

Peninjauan Faktor Keamanan Penanganan Longsoran Ruas Jalan Batas Kota Maros – Batas Kabupaten Bone Dengan Metode *Fellenius* dan *Plaxis*

Andy Herlambang, Fauzy Lebang, Arman Setiawan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail : andyherlambang37@gmail.com

Artikel info

Artikel history:

Diterima: 02-09-2023

Direvisi: 05-01-2024

Disetujui: 30-01-2024

Abstract. *Avalanche handling on the bts road section. Maros City – bts. Kab. Bone needs to review the value of the safe factor of the handling method applied. This study aims to quantitatively examine the influence of geotextiles and retaining walls on the magnitude of the value of the safe factor on a slope. This analysis uses data from the results of avalanche handling work on KM.89+995-90+045 and KM.90+395-90+405. In this study, 2 methods were used, namely the Fellenius method and the Plaxis program method. The results of this study show that the amount of safe factor values from the handling methods used at KM.89+995-90+045 and KM.90+395-90+405 locations is 2.71 and 2.27 obtained from the results of data processing using the Plaxis program, while using the Fellenius method the safe factor values are 2.70 and 1.66. Thus each safe factor value obtained is greater than the established safe factor value ($F_s > 1.5$).*

Abstrak. Penanganan longsoran pada ruas jalan bts. Kota Maros – bts. Kab. Bone perlu dilakukan peninjauan nilai faktor keamanan dari metode penanganan yang diterapkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji secara kuantitatif pengaruh penggunaan geotekstil dan dinding penahan pada daerah lereng terhadap besaran nilai faktor keamanan. Analisis ini menggunakan data dari hasil pengerjaan penanganan longsoran pada KM.89+995-90+045 dan KM.90+395-90+405. Dalam penelitian ini digunakan 2 metode yaitu metode Fellenius dan metode program plaxis. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa besaran nilai faktor keamanan dari metode penanganan yang digunakan pada lokasi KM.89+995-90+045 dan KM.90+395-90+405 adalah 2,71 dan 2,27 yang diperoleh dari hasil pengolahan data menggunakan program plaxis, sedangkan dengan menggunakan metode Fellenius nilai faktor keamanan 2,70 dan 1,66. Dengan demikian masing-masing nilai faktor keamanan yang diperoleh lebih besar dari nilai faktor aman yang ditetapkan ($F_s > 1,5$).

Keywords:

Safety Factor; Avalanche;

Fellenius; Plaxis

Corresponden author:

Email: andyherlambang37@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

1. PENDAHULUAN

Tanah tidak akan selalu berbentuk bidang datar atau mempunyai tinggi elevasi yang berbeda pada tempat yang satu dan yang lain sehingga membentuk sebuah lereng (slope). Lereng adalah keadaan suatu topografi yang sering ditemui di berbagai jenis pekerjaan konstruksi sipil. Lereng dapat terbentuk secara alami ataupun dibentuk oleh manusia dengan suatu tujuan tertentu. Tanah ialah material yang terdiri atas agregat (butiran) mineral- mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain serta berasal dari bahan-bahan organik yang sudah melapuk (yang berpratikel 5 padat) disertai dengan zat air dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995). Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut kemiringan terhadap suatu bidang horizontal dan tidak terlindungi (Das, 1985). Lereng yang ada secara umum dibagi menjadi dua jenis, yaitu lereng alami yang terdapat di daerah perbukitan sedangkan lereng buatan terbentuk oleh manusia biasanya untuk keperluan konstruksi, seperti tanggul sungai, bendungan tanah, tanggul untuk badan jalan kereta api.

Keruntuhan pada lereng biasa terjadi akibat gaya dorong yang disebabkan adanya beban pada tanah. Lereng secara alami memiliki kekuatan geser tanah dan akar tumbuhan yang digunakan sebagai penahan. Apabila gaya penahan lebih kecil dibandingkan gaya pendorong, maka akan timbul longsoran pada lereng. Secara teknik dapat dikatakan bahwa keruntuhan terjadi apabila faktor keamanan tidak memenuhi syarat ($FK < 1,5$).

Pada daerah Camba, terutama pada ruas jalan Kota. Maros – Kab. Bone, Sering terjadi longsor. Longsoran adalah salah satu dari sekian banyak bencana alam yang sering dialami pada lereng – lereng alami ataupun buatan. Kebanyakan longsoran biasa terjadi pada musim penghujan. Hal ini disebabkan meningkatnya tekanan air pori dalam lereng. Hal tersebut menyebabkan terjadinya kuarangnya kuat geser tanah (c) serta sudut geser dalam (ϕ) yang selanjutnya menyebabkan longsoran.

Dinding Penahan (Retaining Wall) merupakan struktur konstruksi penting pada jalan raya serta bangunan alam lainnya atau sebuah konstruksi dengan fungsi untuk menanggulangi kerusakan tanah yang tidak rata serta menahan tanah lepas atau lereng yang tidak dapat dipastikan keamanannya oleh lereng tanah tersebut, secara sederhana dinding penahan adalah dinding yang dibangun. struktur dinding ini pada umumnya terbuat oleh bahan beton, pasangan batu, hingga kayu.

Geotekstil sudah sering di temui pada segala jenis konstruksi dan banyak pula jenisnya. Geotekstil mempunyai banyak kegunaan salah satunya yaitu geotekstil dapat mempertahankan karakteristik dan stabilitas tanah pada jalan agar sesuai dengan design awalnya. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan. Ukuran kestabilan lereng diketahui dengan menghitung besarnya faktor keamanan.

Plaxis merupakan program computer finite element yang digunakan untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai kasus pada geoteknik. Kondisi yang sebenarnya bisa digambarkan baik dengan model plane strain maupun dengan model axisymmetric. Model plane strain digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang seragam, dengan kondisi tegangan dan pembebanan yang terjadi cukup panjang dalam arah tegak lurus penampang. Sedangkan untuk model axisymmetric digunakan untuk struktur geoteknik dengan bentuk lingkaran yang memiliki bidang penampang radial cukup seragam dan kondisi pembebanan memiliki sumbu aksial.

Penelitian bertujuan untuk menganalisa dan membandingkan besarnya nilai faktor aman lereng sebelum dilakukannya penanganan dan sesudah dilakukannya penanganan dengan menggunakan 2 metode yaitu metode Fellenius dan program Plaxis..

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kuantitatif yang mana data diambil di lokasi penelitian. Lokasi pengambilan data penelitian ini berada pada KM. 89+995 – KM. 90+045 dan KM. 90+355 – KM. 90+405. ruas jalan Bts. Kota Maros – Bts. Kab. Bone, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan secara kuantitatif, karena hasil output dari analisa penelitian yang menggunakan bantuan Software Plaxis berbentuk kurva faktor aman, Tampak deformasi lereng, Tampak tekanan air dan Tampak tegangan efektif tanah. Tahapan pengumpulan data sebagai berikut.

- a) Data skala lereng secara real demi mengetahui sudut lereng dan ketinggian lereng.
- b) Hasil pengujian sampel tanah dari pihak kontraktor yaitu PT. TRI KARYA UTAMA CENDANA agar mengetahui besar sudut geser (ϕ) serta kohesi (c).
- c) Data properti tanah yang berkaitan pada hasil pengujian laboratorium.
- d) Tambahan data seperti kontur serta gambar potongan lereng yang digunakan pada analisa kestabilan dan faktor amannya

Tahapan analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu”

a. Metode Analisis Menggunakan *Plaxis*

1. *Plaxis Input*: Melakukan pengimputan data dan membuat pemodelan yang sesuai dengan keadaan eksisting pada lapangan ke dalam program plaxis.
2. *Plaxis Calculations*: *Plaxis Calculations* dapat dimunculkan apabila proses pengimputan data yang diperoleh telah dilakukan. Proses ini biasanya muncul otomatis setelah menekan toolbar calculate atau dengan menekan Calculation Program di start menu.
3. *Plaxis Output*: *Plaxis iOutput* muncul melalui Calculation Program apabila pengimputan data selesai dilakukan dan titik tinjau telah ditentukan.
4. *Plaxis Curves*: *Plaxis Curve* digunakan dalam menggambarkan kurva faktor aman dengan meninjau data beban dan tegangan pada titik yang ditentukan terlebih dahulu di tahap Calculation Program.

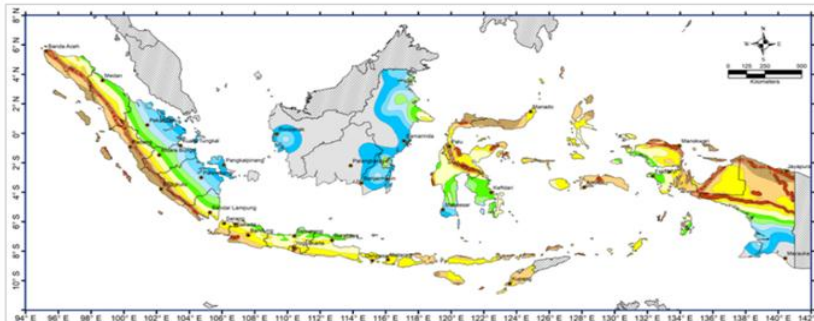
b. Metode Analisis Menggunakan Rumus Fellenius

Dalam analisa dengan metode rumus Fellenius ini peneliti menghitung Faktor Aman lereng yang diasumsikan dalam keadaan lereng tidak jenuh. Parameter tanah yang penting diketahui dalam analisa faktor aman stabilisasi lereng menggunakan metode Fellenius ialah: Kohesi (c), sudut gesek dalam (ϕ), berat isi tanah (γ), tinggi irisan (h), lebar irisan (b), sudut kemiringan lereng (θ_i) serta nilai (W_i). Lereng yang ditinjau akan dibagi menjadi 8 irisan untuk mempermudah mendapatkan nilai luas tiap irisan dan sudut tiap irisan (θ_i). Kemudian perhitungan diulang sebanyak 6 kali dengan posisi busur di geser sejauh 1m tiap kali dilakukan perhitungan dari posisi awal untuk mencari titik kritis dari lereng tersebut. Berikut persamaan Fellenius yang digunakan :

$$FMw = \frac{\sum [(c.l + (W \cos \alpha - u.l) \tan \phi)]}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

Analisis stabilitas lereng akibat pengaruh beban gempa menggunakan plaxis. Pengaruh beban gempa diperhitungkan jika lereng galian atau timbunan direncanakan dibangun di dekat area pemukiman atau dibangun dengan kriteria kepentingan strategis yaitu dengan kondisi tidak boleh mengalami keruntuhan atau terputusnya lajur transportasi setelah terjadi gempa rencana.

Faktor keamanan minimum yang disyaratkan untuk analisis menggunakan model pseudostatik adalah lebih besar dari 1,1 ($FK > 1,1$) dengan menggunakan koefisien seismik yang didapatkan dari percepatan puncak di permukaan (PGA) dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi.



Sumber : SNI-1726-2019 - Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, 2019

Gambar 1. Peta MCEG Zona Gempa di Indonesia

Setelah mengetahui kelas situs dan koefisien rata-rata geometrik percepatan tanah puncak (PGA), setelah mengetahui klasifikasi situ maka kemudian ditentukan berapakah nilai Faktor amplifikasinya (F_a dan F_v).

Nilai F_a dan F_v masing-masing diambil berdasarkan kelas situs dan besarnya nilai S_s (nilai percepatan batuan dasar) dan S_1 (nilai percepatan dasar batuan periodic 1 detik). Yang kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai parameter respon spektral percepatannya (S_{MS} dan S_{M1}) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

Kemudian di teruskan dengan persamaan berikut untuk mendapatkan nilai respon desain percepatan :

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS}$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1}$$

Kemudian nilai digunakan persamaan F_p untuk mendapatkan nilai gaya seismik rencana horizontal:

$$F_p = 1,6 S_{DS} I_p W_p$$

Dalam hal ini :

$$F_p = \text{Gaya seismik rencana}$$

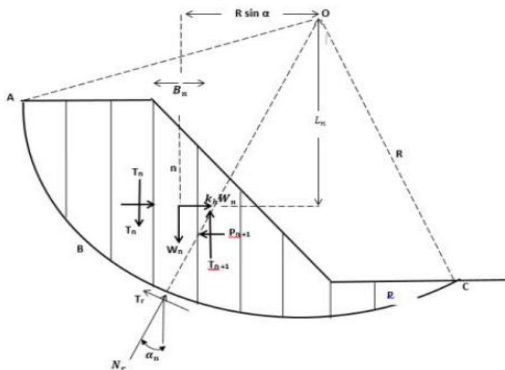
$$S_{DS} = \text{Percepatan spektrum pada periode pendek}$$

$$W_p = \text{Berat beban operasional}$$

Untuk gaya seismik rencana Vertikal digunakan persamaan berikut :

$$F_{pv} = \pm 0,2 S_{DS} W_p$$

Analisis stabilitas lereng pengaruh beban gempa menggunakan metode irisan konvensional. Dalam menjelaskan metode ini perhatikan kemiringan seperti yang ditunjukkan di Gambar 2 menjadi uji coba permukaan. Perhatikan bahwa ABC adalah busur dari lingkaran dengan pusatnya titik O tanah pada atas permukaan dibagi menjadi beberapa irisan. Panjang tiap irisan tidak perlu untuk lapis ke-n pertimbangan ketebalan satuan di sudut kanan buat penampang yang ditampilkan. Berat serta kekuatan inersia adalah tiap W_n dan K_n . P_n dan P_{n+1} ialah gaya normal yang bekerja pada tiap potongan.



Gambar 2. Metode Irisan Konvensional

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai Fs dengan menghitung beban gempa :

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^p (C B_n + \sec \alpha + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^p [W_n \sin \alpha_n + k_h W_n (\frac{L_n}{R})]} \quad (8)$$

Dimana:

- Kh = koefisien gaya lateral
- W = Luas irisan
- C = Kohesi
- R = Jari-jari longsor
- B = Lebar irisan
- α = Sudut kemiringan
- θ = Sudut pergeseran dalam tanah

Validasi program perlu dilakukan validasi program Plaxis maka perbandingan dengan perhitungan stabilitas lereng menggunakan rumus analisa metode fellenius perlu dilakukan. Kemudian kedua hasil analisa faktor keamanan dari kedua metode tersebut saling dibandingkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan peninjauan di lokasi proyek, maka di dapat lah data proyek yang di aplikasikan di lapangan yaitu data karakteristik fisis tanah, data kemiringan lereng, gambar desain, dan data pengujian kuat tekan beton. Data- data yang telah di kumpulkan ini lah yang akan di gunakan dalam melakukan analisa stabilitas lereng dengan menggunakan Metode Fellenius dan Program Plaxis 2D.

Data ini berasal dari hasil pengujian borlog yang di lakukan di lapangan beserta pengujian sampel yang di ambil untuk di uji di uji di lab kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang. Adapun sudut kemiringan lereng pada KM. 89+995 – KM. 90+045 dan KM. 90+355 – KM. 90+405 yaitu, 40° dan 32°.

Tabel 1. Data Karakteristik Fisis Tanah di Lokasi Penanganan

Properties	Nama	Lanau kepasiran lunak	Lanau kepasiran kaku	Tanah lempung berpasir	Tanah lempung kaku	Tanah Timbunan	Unit
Depth		0 - 3	3 - 7.55	7.55 - 10	10 - 13.5		m
Jenis Material	Model	Mohr - Columb	Mohr - Columb	Mohr - Columb	Mohr - Columb	Mohr - Columb	-
Sifat Jenis Tanah	Type	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	-
Berat Jenis Tanah Keadaan Kering	Dalam γ_{dry}	10.45	12.78	17.00	18.00	16.57	KN/m ³
Berat Jenis Tanah Keadaan Jenuh	Dalam γ_{sat}	14.75	16.21	17.00	18.00	18.21	KN/m ³
Permeabilitas Tanah Horizontal	Arah Kx	0.81	0.8	1.00E-4	1.00E-4	0.54	m/day
Permeabilitas Tanah Vertikal	Arah Ky	0.81	0.8	1.00E-4	1.00E-4	0.54	m/day
Modulus Young	Eref	2000	2300	3500	6000	80000	KN/m ²
Ratio Poison	V	0,3	0,3	0,1	0,1	0,34	-
Kohesi	Cref	26,23	26,56	27,24	27,24	26,21	KN/m ²
Sudut Geser Tanah	Φ	35,42	35,14	35,12	35,12	35,05	°
Sudut Dilatasi	Ψ	0	0	0	0	0	°

Sumber : Trykarya Utama Cendana, 2021

Tabel 2. Pengujian Kuat Beton Dinding Penahan

Parameter	Satuan	Nomor Benda Uji		
		I	II	III
Tanggal Percobaan		19/08/2021	19/08/2021	19/08/2021
Umur Benda Uji	hari	7	7	7
Massa	Kg	12,26	12	12,49
Berat Jenis	kg/m ³	2311,65	2262,63	2355,02
Faktor Umur Beton		0,650	0,650	0,650
Beban Maksimum	kN	444,80	402,50	271,90
Tegangan	N/mm ²	25,17	22,78	15,39
Perkiraan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Mpa	38,72	35,04	23,67
	Kg/cm ²	475,88	430,63	290,9
Perkiraan Kuat Tekan Rata-Rata	Mpa		32,48	
	Kg/cm ²		399,14	

Sumber : Trykarya Utama Cendana, 2021

Analisis Program Plaxis

Pada analisa keamanan lereng kali ini digunakan 2 jenis penanganan berbeda yaitu penanganan menggunakan *retaining wall* dan geotekstil pada lereng KM.89+995-90+045 dan hanya geotekstil pada lereng KM.90+395-90+405

Tabel 8. Resume Hasil Analisa Program Plaxis Pada Keadaan Seblum dan Sesudah Penanganan pada KM.89+895 – KM.90+045

Kondisi Lereng		Faktor Aman (Fs)	Deformasi (m)	Active Pore Pressure (m)	Tegangan Efektif Tanah (kN/m)
Sebelum Penanganan	Tidak Jenuh	1,51	1,573x10	0	-261,3
	Jenuh Penuh	1,37	3,060x10	139,3	-145,1
	Jenuh Sebagian	1,21	0,960x10	138,2	-223,9
Setelah Penanganan	Tidak Jenuh	2,51	0,6108x10	0	-242,3
	Jenuh Penuh	1,89	1,903x10	139,8	-121,4
	Jenuh Sebagian	2,05	0,4193x10	137,9	-217,9

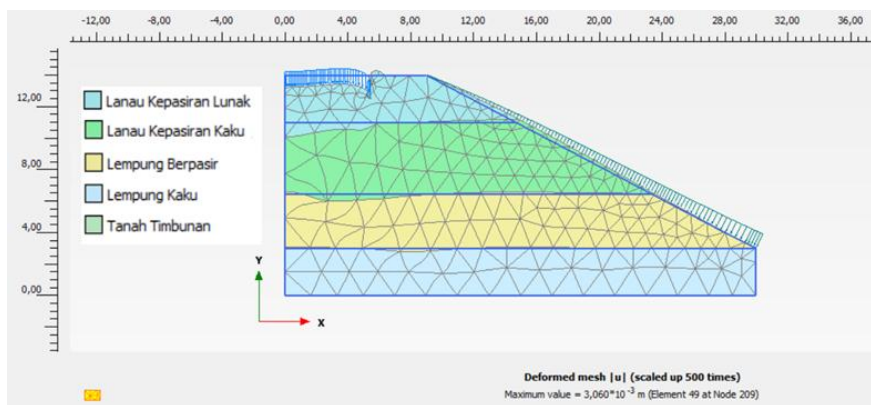
Sumber Analisa Data, 2022

Tabel 9. Resume Hasil Analisa Program Plaxis Pada Keadaan Seblum dan Sesudah Penanganan pada KM.90+355 – KM.90+405

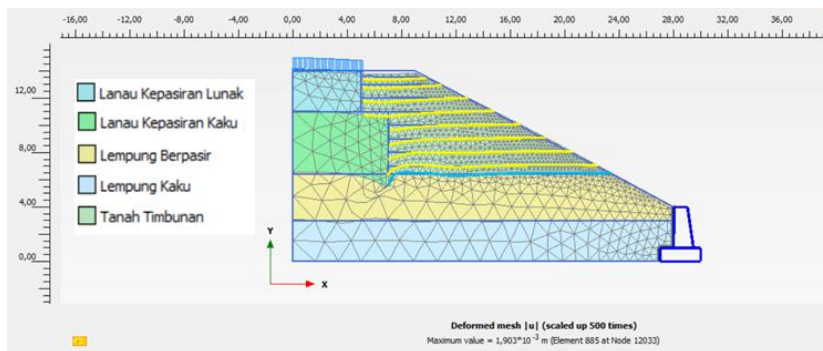
Kondisi Lereng		Faktor Aman (Fs)	Deformasi (m)	Active Pore Pressure (m)	Tegangan Efektif Tanah (kN/m)
Sebelum Penanganan	Tidak Jenuh	1,24	1,469x10	0	-243,0
	Jenuh Penuh	1,18	3,184x10	139,7	-136,9
	Jenuh Sebagian	1,10	1,440x10	137,4	-227,5
Setelah Penanganan	Tidak Jenuh	2,27	1,106x10	0	-331,5
	Jenuh Penuh	1,85	3,680x10	139,9	-186,8
	Jenuh Sebagian	2,01	0,1467x10	139,6	-322,5

Sumber Analisa Data, 2022

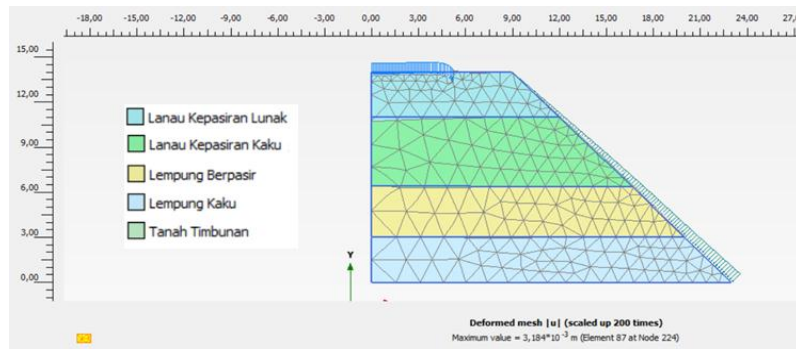
Dari hasil Tabel 8 dan Tabel 9 di atas bisa disimpulkan bahwa penanganan yang di aplikasikan pada kedua lereng telah berhasil meningkatkan nilai faktor aman lereng melebihi dari nilai yang telah ditentukan ($FK > 1,5$). Tetapi walaupun nilai faktor keamanannya telah melebihi dari nilai yang di tentukan, masih ada bentukan deformasi yang terbentuk pada masing lereng yang bisa dilihat pada Gambar 3. berikut :



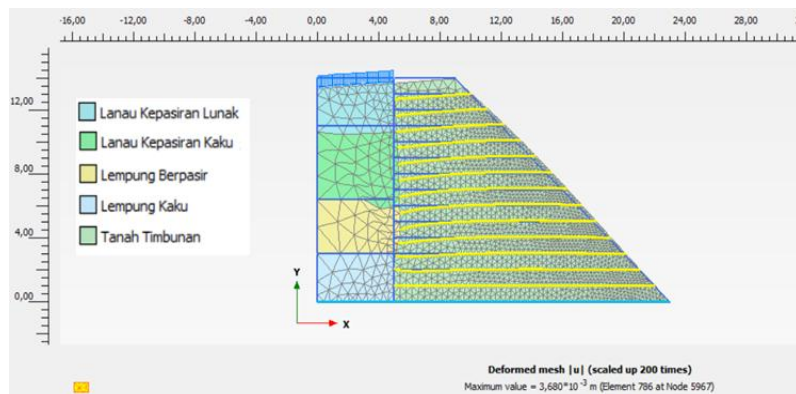
Gambar 3. Keruntuhan Seblum Penanganan pada KM.89+955 – KM.90+045



Gambar 4. Keruntuhan Setelah Penanganan pada KM.89+355 – KM.90+045



Gambar 5. Keruntuhan Sebelum Penanganan pada KM.90+355 – KM.90+405



Gambar 6. Keruntuhan Setelah Penanganan pada KM.90+355 – KM.90+405

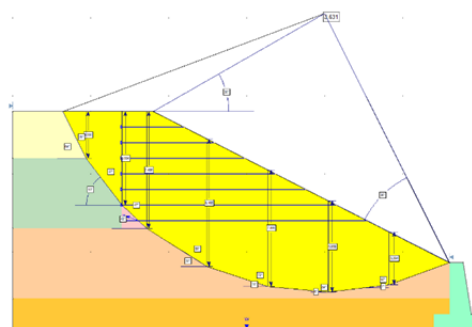
Pada gambar dan tabel di atas menunjukkan bahwa upaya penanganan yang di aplikasikan dapat dinyatakan lereng sudah ada dalam keadaan aman dari sebelum dilakukannya penanganan serta stabilitas lereng sudah memiliki nilai faktor aman lebih besar dari apa yang telah ditentukan ($FK > 1,5$). Serta dapat dilihat pada KM.89+895 – KM.90+045 yang menggunakan *retaining wall* dan geotekstil memiliki nilai kemanan lebih tinggi dibandingkan pada KM.90+355 – KM.90+405 yang hanya menggunakan geotekstil

Analisis Metode Rumus Fellenius

Dalam analisa dengan metode rumus Fellenius ini peneliti menghitung Faktor Aman lereng yang di asumsikan dalam keadaan lereng tidak jenuh. Data tanah yang diperlukan untuk melakukan analisa faktor keamanan stabilitas lereng dengan metode Fellenius ialah: Kohesi (c), sudut gesek dalam (ϕ), berat isi tanah (γ), tinggi tiap irisan (h), lebar tiap irisan (b), serta sudut kemiringan lereng pada tiap irisan (θ_i) dan nilai (W_i).

a. KM.89+995 – KM. 90+045

Perhitungan dengan menggunakan metode Fellenius pada KM. 89+995 – KM. 90+045 memiliki sudut kemiringan lereng (α): 40° , ϕ rata-rata = $35,14^\circ$ dan crata-rata = $27,01 \text{ kN/m}^2$, dan bidang longsor memiliki panjang total, (ΣL): $31,43 \text{ m}$ dan dibagi menjadi 8 irisan untuk mempermudah mendapatkan nilai luas tiap irisan dan sudut tiap irisan (θ_i). Kemudian perhitungan diulang sebanyak 6 kali dengan posisi busur di geser sejauh 1 m tiap kali dilakukan perhitungan dari posisi awal untuk mencari titik kritis dari lereng tersebut. Gambar irisan pada lereng dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Irisan Gambar irisan Lereng KM.89+995 – KM. 90+045

Untuk nilai berat isi tanah (γ), nilai ϕ rata-rata dan rata-rata diperoleh dari Tabel 8 dimana nilai berikut ditentukan dari kedalaman bidang longsor pada irisan lereng, selanjutnya di jumlahkan serta dibagikan dengan banyaknya irisan. Tiap sudut irisan lereng (θ_i) di hasilkan dari garis tengah pada tiap irisan dan garis lurus di titik pusat lingkaran pada lereng. Rumus yang dipergunakan dalam menghitung nilai $W_i = (\text{luas irisan} \times \gamma)$.

Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 6 kali dengan titik busur yang berbeda maka di dapatkan lah hasil faktor aman yang dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Rata-Rata Nilai Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius Pada Lereng M.89+995 – KM. 90+045

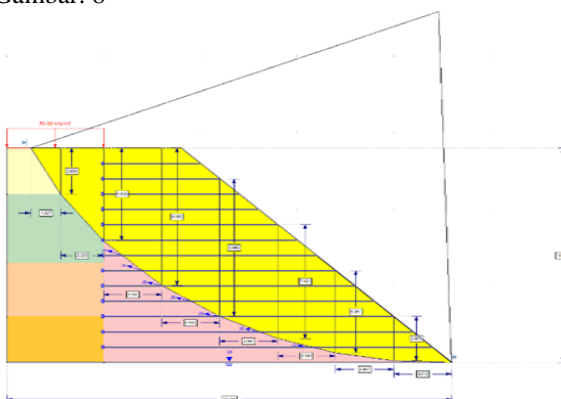
No	C	ϕ	Fs ((Fs>1,5))	Keterangan
1	26,9	34,08	2,7	Aman
2	26,99	35,15	2,72	Aman
3	26,9	34,08	2,66	Aman
4	26,99	35,15	2,73	Aman
5	26,98	35,1	2,67	Aman
6	26,98	35,1	2,59	Aman
Total			2,7	Aman

Sumber Analisa Data, 2022

Dari Tabel 6. dapat dilihat bahwa titik kritis pada lereng KM.90+355 – KM. 90+405 berada pada titik ke-6 dengan nilai Fs = 2,59

b. KM. 90+355 – KM. 90+405

Perhitungan dengan menggunakan metode Fellenius pada KM. 89+995 – KM. 90+045 memiliki sudut kemiringan lereng (α): 32° , ϕ rata-rata = $35,15^\circ$ dan crata-rata = $26,25 \text{ kN/m}^2$, dan bidang longsor memiliki panjang total, (ΣL): 28,27 m dan dibagi menjadi 8 irisan untuk mempermudah mendapatkan nilai luas tiap irisan dan sudut tiap irisan (θ_i). Kemudian perhitungan diulang sebanyak 6 kali dengan posisi busur di geser sejauh 1m tiap kali dilakukan perhitungan dari posisi awal untuk mencari titik kritis dari lereng tersebut. Gambar irisan pada lereng dapat dilihat pada Gambar. 8



Gambar 8. Irisan Gambar Irisan Lereng KM.90+355 – KM. 90+405

Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 6 kali dengan titik busur yang berbeda maka di dapatkan lah hasil faktor aman yang dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Nilai Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius Pada Lereng KM.90+355 – KM. 90+405

No	C	ϕ	Fs ((Fs>1,5))	Keterangan
1	26,26	35,11	1,73	Aman
2	26,26	35,11	1,69	Aman
3	26,26	35,11	1,61	Aman
4	26,26	35,11	1,69	Aman
5	26,21	35,05	1,56	Aman
6	26,21	35,05	1,58	Aman
Total			1,66	Aman

Sumber Analisa Data, 2022

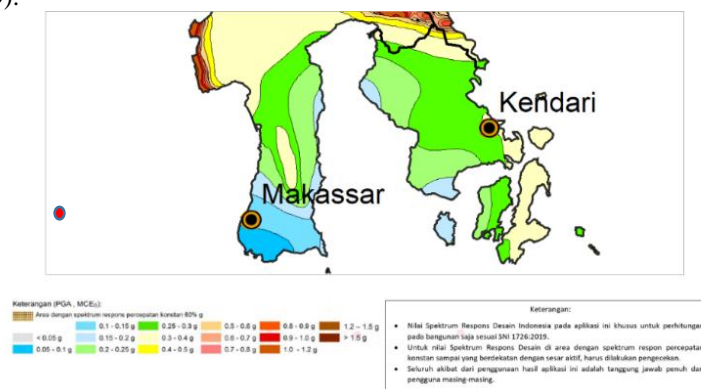
Dari semua hasil analisa metode fellenius dapat dilihat bahwa adanya perbedaan nilai yang jelas antara metode fellenius dan program plaxis. Dimana hal ini disebabkan pada metode analisa rumus Fellenius tidak memperhitungkan modulus elastisitas tanah

Analisa Stabilitas Lereng Dengan Beban Gempa

a. Metode Irisan Konvensional

Dilihat pada peta MCEG dengan kordinat lintang -4.876461491445992 dan kordinat bujur 119.88854659408683 bahwa pada lokasi dilakukannya penanganan longsor berada pada area yang

mempunyai nilai PGA = 0,2. Kemudian berdasarkan hasil uji tanah pada lokasi ini, tanah terhitung dalam kelas tanah sedang (SD).



Gambar 9. Peta MCEG Zona Gempa di Lokasi Penanganan

Dengan nilai PGA = 0,2 dan klasifikasi situs tanah diketahui tanah sedang (SD) maka diketahui nilai FPGa dari Tabel F_a yaitu 1,4. Kemudian di gunakan persamaan berikut untuk menentukan percepatan tanah puncak disesuaikan dengan gangguan klasifikasi situs (PGAM) :

$$PGAM = FPGa \cdot PGA = 1,4 \times 0,2 = 0,28$$

Kemudian untuk nilai beban gempa horizontal (Kh) :

$$Kh = 0,5 \times PGAM = 0,5 \times 0,28 = 0,14$$

Dengan diketahui nilai beban gempa horizontal (Kh) = 0,14 maka dihitung lah nilai Fs lereng dengan memperhitungkan beban gempa dengan menggunakan metode irisan konvensional, dengan menggunakan masing-masing data lereng paling kritis dari perhitungan metode fellenius sebelumnya, maka dihasilkan nilai Fs berikut :

Tabel 8. Perhitungan Kestabilan KM.89+995 – KM. 90+045 Lereng Dengan Beban Gempa Menggunakan Metode Irisan Konvensional

NO	h	b	luas iris	γ	Wi	θ _i	WiCosθ _i	WiSinθ _i	ΔL	R	Ln/R	Kh	Secθ	Fs
1	4,38	2,22	4,86	26,21	127,37	66,10	51,60	116,45	5,47	2	2,19	0,14	2,47	1,72
2	5,74	2,59	13,10	26,21	343,25	48,31	228,30	256,33	3,33	2	2,87	0,14	1,50	1,68
3	6,24	2,59	15,51	27,24	422,43	35,20	345,18	243,50	3,18	2	3,12	0,14	1,22	1,78
4	6,02	2,59	15,88	27,24	432,59	23,11	397,87	169,79	2,82	2	3,01	0,14	1,09	1,67
5	5,25	2,59	14,60	27,24	397,81	12,07	389,01	83,18	2,65	2	2,63	0,14	1,02	1,75
6	4,00	2,59	11,98	27,24	326,37	1,50	326,26	8,54	2,60	2	2,00	0,14	1,00	1,92
7	2,26	2,59	8,11	27,24	220,83	-9,02	218,10	-34,62	2,63	2	1,13	0,14	1,01	1,58
8	2,26	2,59	2,93	27,24	79,79	-19,87	75,04	-27,12	2,76	2	1,13	0,14	1,06	1,57
TOTAL								2031,37	816,05	25,44		18,08		1,70

Sumber Analisa Data, 2022

Tabel 8. Perhitungan Kestabilan KM.90+355 – KM. 90+405Lereng Dengan Beban Gempa Menggunakan Metode Irisan Konvensional

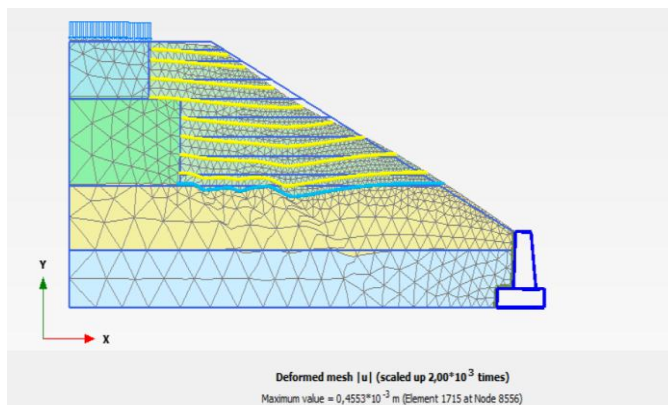
NO	h	b	luas iris	γ	Wi	θ _i	WiCosθ _i	WiSinθ _i	ΔL	R	Ln/R	B sec θ	Fs	
1	5,847	2,24	6,55	26,21	171,64	69,00	61,51	160,24	6,26	2	2,92	2,79	1,26	
2	8,257	2,24	15,80	26,21	414,03	52,28	253,30	327,50	3,67	2	4,13	1,63	1,10	
3	7,972	2,24	18,18	26,21	476,41	41,12	358,89	313,30	2,98	2	3,99	1,33	1,11	
4	7,114	2,24	16,90	26,21	442,85	31,69	376,82	232,64	2,64	2	3,56	1,18	1,19	
5	5,831	2,24	14,50	26,21	380,00	23,17	349,35	149,52	2,44	2	2,92	1,09	1,14	
6	4,196	2,24	11,23	26,21	294,34	15,17	284,09	77,03	2,33	2	2,10	1,04	1,50	
7	2,247	2,24	7,22	26,21	189,14	7,48	187,53	24,62	2,26	2	1,12	1,01	1,73	
8	2,247	2,24	2,52	26,21	65,96	-0,09	65,96	-0,10	2,24	2	1,12	1,00	1,71	
TOTAL								1937,46	1284,74	24,82		21,86		1,39

Sumber Analisa Data, 2022

b. Metode Program Plaxis

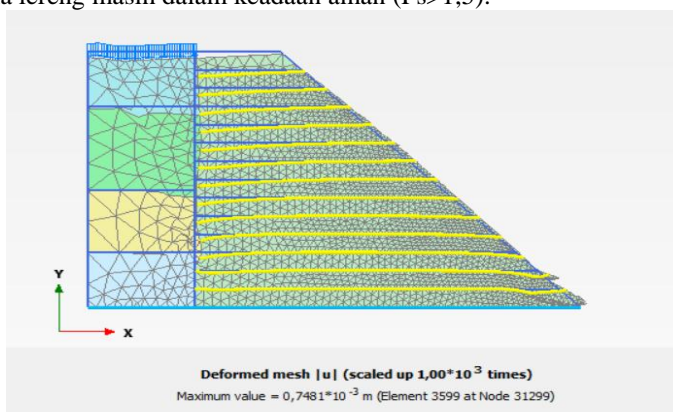
Dengan menggunakan nilai PGA dan kelas situ yang telah diketahui pada perhitungan sebelumnya maka dapat di hasilkan data beban gempa respons spektrum untuk wilayah penanganan. Diketahui nilai gaya seismik rencana horizontal yang bekerja pada lokasi yaitu sebesar Fp = 2,70. Untuk nilai gaya seismik rencana vertikal

tidak diperhitungkan disebabkan tidak adanya struktur atau gedung yang berada diatas lokasi penangan. Nilai gaya seismik rencana horizontal kemudian di aplikasikan ke dalam program plaxis agar dapat diketahui berapa besar nilai F_s dari lereng apabila diperhitungkan adanya beban gempa yang nampak pada masing-masing gambar berikut.



Gambar 10. Keruntuhan Lereng KM.89+995 – KM. 90+045. Yang Dipengaruhi Beban Gempa.

Setelah beban gempa horizontal diaplikasikan nilai F_s pada lereng KM.89+995 – KM. 90+045 menjadi sebesar $F_s = 1,68$ dimana lereng masih dalam keadaan aman ($F_s > 1,5$).



Gambar 11. Keruntuhan Lereng KM.90+355 – KM. 90+405. Yang Dipengaruhi Beban Gempa.

Setelah beban gempa horizontal diaplikasikan nilai F_s pada lereng KM.90+355 – KM. 90+405 menjadi sebesar $F_s = 1,36$ dimana lereng dinyatakan dalam keadaan tidak aman ($F_s < 1,5$). Maka perlu di lakukan penambahan perkuatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa upaya penanganan yang diterapkan pada kedua lereng berhasil meningkatkan besarnya nilai faktor aman pada lereng yang pada awalnya berada pada titik tidak aman ($F_s < 1,5$), sehingga lereng dapat dinyatakan berada dalam keadaan aman ($F_s > 1,5$).

Dari hasil analisa program plaxis masih ada bentukan deformasi yang dapat terbentuk walaupun telah dilakukan penanganan longsoran. Serta Penanganan dengan menggunakan retaining wall dan geotekstil mempunyai nilai aman yang lebih baik walaupun memakan biaya yang sangat besar, dibanding yang hanya menggunakan geotekstil.

Pengaruh Karakteristik tanah serta parameter tanah lereng sangat mempengaruhi hasil analisa stabilitas lereng. Dilihat dari hasil analisa lereng menggunakan rumus Fellenius serta metode Plaxis adanya perbedaan hasil nilai faktor aman, Hal tersebut disebabkan pada metode analisa rumus Fellenius tidak memperhitungkan modulus elastisitas tanah. Serta pengaruh muka air tanah sangat mempengaruhi nilai faktor aman

5. DAFTAR PUSTAKA

Aprianti, E., Heni, P., Isfanari. 2021. Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng dengan Menggunakan Metode Fellenius dan Bishop (Studi Kasus: Pemenang STA 2+600-STA 2+800). Penerbi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Mataram.

- Badan Standarisasi Nasional, 2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik, SNI 8460:2017, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, SNI 1726:2019, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Penerbit Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Agrahara. Krishnamoorthy. 2009. Factor of Safety of a Slope Subjected to Seismic Load. USA.
- Anderson, M.G., Richard K.S., 1987. Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology, John Wiley and Sons. USA.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1984. Physical and Geotechnical Properties of Soils. McGraw-Hill Book Company, USA.
- Bowles, J.E. 1991. Sifat-Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Das. Braja. M. 1993. Mekanika Tanah, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das. Braja. M. 1995. Mekanika Tanah, jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das. Braja. M. Principles of Soil Dynamics. Publishing Company, Boston.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. Perencanaan Dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Denga Geosintetik. Penerbit Bina Marga, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2019. Peta Zonasi Gempa Indonesia Tahun 2019. Jakarta.
- Nakazawa, K dan Sosrodarsono, S. Tanpa tahun. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Terjemahan oleh Taulu, L. 2000. Pradnya Pramita. Jakarta.
- Plaxis, 2012, Tutorial Manual, A.A. Balkema : Rotterdam
- Pradini, 2016, Analisis Angka Aman Stabilitas Lereng Jalan Gunung Tugel-Banyumas dengan Metode Fellenius dan Program Slope/ W. Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Pradita, Y. 2017, Analisis Stabilitas Timbunan Diperkuat Geotekstil dan Diperkuat dinding Penahan Tanah Gravitasi. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Setyanto, 2016. Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2 (Studi Kasus : Ruas Jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala STA.263+650), Universitas Lampung, Lampung.