboratorium pada lapisan kelima tidak adanya sampel untuk pengujian laboratorium dikarenakan pada lapisan kelima merupakan lapisan batu yang tidak dapat ditembus (*bedrock*).

**Tabel 4.** Rekapitulasi Parameter Tanah

| No        | $\gamma_{sat}$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_{unsat}$<br>kN/m <sup>3</sup> | $c$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\phi$ |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------|
| Lapisan 1 | 21.15                               | 16.81                                 | 25.50                    | 19     |
| Lapisan 2 | 19.28                               | 13.80                                 | 29.91                    | 15.55  |
| Lapisan 3 | 21.85                               | 18.70                                 | 22.56                    | 21     |
| Lapisan 4 | 20.96                               | 16.54                                 | 24.52                    | 20     |
| Lapisan 5 | <i>Bedrock</i>                      |                                       |                          |        |

### 3.2 Beban Yang Bekerja

Sesuai dengan SNI 8460:2017, beban lalu lintas ditambahkan pada seluruh permukaan jalan dengan besaran nilai ditentukan dari kelas jalan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Lokasi penelitian terletak pada jalan Nasional, maka digunakan kelas jalan I yaitu beban lalu lintas jalan sebesar 15 kPa. Selain itu, dilakukan perhitungan beban gempa pada lokasi penelitian. Sesuai dengan data informasi Desain Respon Spektra Indonesia dilokasi penelitian pada situs web Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman (PUSKIM), didapatkan nilai percepatan batuan (PGA) sebesar 0.4349 g pada lokasi Piket Nol, Lumajang. Nilai PGA kemudian dihitung menggunakan **Persamaan 3** menjadi koefisien seismik horizontal.

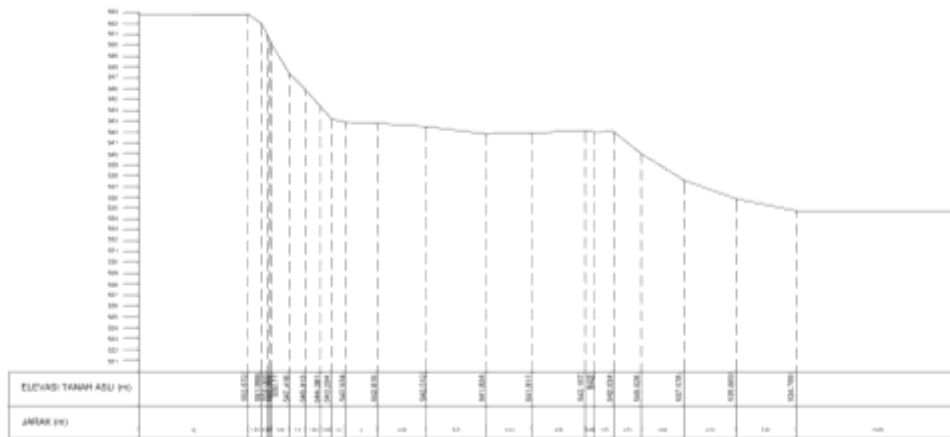
$$K_h = 50\% \times 0.4349$$

$$K_h = 0.21745$$

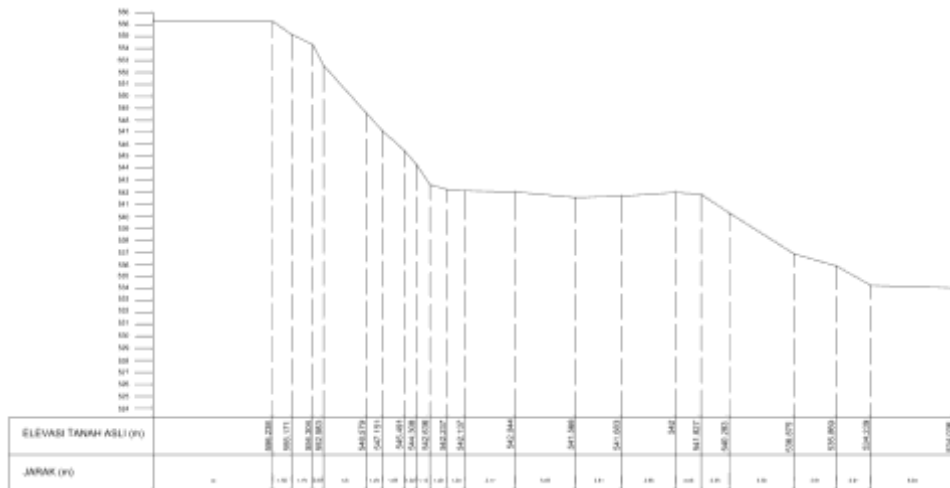
### 3.3 Analisa Kondisi Eksisting

Untuk menentukan potongan melintang lereng dilakukan pengukuran menggunakan *Total Station*. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 3 *section* (*section A, B, C*) dengan jarak tiap *section* sebesar 15 meter. *Section A* memiliki ketinggian lereng atas sebesar 10 m, *section B* ketinggian lereng atas sebesar 14 m, dan

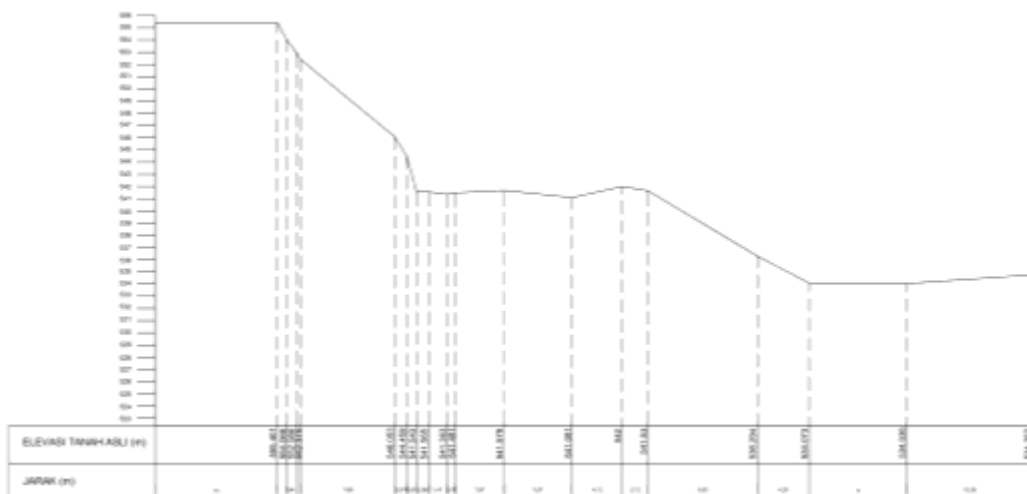
section C memiliki ketinggian lereng atas sebesar 13.85 m. Untuk *cross section* yang didapat dari hasil pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 4, 5, 6**.



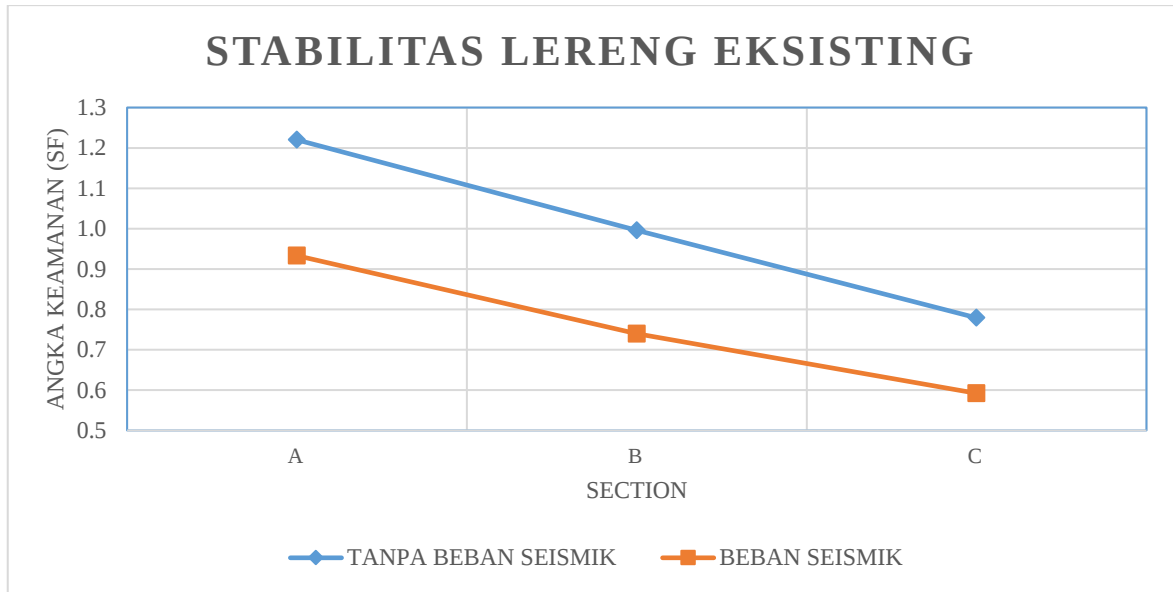
**Gambar 4.** *Cross section A*



**Gambar 5.** *Cross section B*



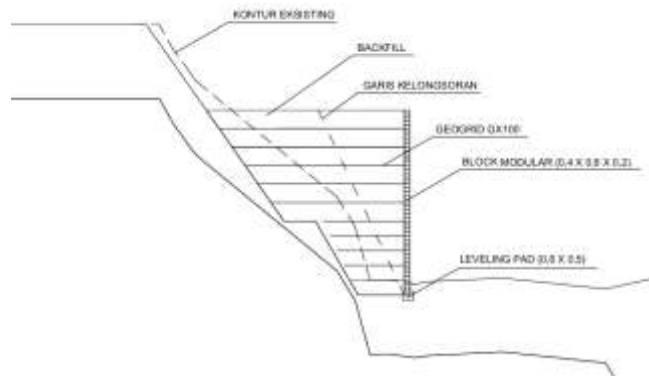
**Gambar 6.** *Cross section C*



**Gambar 7.** Stabilitas lereng eksisting

Berdasarkan **Gambar 7**, hasil analisis stabilitas lereng eksisting didapatkan angka keamanan (*safety factor*) dari ketiga *section*, diperoleh bahwa *section C* memiliki angka keamanan terkecil dari ketiga *section* yaitu dengan beban seismik sebesar 0.592 dengan panjang kelongsoran terbesar yaitu 33.86 meter dengan tinggi lereng sebesar 13.85 m, sehingga pada perencanaan perkuatan lereng akan merujuk pada lereng *section C*. Pemilihan garis kelongsoran dilihat dari *safety factor* terkritis dengan panjang kelongsoran terbesar.

### 3.4 Data Perencanaan MSE wall



**Gambar 8.** Preliminary design MSE wall

- Tanah Timbunan  
 Tanah timbunan dipilih menggunakan tanah pasir berbutir halus – kasar  
 Sudut geser ( $\phi$ ) =  $40^\circ$   
 $\mu = \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) = 0.502$   
 Kohesi ( $c$ ) =  $0 \text{ kN/m}^2$   
 Berat isi tanah ( $\gamma$ ) =  $20 \text{ kN/m}^3$
- Perkuatan  
 Dimensi blok modular(p) =  $0.45 \text{ m}$   
     (l) =  $0.3 \text{ m}$   
     (t) =  $0.2 \text{ m}$

Berat blok modular = 0.34 kN  
 Tinggi dinding = 10 m  
 Geogrid = 100 kN/m

### 3.5 Analisis Stabilitas Internal MSE Wall

Tinggi blok modular adalah 0.2 m, maka jarak vertikal antar *geogrid* adalah kelipatan 0,2 m dikarenakan pemasangan *geogrid* berada di sambungan antar blok modular. Untuk rekapitulasi perhitungan sv dapat dilihat pada **Tabel 5**

**Tabel 5.** Rekapitulasi sv pakai

| Kedalaman | Tallow            | $\sigma_h$        | SF  | sv hitung | sv pakai |
|-----------|-------------------|-------------------|-----|-----------|----------|
| m         | kN/m <sup>2</sup> | kN/m <sup>2</sup> |     | m         | m        |
| 10        | 62.24             | 43.488            | 1.5 | 0.954     | 0.8      |
| 9         | 62.24             | 39.139            | 1.5 | 1.060     | 0.8      |
| 8         | 62.24             | 34.790            | 1.5 | 1.192     | 0.8      |
| 7         | 62.24             | 30.442            | 1.5 | 1.362     | 0.8      |
| 6         | 62.24             | 26.093            | 1.5 | 1.590     | 1        |
| 5         | 62.24             | 21.744            | 1.5 | 1.908     | 1        |
| 4         | 62.24             | 17.395            | 1.5 | 2.385     | 1        |
| 3         | 62.24             | 13.046            | 1.5 | 3.180     | 1        |
| 2         | 62.24             | 8.6977            | 1.5 | 4.770     | 1        |
| 1         | 62.24             | 4.3488            | 1.5 | 9.540     | 1        |

Persyaratan nilai  $L_{total}$  atau total panjang *geogrid* sesuai SNI 8460:2017 adalah  $L \geq 2.5$  m. Maka nilai  $L_{tot}$  yang panjangnya kurang dari 2.5 m akan menggunakan panjang minimum dari SNI yaitu 2.5 m. Tabel rekapitulasi total panjang *geogrid* yang akan dipakai diberikan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Rekapitulasi total panjang *geogrid*

| Kedalaman | Le pakai | La    | L pakai |
|-----------|----------|-------|---------|
| m         | m        | m     | m       |
| 1         | 5.81     | 4.197 | 10.01   |
| 2         | 5.58     | 3.730 | 9.31    |
| 3         | 5.35     | 3.264 | 8.61    |
| 4         | 5.11     | 2.798 | 7.91    |
| 5         | 4.88     | 2.332 | 7.21    |
| 6         | 2.5      | 1.865 | 4.37    |
| 6.8       | 2.5      | 1.492 | 3.99    |
| 7.6       | 2.5      | 1.119 | 3.62    |
| 8.4       | 2.5      | 0.746 | 3.25    |
| 9.2       | 2.5      | 0.373 | 2.87    |
| 10        | 2.5      | 0     | 2.50    |

a. Angka faktor keamanan terhadap kegagalan putus perkuatan (*rupture*)

Sesuai SNI 8460:2017 faktor keamanan minimum untuk kegagalan putus adalah 1.5. Berikut merupakan tabel rekapitulasi SF dari kegagalan putus *geogrid* (*rupture*) yang dapat dilihat pada **Tabel 7**.

**Tabel 7.** Rekapitulasi SF kegagalan putus *geogrid*

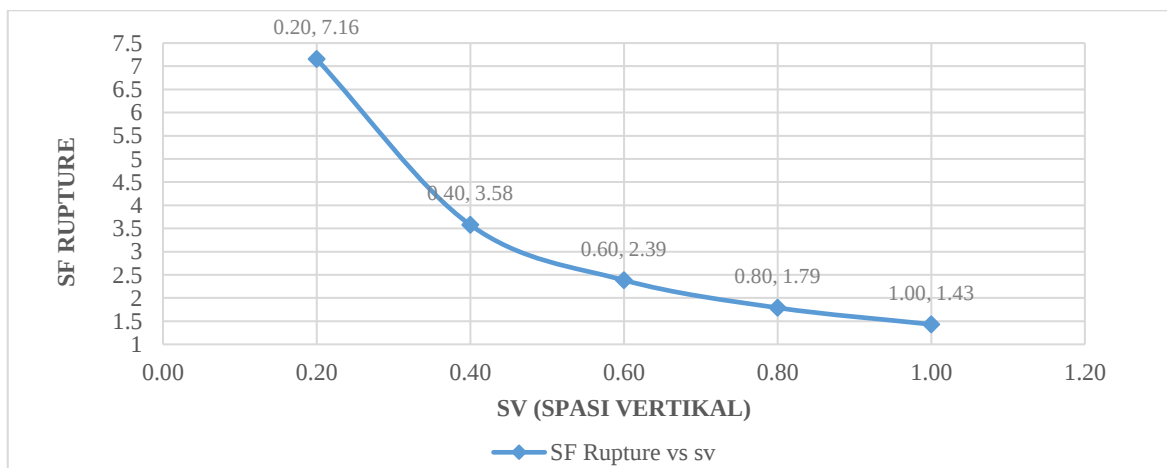
| Kedalaman | Tallow            | sv | $\sigma_h$        | SF Rupture | Kontrol > 1,5 |
|-----------|-------------------|----|-------------------|------------|---------------|
| m         | kN/m <sup>2</sup> | m  | kN/m <sup>2</sup> |            |               |
| 1         | 62.238            | 1  | 4.349             | 14.311     | OK            |

| Kedalaman | Tallow            | sv  | $\sigma_h$        | SF Rupture | Kontrol > 1,5 |
|-----------|-------------------|-----|-------------------|------------|---------------|
| m         | kN/m <sup>2</sup> | m   | kN/m <sup>2</sup> |            |               |
| 2         | 62.238            | 1   | 8.698             | 7.156      | OK            |
| 3         | 62.238            | 1   | 13.047            | 4.770      | OK            |
| 4         | 62.238            | 1   | 17.395            | 3.578      | OK            |
| 5         | 62.238            | 1   | 21.744            | 2.862      | OK            |
| 6         | 62.238            | 1   | 26.093            | 2.385      | OK            |
| 6.8       | 62.238            | 0.8 | 29.572            | 2.631      | OK            |
| 7.6       | 62.238            | 0.8 | 33.051            | 2.354      | OK            |
| 8.4       | 62.238            | 0.8 | 36.530            | 2.130      | OK            |
| 9.2       | 62.238            | 0.8 | 40.009            | 1.944      | OK            |
| 10        | 62.238            | 0.8 | 43.489            | 1.789      | OK            |

Hubungan antara sv dengan SF Rupture (contoh perhitungan pada kedalaman 10 m diambil tegangan horizontal terbesar) dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Gambar 9**.

**Tabel 8.** Hubungan SF Rupture dengan Spasi Vertikal

| Kedalaman | Tallow            | sv  | $\sigma_h$        | SF Rupture | Kontrol > 1,5 |
|-----------|-------------------|-----|-------------------|------------|---------------|
| m         | kN/m <sup>2</sup> | m   | kN/m <sup>2</sup> |            |               |
| 10        | 62.23             | 1   | 43.48             | 1.43       | TIDAK OK      |
| 10        | 62.23             | 0.8 | 43.48             | 1.78       | OK            |
| 10        | 62.23             | 0.6 | 43.48             | 2.38       | OK            |
| 10        | 62.23             | 0.4 | 43.48             | 3.57       | OK            |
| 10        | 62.23             | 0.2 | 43.48             | 7.15       | OK            |



**Gambar 9.** Hubungan SF Rupture dengan Spasi Vertikal

Berdasarkan **Tabel 8** dan **Gambar 9**, didapatkan bahwa yang mempengaruhi faktor keamanan terhadap kegagalan putus perkuatan yaitu jarak vertikal antar perkuatan (sv), semakin besar jarak sv maka faktor keamanan *rupture* akan semakin kecil. Hal ini terjadi karena pada faktor keamanan kegagalan putus perkuatan (*rupture*) merupakan hasil perbandingan dari kuat tarik geogrid (Tallow) dengan gaya horizontal yang perlu ditahan (Ph). Selain itu, hubungan antara sv dengan SF Rupture juga bisa dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan sv untuk mendapatkan desain yang efisien.

a. Angka faktor keamanan terhadap kegagalan tarik (*pullout*)

**Tabel 9.** Rekapitulasi SF kegagalan tarik *geogrid*

| Kedalaman | Le   | $\sigma_h$        | $\sigma_v$        | sv  | SF Pullout | Kontrol > |
|-----------|------|-------------------|-------------------|-----|------------|-----------|
| m         | m    | kN/m <sup>2</sup> | kN/m <sup>2</sup> | m   |            | 1.5       |
| 1         | 5.81 | 4.34              | 20                | 1   | 26.85      | OK        |
| 2         | 5.58 | 8.69              | 40                | 1   | 25.77      | OK        |
| 3         | 5.35 | 13.04             | 60                | 1   | 24.69      | OK        |
| 4         | 5.11 | 17.39             | 80                | 1   | 23.61      | OK        |
| 5         | 4.88 | 21.74             | 100               | 1   | 22.53      | OK        |
| 6         | 2.5  | 26.09             | 120               | 1   | 11.54      | OK        |
| 6.8       | 2.5  | 29.57             | 136               | 0.8 | 14.43      | OK        |
| 7.6       | 2.5  | 33.05             | 152               | 0.8 | 14.43      | OK        |
| 8.4       | 2.5  | 36.53             | 168               | 0.8 | 14.43      | OK        |
| 9.2       | 2.5  | 40.01             | 184               | 0.8 | 14.43      | OK        |
| 10        | 2.5  | 43.48             | 200               | 0.8 | 14.43      | OK        |

Berdasarkan **Tabel 9**, didapatkan bahwa faktor keamanan terhadap kegagalan cabut (*pullout*) dipengaruhi oleh panjang *geogrid* di belakang garis kelongsoran (Le) dan jarak vertikal antar *geogrid* (sv). Apabila panjang *geogrid* di belakang garis kelongsoran (Le) yang digunakan semakin pendek maka angka faktor keamanan terhadap kegagalan cabut perkuatan akan semakin kecil, namun apabila semakin kecil jarak vertikal antar *geogrid* (sv) maka angka faktor keamanan terhadap kegagalan cabut perkuatan (*pullout*) semakin besar.

### 3.6 Analisis Stabilitas Eksternal MSE Wall

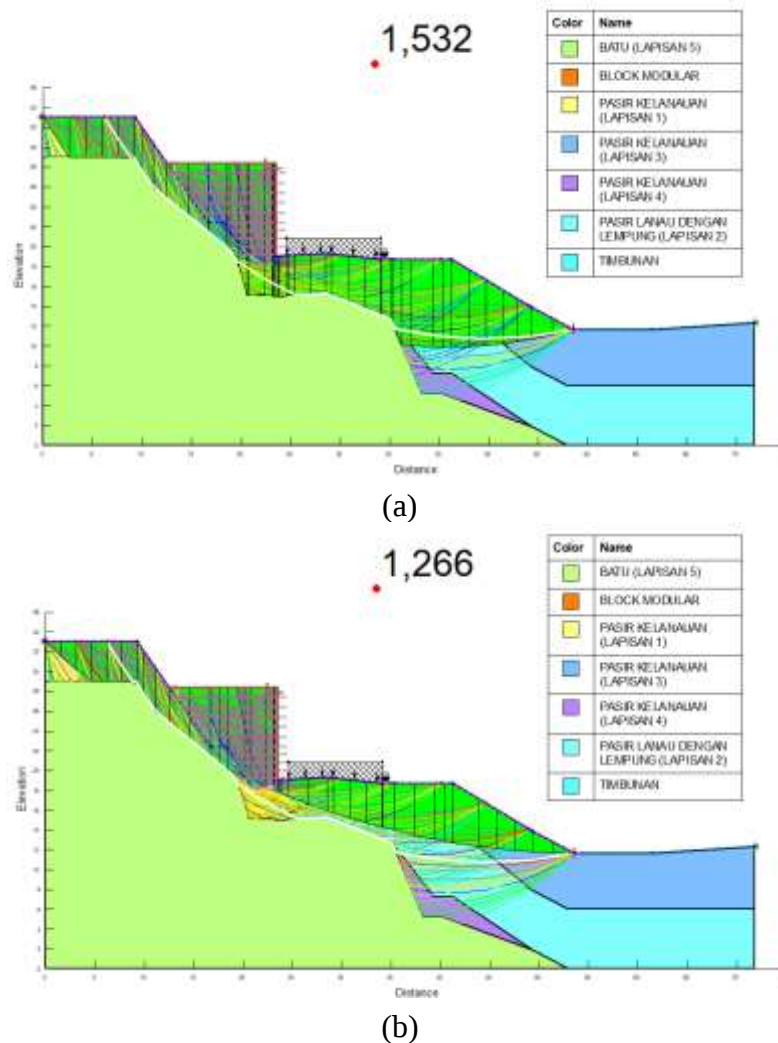
Hasil perhitungan stabilitas eksternal dapat dilihat pada **Tabel 10**.

**Tabel 10.** Hasil perhitungan stabilitas eksternal MSE wall

| Stabilitas  | FK min | Faktor keamanan |
|-------------|--------|-----------------|
| Guling      | 2      | 7.44            |
|             |        | aman            |
| Geser       | 1.5    | 3.39            |
|             |        | aman            |
| Daya Dukung | 2.5    | 3.357           |
|             |        | aman            |

Hasil analisa menunjukkan perhitungan stabilitas eksternal MSE wall telah memenuhi syarat dari SNI 8460:2017. Pada kegagalan terhadap guling, didapatkan nilai faktor keamanan telah memenuhi ( $>2.0$ ), hal ini dipengaruhi oleh panjang *geogrid* (L) karena perbandingan antara momen penahan dengan pendorong. Faktor keamanan geser dipengaruhi oleh panjang *geogrid* (L) karena faktor keamanan ini merupakan perbandingan antara gaya penahan (beban perkuatan *geogrid*) dengan gaya yang mendorong. Faktor keamanan terhadap daya dukung dipengaruhi oleh tanah yang berada dibawah pondasi MSE wall sehingga faktor keamanan ini dapat meningkat apabila terdapat perbaikan dalam parameter tanahnya.

### 3.7 Analisis Stabilitas Global



**Gambar 10.** Hasil SF setelah dilakukan perkuatan (a) tanpa beban seismik, (b) dengan beban seismik. Berdasarkan **Gambar 10 (a)**, didapatkan nilai *safety factor* (SF) stabilitas global yaitu sebesar 1.532. Menurut SNI 8460:2017 didapatkan bahwa nilai *safety factor* telah memenuhi yaitu  $SF > 1.3$  yaitu stabilitas global tanpa beban seismik. Berdasarkan **Gambar 10 (b)**, didapatkan nilai *safety factor* (SF) stabilitas global dengan beban gempa yaitu sebesar 1.266. Menurut SNI 8460:2017 didapatkan bahwa nilai tersebut telah memenuhi  $SF > 1.1$  stabilitas lereng dengan beban seismik. Sehingga lereng setelah dilakukan perkuatan dapat dinyatakan aman dari kelongsoran. Namun *safety factor* tidak dapat dijadikan acuan bahwa perkuatan lereng telah efektif dan ekonomis, perlu dilakukan analisis terkait kemudahan dalam analisis biaya material.

### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis tentang perencanaan stabilitas lereng menggunakan MSE wall pada kawasan piket nol Lumajang, didapatkan bahwa

- Hasil analisis stabilitas pada lereng sebelum dilakukan perkuatan didapatkan bahwa pada *section C* merupakan *section* terkritis dikarenakan memiliki angka keamanan terkecil dari ketiga *section*, diperoleh angka keamanan sebesar 0.592.
- Pada perancangan perkuatan lereng menggunakan *Mechanically Stabilized Earth Wall* didapatkan bahwa direncanakan tinggi dinding sebesar 10 m dengan stabilitas global sebesar 1.532  $> 1.3$ . Selain itu, stabilitas internal dengan stabilitas ketahanan cabut (*pullout*) terkecil sebesar 14.435;

dan stabilitas ketahanan putus perkuatan (*rupture*) sebesar 1.78. Pada stabilitas eksternal didapatkan stabilitas guling (*overturning*) sebesar 7.44; stabilitas terhadap geser (*sliding*) sebesar 3.39; dan stabilitas daya dukung (*bearing capacity*) sebesar 3.35. Dari hasil analisis tersebut lereng dapat dikatakan aman terhadap longsor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aripin, D. D., Asniar, N., & Hendaridi, A. R. 2022. Studi Analisis Stabilitas Lereng (Studi Kasus Lereng Bukit Cikirai Cikoneng Ciamis). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2), 108–124.
- Atikah, D., Juwono, P. T., & Hendrawan, A. P. 2017. Pengaruh Hujan pada Stabilitas Lereng di Jalan Tol Gempol-Pandaan. *Jurnal Teknik Pengairan*, 8(1), 79–88.
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Ngai, Y. Y. 2002. Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*, 64, 65–87.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2009. *Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*, Indonesia
- Fakhrudin Shobari, A., Mufti, I. J., Khoirullah, N., Zakaria, Z., Sophian, R. I., & Mulyo, A. 2019. Hubungan Nilai Koefisien Gempa Horizontal (Kh) Dengan Nilai Safety Factor (FS) Daerah Cilengkrang, Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 3(4), 243–253.
- Imbar, E. R. B., Mandagi, A. T., & Rondonuwu, S. G. 2019. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Slope/W dan Geostructural. *Jurnal Tekno*, 17(22), 59–64.
- Noronha, E. M. D. C., Arifianto, A. K., & Hanggara, I. 2019. *Analisis Penentuan Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius Dan Bishop (Studi Kasus : Jl. Mulyorejo, Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang)*. 3(1), 120–130.
- Nurhidayah, E., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. 2022. Analisis Perkuatan Lereng Akibat Longsor di Desa Dompoyong. *REKAYASA SIPIL*, 16(1), 9–14.
- SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. 2017. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Soehardi, F., Marpaung, J., & Haris, V. T. 2021. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Di Perumahan Mutiara Palas Permai Kelurahan Rumbai Bukit Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 4(2), 60–68.
- Syahputra, F., Harnani, & Setiawan, B. 2022. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop dan Kuat Geser Batuan pada Daerah Pulau Pinang, Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. *J. SEMITAN*, 1(1), 115–126.
- Utami, G. S., Caroline, J., & Sipil, T. 2018. Analisis Pengaruh Perubahan Kadar Air terhadap Parameter Kuat Geser Tanah. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 289–296.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. 1981. *Rock Slope Engineering: Civil and Mining* (4th Edition).
- Yogaswara, D., & Herwina, T. A. 2023. Analisis Stabilitas Lereng Terhadap Kelongsoran (Studi Kasus Di Jalan Raya Bandung-Garut Desa Ciherang Kecamatan Nagreg). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 6(3).