

Analisis Stabilitas Lereng Sungai Tamiang Kampung Rantau Pakam

Y. Khairullah¹⁾, Yassin Al Hadi²⁾, Emi Maulani³⁾, Said Jalalul Akbar⁴⁾,
Joni Arfiandi⁵⁾

^{1, 2, 3, 4, 5)}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Email: khairullah@unimal.ac.id¹⁾, yassin.160110097@mhs.unimal.ac.id²⁾
emimaulani@unimal.ac.id³⁾, saidjalalul.akbar@unimal.ac.id⁴⁾, jonialeue@gmail.com⁵⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v13i2.941>

(Received: 18 February 2023 / Revised: 14 August 2023 / Accepted: 23 August 2023)

Abstrak

Lereng merupakan permukaan tanah yang memiliki beda tinggi. Ketidakstabilan lereng menyebabkan bencana keruntuhan yang menyebabkan kerugian secara materil maupun korban jiwa. Pada lereng Sungai Aceh Tamiang, Kampung Rantau Pakam, Provinsi Aceh sering terjadi bencana keruntuhan sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap stabilitas lereng. Penelitian bertujuan mengetahui nilai faktor keamanan lereng dan meningkatkan nilai stabilitas lereng sungai dengan perkuatan lereng. Metode analisis menggunakan metode Bishop untuk perhitungan secara manual dan Metode Elemen Hingga menggunakan bantuan *software* Plaxis 2D. Jenis perkuatan stabilitas lereng menggunakan *soil nailing* dan dinding MSE. Hasil penelitian menunjukkan nilai faktor keamanan lereng eksisting tidak memenuhi persyaratan minimum kestabilan lereng maka perlu perkuatan lereng. Hasil perhitungan faktor keamanan stabilitas lereng dengan perkuatan *soil nailing* sebesar 1,335 lebih kecil dari persyaratan sebesar 1,5. Faktor keamanan stabilitas lereng dengan perkuatan dinding MSE sebesar 1,457 lebih besar dari persyaratan sebesar 1,3. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode MSE lebih sesuai digunakan untuk perkuatan lereng.

Kata kunci: *Dinding MSE, faktor keamanan, metode Bishop, Plaxis 2D, soil nailing*

Abstract

The slope is a ground surface that has a height difference. The instability of the slope can cause catastrophic collapse which causes material loss and loss of life. On the slopes of the Aceh Tamiang River, Rantau Pakam Village, Aceh Province, collapse of the slopes often occurs, so it is necessary to conduct research on slope stability. The research aims to determine the value of the slope safety factor and increase the stability value of river slopes by strengthening the slopes. The analytical method uses the Bishop method for manual calculations and the Finite Element Method uses Plaxis 2D software. The type of slope stability strengthening using soil nailing and MSE walls. The results showed that the value of the factor of safety for the existing slope did not meet the minimum requirements for slope stability, so it needed to strengthen the slope. Based on the analysis, the safety factor for slope stability with soil nailing strengthening is 1.335, which is less than the requirement of 1.5. The safety factor for slope stability with the MSE wall strengthening is 1.457, which is greater than the requirement of 1.3 for such method strengthening. The results of the analysis show that the MSE method is more suitable for slope strengthening at the location.

Keywords: *MSE wall, safety factor, bishop method, Plaxis 2D, soil nailing*

1. Latar Belakang

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang membentuk sudut tertentu dan menghubungkan permukaan tanah yang lebih rendah dengan permukaan tanah yang lebih tinggi (Korah dan Turangan A. E., 2014). Lereng terbentuk secara alamiah ataupun buatan dan biasanya terdapat di tepi jalan maupun di tebing sungai. Keruntuhan lereng di tebing sungai sering terjadi karena adanya erosi, penebangan liar, pengurugan tanah, fluktuasi muka air sungai dan lainnya (Aly El-Dien et al., 2014; Haque & Reza, 2020; Johansson, 2014). Keruntuhan lereng terjadi karena adanya pergerakan material penyusun lereng yang meluncur ke arah kaki lereng akibat gaya gravitasi bumi (Ridwan, Muhandi dan Yusa, 2019). Menurut (Hardiyatmo 1992) penyebab keruntuhan lereng disebabkan oleh pengaruh dari dalam (*internal effect*) dan pengaruh dari luar (*external effect*).

Keruntuhan akibat pengaruh dari dalam merupakan keruntuhan lereng yang terjadi tanpa bukan akibat dari perubahan kondisi luar ataupun gempa bumi. Sementara itu keruntuhan lereng akibat dari pengaruh luar merupakan keruntuhan yang terjadi akibat bertambahnya gaya geser pada lereng dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Hilangnya keseimbangan pada lereng disebabkan pengaruh alam itu sendiri seperti gempa, gerakan geologi dan air akan tetapi dapat disebabkan manusia itu sendiri seperti galian untuk pembuatan jalan dan sebagainya (Soemaatmadja Soemarga J.B 1982). Selain itu keruntuhan lereng sungai juga bisa disebabkan oleh adanya erosi akibat aliran Sungai (Islam & Hoque, 2014; Mase, 2020). Pengaruh keruntuhan lereng dapat dilihat dari karakteristik tanah dan geometriaknya (Xu et al., 2018). Karakteristik dan geometrik tanah merupakan hal yang sangat unik di mana akan berbeda antara satu lokasi dengan lokasi lainnya (Wang et al., 2023; Surjandari et al., 2017). Hal ini akan memberikan faktor keamanan lereng yang berbeda antara satu lokasi dan lokasi lainnya sesuai dengan kemiringannya dan karakteristik tanah masing-masing mulai dari kemampuan tanah dalam menyerap air, kuat geser tanah dan kapasitas daya dukung tanah terhadap beban luar (Sarifah dan Pasaribu, 2018; Liu et al., 2023).

Pada umumnya keruntuhan lereng dan pergerakan tanah terjadi apabila gaya luar yang terjadi lebih besar dari kemampuan tanah dalam menahan gaya yang terjadi (Sumber daya 2005). Keruntuhan lereng dan pergerakan tanah secara umum disebabkan oleh pengaruh alam dan manusia. Keruntuhan lereng dan pergerakan tanah yang diakibatkan oleh unsur dari alam seperti berupa unsur geologi, pengaruh iklim dan keadaan topografinya. Sedangkan keruntuhan lereng yang disebabkan oleh manusia misalnya terjadi akibat adanya penggalian pada lereng (Hamdan dan Pratiwi, 2017). Bencana keruntuhan lereng ini dapat diminimalisir dengan cara dilakukan penanaman dengan tanaman atau pepohonan sehingga lereng akan lebih tahan terhadap erosi akibat adanya perkuatan lereng secara alami berupa adanya akar-akar tanaman dan pohon yang tumbuh (Razali et al., 2023). Hal ini tentu akan meningkatkan kestabilan lereng sehingga tidak mudah untuk runtuh.

Pada lereng sungai yang berada di Sungai Tamiang Kampung Rantau Pakam, Kecamatan Bendahara, Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh sering terjadi keruntuhan. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian untuk kestabilan dan perbaikan kestabilan lereng sungai pada lokasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng dan meningkatkan nilai stabilitas lereng sungai Aceh Tamiang dengan menggunakan perkuatan lereng *soil nailing* dan dinding penahan tanah yang distabilisasi secara mekanis (MSE)

2. Metode Penelitian

Dalam melakukan analisis stabilitas lereng terlebih dahulu melakukan pengumpulan data berupa data tanah serta letak topografi lokasi yang akan ditinjau. Dalam analisis stabilitas lereng eksisting, untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng metode terdapat beberapa metode yaitu metode analitis dan metode elemen hingga (Louhenapessy & Lareno, 2022). Pada penelitian ini digunakan metode Bishop untuk perhitungan secara manual dan metode elemen hingga (*finite element method*) menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) Plaxis 2D. *Plaxis* merupakan program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Program ini merupakan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi lereng yang akan dianalisis (Plaxis 2D 2010). Dalam hal ini, analisis stabilitas lereng yang menggunakan metode elemen hingga didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*plastic limit*). Adapun maksud dari analisis stabilitas lereng disini adalah untuk menghitung faktor keamanan dari bidang yang berpotensi untuk terjadinya keruntuhan (Prasetyo, Setiawan dan Dananjaya, 2017). Jika nilai faktor keamanan lereng yang didapat tidak memenuhi nilai faktor keamanan lereng minimum sesuai dengan persyaratan perencanaan geoteknik (Badan Standarisasi Nasional 2017) maka dilakukan perkuatan pada lereng untuk meningkatkan nilai stabilitasnya. Metode perkuatan yang akan digunakan adalah *soil nailing* dan dinding MSE (*Mechanically Stabilized Earth*).

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada kajian ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperlukan untuk melengkapi penelitian atau data yang diperoleh dari pihak atau satu instansi tertentu dan data yang diperoleh dari hasil studi literatur. Data sekunder diperoleh dengan merujuk data pada Dinas PUPR Aceh Tamiang. Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter yang akan digunakan dalam menentukan nilai faktor aman stabilitas lereng serta data perencanaan perbaikan lereng dengan *soil nailing* dan dinding MSE. Data tanah pada daerah kajian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter tanah

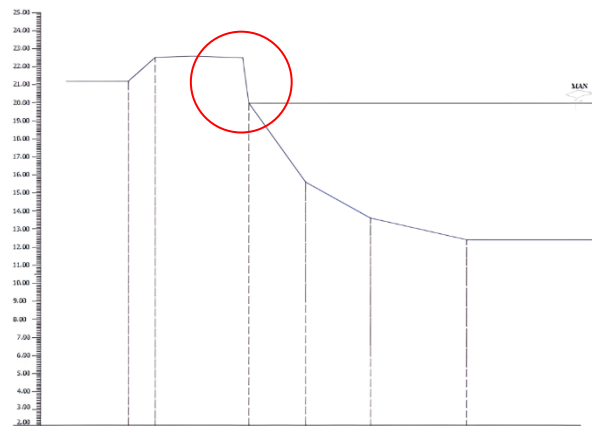
Tebal lapisan (m)	Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	k_x (m/hari)	k_y (m/hari)	C (kN/m ²)	ϕ	E (kN/m ²)	ν
0 - 2	Lempung	17,73	12,14	0,0000864	0,0000864	5,4	18	10220	0,3
2 - 4,8	Pasir	19,6	5,7	8,6	8,6	6	30	3500	0,2
4,8 - 9,8	Pasir berlanau	21,6	18,6	0,086	0,086	4,8	37	28140	0,3

Sumber: Hasil Data Sondir

2.2 Lokasi Penelitian dan Potongan Lereng

Lokasi yang ditinjau pada penelitian ini ialah lereng sungai Tamiang Kampung Rantau Pakam, Kecamatan Bendahara, Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh. Lebih tepatnya lokasi yang ditinjau terletak pada titik koordinat 4°23'39"N 98°12'18"E. Titik yang ditinjau merupakan titik lereng yang dianggap

paling rawan. Potongan melintang slope dan lokasi yang ditinjau ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Potongan lereng pada lokasi penelitian



Gambar 2 Sketsa lokasi penelitian

2.3 Metode Analisis

Pada suatu lereng bekerja gaya yang terdiri dari gaya pendorong dan gaya penahan. Kelongsoran atau ketidakstabilan lereng terjadi bila gaya pendorong melampaui gaya penahan, oleh karena itu prinsip penanggulannya adalah mengurangi gaya pendorong dan/atau menambah gaya penahan (Hakam Abdul 2010).

Menurut (Das M Braja 1995), Analisa stabilitas adalah proses menghitung dan membandikan tegangan geser, analisa stabilitas adalah proses menghitung dan

memandikan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari arah yang bersangkutan. Metode yang digunakan untuk mencari nilai faktor keamanan pada penelitian ini adalah metode *Bishop* dan menggunakan bantuan *software* Plaxis 2D serta untuk desain perbaikan lereng akan menggunakan bantuan *software* Plaxis 2D. Plaxis 2D adalah salah satu program yang menggunakan pendekatan elemen hingga dua dimensi yang sering digunakan untuk menganalisis perubahan bentuk dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik seperti stabilitas lereng dan daya dukung tanah (Teguh et al. 2022).

Menurut (Hardiyatmo 1992), dalam metode *Simplified Bishop* menggunakan beberapa asumsi seperti bidang keruntuhan dianggap berbentuk seperti sebuah busur lingkaran dan kemudian massa di atas bidang keruntuhan dibagi kedalam sejumlah irisan vertikal. Menurut (Bishop 1955) gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan dianggap mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Dalam hal ini kuat geser tanah dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat diberikan oleh tanah sehingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman tertentu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tau = \frac{c'}{F} + (\sigma - u) \frac{\text{tg } \varphi'}{F} \quad (1)$$

di mana:

σ merupakan tegangan normal total pada bidang keruntuhan

u adalah tekanan air pori. Untuk tekanan irisan ke- i , nilai $T_i = \tau a_i$, yaitu gaya geser yang dikerahkan tanah pada bidang keruntuhan untuk mencapai keseimbangan batas.

Faktor keamanan dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut:

$$F = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (N_i - u_i a_i) \text{tg } \varphi']}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i x_i} \quad (2)$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' a_i + (W_i - u_i a_i) \text{tg } \varphi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \text{tg } \theta_i \text{tg } \frac{\varphi'}{F})} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (3)$$

di mana rasio tekanan pori dapat didefinisikan sebagai:

$$r_u = \frac{u}{\gamma h} \quad (4)$$

di mana:

r_u = rasio tekanan pori

u = tekanan air pori (kN/m²)

b = lebar irisan (m)

γ = berat volume tanah (kN/m²)

h = tinggi irisan rata-rata (m)

F = faktor keamanan

c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)

φ' = sudut geser dalam tanah efektif (derajat)

b_i = lebar irisan ke- i (m)

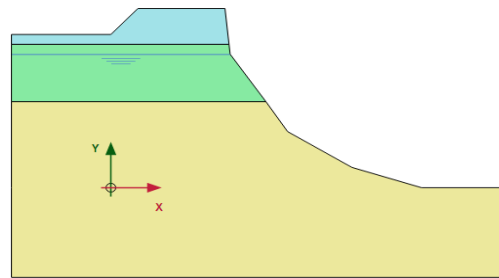
W_i = berat irisan tanah ke- i (kN)

u_i = tekanan air pori pada irisan ke- i (kN/m²)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis kestabilan lereng eksisting dilakukan dengan dua metode yaitu menggunakan software *Plaxis 2D* dan metode *Bishop*. Perhitungan dengan *Plaxis 2D* pada kondisi lereng eksisting memiliki 2 tahap, yaitu kondisi awal lereng pada tahap perhitungan pertama dan perhitungan nilai keamanan lereng pada tahap kedua dengan kondisi lereng eksisting ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kondisi lereng eksisting

Dari hasil analisis dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, didapat nilai faktor keamanan lereng eksisting sebesar 0,9348. Dengan nilai faktor keamanan yang didapat maka perlu dilakukannya perbaikan stabilitas lereng untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang direncanakan. Sementara itu, hasil yang tidak jauh berbeda juga didapat dari hasil perhitungan menggunakan metode *Bishop* seperti ditampilkan pada Tabel 2 dan Tabel 3, di mana faktor keamanan (FS) sebesar 1,26.

Tabel 2 Hasil perhitungan nilai faktor aman dengan metode bishop

Slice No	A_n	Y	W_n	α_n	b_n	$W_n \sin \alpha_n$
1	0,24	17,73	6,903	3	0,3	0,36
	0,14	19,62				
2	1,51	17,73	32,82	12	0,75	6,82
	0,31	19,62				
3	1,51	17,73	29,2	25	0,75	12,34
	0,12	19,62				
4	1,26	17,73	22,4	41	0,75	14,70
5	0,5	17,73	8,85	60	0,74	7,67
Jumlah						41,89

Tabel 3 Hasil lanjutan perhitungan nilai faktor aman dengan metode bishop

c'	ϕ'	W_n	$\frac{c' b_n + W_n}{\tan \phi'}$	FS coba	M_i	$\frac{(c' b_n + W_n \tan \phi')}{M_i}$
5,4	18	2,24	3,86	1,26	1,01	3,82
5,4	18	10,66	14,71	1,26	1,03	14,26
5,4	18	9,49	13,54	1,26	1,02	13,33
5,4	18	7,28	11,33	1,26	0,92	12,26
5,4	18	2,88	6,87	1,26	0,72	9,50
Jumlah						53,17

Dari hasil perhitungan stabilitas lereng eksisting dengan kedua metode tersebut yaitu Plaxis 2D dan metode Bishop didapat faktor keamanan masing-masing sebesar 0,9348 dan 1,26 sehingga lereng eksisting dinyatakan tidak stabil karena dalam persyaratan perencanaan geoteknik (Badan Standarisasi Nasional 2017) lereng dianggap stabil apabila nilai faktor keamanan lereng eksisting $\geq 1,5$.

3.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan

Suatu lereng tanah yang diperkuat adalah suatu bentuk stabilisasi tanah secara mekanis dengan menggunakan elemen perkuatan sebidang dalam suatu struktur lereng yang mempunyai kemiringan muka kurang dari 70° . Sedangkan struktur tanah yang distabilisasi secara mekanis dengan kemiringan muka 70° sampai dengan 90° diklasifikasikan sebagai dinding penahan (Departemen Pekerjaan Umum 2009). Nilai faktor keamanan lereng eksisting yang didapat tidak mencukupi untuk nilai stabilitas sesuai dengan persyaratan perencanaan. Perlu dilakukan perbaikan lereng untuk meningkatkan nilai stabilitasnya dengan *soil nailing* dan dinding MSE.

3.2.1 Soil nailing

Perencanaan perkuatan lereng dengan menggunakan *soil nailing* mengacu pada persyaratan perencanaan geoteknik (Badan Standarisasi Nasional 2017) dan (FHWA, 2015). Data perencanaan dan nilai input parameter pada Plaxis 2D untuk mendesain *soil nailing* dan *shotcrete* diperlihatkan pada Tabel 4:

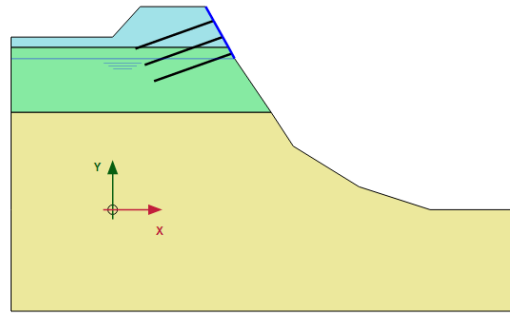
Tabel 4 Spesifikasi parameter untuk *soil nailing*

Spesifikasi	Simbol	Besaran	Satuan
Panjang	L	4	m
Jarak Horizontal	S_h	1	m
Jarak Vertikal	S_v	1	m
Kemiringan	I	20	$^\circ$
Diameter	D	19	mm
Luas Penampang	A	284	mm
Diameter Lubang Bor	D_{dh}	100	mm
<i>Axial Stiffness</i>	EA	56800	kN/m

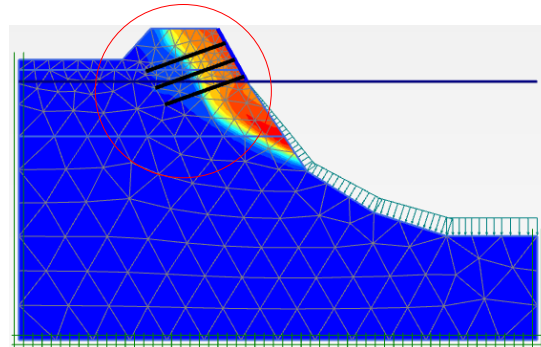
Tabel 5 Spesifikasi parameter untuk *shotcrete*

Simbol	Nilai	Satuan
B	1	m
H	0,1	m
f'_c	20	MPa
W	2,4	kN/m/m
V	0,2	-
A	0,1	m/m
EI	8437,5	kNm ² /m
EA	4500000	kN/m

Dari hasil analisis stabilitas global yang didapat dengan menggunakan aplikasi Plaxis 2D nilai faktor keamanannya sebesar 1,335. Hasil ini menyatakan bahwa struktur dinding *soil nailing* tidak memenuhi kriteria kestabilan global sesuai (Badan Standarisasi Nasional 2017) dengan nilai angka minimum sebesar 1,5.



Gambar 4 Model lereng dengan perkuatan *soil nailing*



Gambar 5 Bidang keruntuhan lereng dengan *soil nailing*

3.2.2 Dinding MSE

Perencanaan dinding MSE ini mengikuti persyaratan-persyaratan perencanaan geoteknik (Badan Standarisasi Nasional 2017) dan (FHWA-NHI-00-043, 2001). Desain MSE ini terdiri dari penutup muka (*facing wall*) dengan panel beton pracetak segmental dan perkuatan geosintetik dengan geogrid jenis UX1100.

Tabel 6 Spesifikasi *facing wall* pada dinding MSE

Spesifikasi	Simbol	Besaran	Satuan
Tinggi	h	0,5	m
Lebar	w	0,5	m
Tebal	d	0,15	m
Modulus Elastisitas	E	21000	Mpa
Poisson Ratio	ν	0,2	-
Berat	γ	12	kN/m ³
Mutu Beton	$f'c$	20	Mpa

Tabel 7 Spesifikasi geogrid UX1100 pada dinding MSE

Spesifikasi	Simbol	Besaran	Satuan
Panjang	L	3	m
Spasi vertikal	S_v	0,5	m
Spasi horizontal	S_h	0,15	m
Kuat Tekan Ultimate	F_U	58	kN/m
Kekuatan Maks yang Diizinkan	-	21,1	kN/m
Faktor Minimum Kerusakan	RF_{ID}	1,05	-
Faktor Reduksi Creep	RF_{CR}	2,6	-
Faktor Ketahanan Minimum	RF_D	1	-

(sumber: Tensar, 2013)

Dinding MSE menggunakan material timbunan pada zona yang diperkuat. Untuk material timbunan dinding MSE pada penelitian ini menggunakan material timbunan sesuai dengan persyaratan (Badan Standarisasi Nasional 2017). Parameter material timbunan yang digunakan dan tanah lainnya adalah sebagai berikut:

- Tanah dasar:
 $\gamma = 9 \text{ kN/m}^3$;
 $\phi = 30^\circ$ dan
 $c = 19,06 \text{ kN/m}^2$
- Tanah dalam struktur:
 $\gamma = 16,5 \text{ kN/m}^3$;
 $\phi = 30^\circ$ dan
 $c = 15 \text{ kN/m}^2$
- Tanah dibelakang struktur:
 $\gamma = 16,5 \text{ kN/m}^3$;
 $\phi = 30^\circ$ dan
 $c = 15 \text{ kN/m}^2$

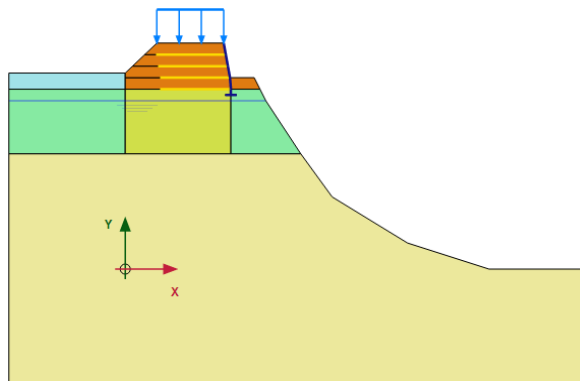
Sebelum dilakukannya analisis stabilitas pada dinding MSE, tanah pondasi pada dinding perlu ditambahkan kuat gesernya untuk meningkatkan kekuatan tanah menahan beban tanah timbunan di atasnya. Untuk analisis penambahan kuat geser tanah dilakukan dengan metode (Mesri 1989):

$$\Delta Su = 0,22 \Delta \sigma' \times U \quad (5)$$

Tabel 8 Perhitungan penambahan kuat geser

Tahap	C (kN/m ²)	Tinggi timbunan (m)	$\Delta \sigma'$ (kN/m ²)	ΔSu (kN/m ²)
Awal	6	-	-	-
Saat Timbunan 1	6	2	$2 \times 16,5 = 33$	$0,22 \times 33 \times 0,9 = 6,53$
Setelah Timbunan 1	12,53	-	-	-
Saat Timbunan 2	12,53	2	$2 \times 16,5 = 33$	$0,22 \times 33 \times 0,9 = 6,53$
Setelah Timbunan 2	19,06	-	-	-

Setelah penambahan kuat geser tanah, dapat dilakukan analisis stabilitas global dengan menggunakan aplikasi Plaxis.



Gambar 6 Model lereng dengan perkuatan dinding MSE

Dari hasil perhitungan stabilitas global menggunakan aplikasi Plaxis 2D, dinding MSE aman terhadap kegagalan stabilitas global dengan faktor keamanan 1,457 sesuai persyaratan (Badan Standarisasi Nasional 2017) dengan faktor keamanan minimum $\geq 1,3$.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Faktor keamanan stabilitas lereng eksisting sungai yang berada di Sungai Tamiang Kampung Rantau Pakam, Kecamatan Bendahara, Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh berada di bawah yang dipersyaratkan yaitu hanya sebesar 1,26 dan 0,935 yang masing-masing dihitung menggunakan metode *bishop* dan *Plaxis 2D*. Oleh karena itu kondisi lereng eksisting dapat dinyatakan bahwa lereng tidak stabil dan perlu dilakukan perkuatan pada lereng. Perkuatan lereng lereng menggunakan perkuatan *soil nailing*, nilai faktor keamanan yang didapat sebesar 1,335. Nilai faktor keamanan yang didapat tidak memenuhi persyaratan minimum faktor keamanan *soil nailing* sebesar $\geq 1,5$. Untuk analisis stabilitas lereng menggunakan perkuatan dinding MSE nilai faktor keamanan yang didapat sebesar 1,457. Nilai faktor keamanan yang didapat telah memenuhi persyaratan minimum faktor keamanan dinding MSE sebesar $\geq 1,3$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perkuatan menggunakan metode MSE lebih sesuai diterapkan di lokasi tersebut.

4.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perhitungan gaya gempa serta estimasi biaya pengerjaan agar mendapatkan nilai stabilitas lereng yang lebih teliti dan dapat menggunakan perkuatan lereng yang lebih efisien. Diperlukan perbandingan hasil analisis dengan metode atau program lain seperti GEO 5, GEOSLOPE, dan lain sebagainya.

Daftar Kepustakaan

- Aly El-Dien, A., Takebayashi, H., & Fujita, M. (2014). Stability of Riverbanks Under Unsteady Flow Conditions. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 7(2), 48–55. <https://doi.org/10.13101/ijece.7.48>
- Badan Standarisasi Nasional, 2017, 'SNI 8460-2017', *Persyaratan perancangan geoteknik*, 8460, 2017.
- Bishop, A.W., 1955, 'The use of the slip circle in the stability analysis of slopes', *Geotechnique*, 5(1), 7–17.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2009, 'Perencanaan dan Pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik', 25(2), 261–266.
- Hakam Abdul, 2010, *Stabilitas Lereng dan Dinding Penahan Tanah Untuk Mahasiswa dan Sarjana Teknik Sipil*.
- Hamdan, I.N. & Pratiwi, D.S., 2017, 'Analisis Stabilitas Lereng dalam Penanganan Longsoran', I(2), 100–111.

- Hardiyatmo, H.C., 1992, 'Mekanika Tanah II', *Gadjah Mada University Press*, 91(5), 1–398.
- Haque, D., & Reza, M. I. (2020). Parametric Analysis of Slope Stability for River Embankment. *Journal of Advanced Engineering and Computation*, 4(3), 196. <https://doi.org/10.25073/jaec.202043.291>
- Islam, S., & Hoque, F. (2014). River bank erosion of the Surma river due to slope failure. *International Journal of Research and Innovations in Earth Science*, 1(2), 54–58.
- Louhenapessy, W. G., & Larena, B. (2022). Analyzing the Effect of Water Seepage and Scour on Slope Stability Using Finite Element Method. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 216–229. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4272>
- Johansson, J. (2014). Impact of Water-Level Variations on Slope Stability. In *Jens Johansson Impact of Water-Level Variations on Slope Stability*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:999168/FULLTEXT01.pdf>
- Liu, X., Lan, H., & Li, L. (2023). *Negative Effects of Ecological Restoration on Slope Stability in Chinese Yellow River basin*. 5194.
- Louhenapessy, W. G., & Larena, B. (2022). Analyzing Johansson, J. (2014). Impact of Water-Level Variations on Slope Stability. In *Jens Johansson Impact of Water-Level Variations on*
- Mase, L. Z. (2020). Slope Stability and Erosion-Sedimentation Analyses Along Sub-watershed of Muara Bangkahulu River in Bengkulu City, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 148. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014803002>
- Korah, T. & Turangan A. E., A.N.S., 2014, 'ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN METODE FELLENIUS (Studi Kasus: Kawasan Citraland)', *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 22–28. Mase, L. Z. (2020). Slope Stability and Erosion-Sedimentation Analyses Along Sub-watershed of Muara Bangkahulu River in Bengkulu City, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 148. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014803002>
- M Braja, Das, 1995, *Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, 2nd edn., Erlangga, Jakarta.
- Mesri, G., 1989, 'A reevaluation of $S_u(mob) = 0.22\sigma'_p$ using laboratory shear tests', *Canadian Geotechnical Journal*, 26(1), 162–164.
- Plaxis 2D, 2010, *PLAXIS Versi 8 Manual Latihan*.
- Prasetyo, I., Setiawan, B. & Dananjaya, R.H., 2017, 'Analisis stabilitas lereng bertingkat dengan perkuatan geotekstil menggunakan metode elemen hingga', (September), 922–926.
- Ridwan, A., Muhandi & Yusa, M., 2019, 'Identifikasi Stabilitas Lereng Tanah Longsor Menggunakan Metode Elemen Hingga', *Jurnal Teknik*, 13(2), 94–103.
- Razali, I. H., Mohd Taib, A., Abd Rahman, N., Abang Hasbollah, D. Z., Md Dan, M. F., Ramli, A. B., & Ibrahim, A. (2023). Slope stability analysis of riverbank in Malaysia with the effects of vegetation. *Physics and Chemistry of the Earth*, 129(December 2022), 103334. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103334>
- Sarifah, J. & Pasaribu, B., 2018, 'Analisa Stabilitas Lereng Pada Tepi Sungai Tembung', *Buletin Utama Teknik*, 13(2), 155–162.
- Soemaatmadja Soemarga J.B, 1982, *Tinjauan Tentang Stabilitas Lereng*.
- Sumber daya, D.E., 2005, 'Pengenalan Gerakan Tanah', *Esdm*.

- Surjandari, N. S., Harya Dananjaya, R., & Utami, E. C. (2017). Slope stability analysis using mini pile: A case study in cigempol river, Karawang, West Jawa. *International Journal of GEOMATE*, 13(38), 49–53. <https://doi.org/10.21660/2017.38.08860>
- Wang, H., Hu, Q., Liu, W., Ma, L., Lv, Z., Qin, H., & Guo, J. (2023). Experimental and Numerical Calculation Study on the Slope Stability of the Yellow River Floodplain from Wantan Town to Liuyuankou. *Toxics*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/toxics11010079>
- Xu, L., Wang, Y., Zhao, W., & Jiang, E. (2018). Review on Riverbank Soil Collapse. *MATEC Web of Conferences*, 246, 1–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824601021>.
- Teguh, R., Rusbandi, R., Sudiadi, S., Novita, D. & Mardiani, M., 2022, 'Penerapan Aplikasi Plaxis Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang', *Fordicate*, 1(2), 124–132.
- Tensar, 2013, 'Product Specification - Structural Geogrid UX1400MSE', 30009.
- U.S. Department of Transportation Publication, 2001, 'FHWA-NHI-00-043', *Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design & Construction Guidelines*, (132042).
- U.S. Department of Transportation Publication, 2015, 'FHWA-NHI-14-007', *Geotechnical Engineering Circular No. 7 Soil Nail Walls - Reference Manual*, (132085).