



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Evaluasi Alternatif Perbaikan Lereng Menggunakan Metode Elemen Hingga

Muhardi^a, Alfadhella Ridwan^b

^{a,b} Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas, Pekanbaru 28293, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 20 Mei 2024

Revisi Akhir: 26 Juni 2024

Diterbitkan Online: 29 Juni 2024

KATA KUNCI

Stabilitas lereng, metoda elemen hingga, alternatif perbaikan lereng, bronjong angkur, blok beton, *sheet pile*

KORESPONDENSI

Telepon: -

E-mail: muhardi@eng.unri.ac.id

A B S T R A C T

Stabilitas lereng merupakan suatu kondisi atau keadaan yang stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi kasus evaluasi pemilihan alternatif perbaikan lereng yang dimodelkan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga yaitu Program *Plaxis 2D V.21*. Data yang digunakan berupa data dimensi lereng, data *properties material*, dan data *properties* perkuatan. Data – data ini kemudian digunakan sebagai data *input* dalam pemodelan. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan 3 (tiga) pemilihan alternatif perbaikan lereng. 3 (tiga) pemilihan alternatif perbaikan lereng yaitu opsi-1 dengan perkuatan bronjong angkur, opsi-2 dengan perkuatan blok beton, dan opsi-3 dengan perkuatan *sheet pile*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan pada opsi-1 sebesar 2.403, opsi-2 sebesar 2.136, dan opsi-3 sebesar 1.520. Berdasarkan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, nilai faktor keamanan yang disyaratkan untuk analisis kestabilan lereng yaitu minimum 1.5. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan 3 (tiga) opsi perbaikan lereng sesuai dengan persyaratan nilai faktor keamanan oleh SNI 8460-2017.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang timbul dari ketidakstabilan lereng adalah potensi terjadinya bencana tanah longsor. Tanah longsor sering menyebabkan kerusakan pada bangunan dan hilangnya nyawa manusia serta lumpuhnya transportasi darat di sepanjang jalan yang tertimbun oleh tanah longsor tersebut. Terputusnya jalur transportasi darat disamping merugikan masyarakat sekitarnya, juga merugikan masyarakat luar daerah yang sedang melakukan perjalanan dan melintas di area tersebut sehingga mengakibatkan kerugian dari berbagai aspek, seperti aspek ekonomi dan sosial kemanusiaan.

Oleh sebab itu, peningkatan stabilitas lereng perlu dilakukan guna menghindari terjadinya bencana tanah longsor. Analisis stabilitas lereng dapat digunakan untuk mengevaluasi atau memberi penilaian terkait tingkat kerawanan tanah longsor guna memberi peringatan dini tentang bahaya tanah longsor.

Analisis stabilitas lereng dipengaruhi oleh berbagai hal seperti kontur permukaan, muka air tanah, dan kondisi bawah permukaan. Perhitungan konvensional yang merupakan metode kesetimbangan banyak digunakan untuk merancang kemiringan apa pun. Metode ini mempertimbangkan gaya penahan dan gaya penggerak dengan garis keruntuhan yang diberikan. Analisis stabilitas lereng dapat menggunakan metode elemen hingga yang memiliki kemampuan untuk secara otomatis mencari permukaan slip paling kritis dengan faktor keamanan terendah dan dapat menangani permukaan slip baik bentuk lingkaran maupun non lingkaran.

Metode elemen hingga memungkinkan untuk melakukan pemodelan jenis – jenis struktur / bentuk geometri tertentu dan kondisi lapangan yang rumit menjadi bentuk yang lebih sederhana untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

Salah satu *software* yang digunakan dengan menggunakan metode elemen hingga adalah *Plaxis 2D V.21*. *Plaxis 2D V.21* merupakan salah satu program computer analiis

tanah yang menggunakan metode elemen hingga dalam analisisnya. Bentuk lereng yang dimodelkan akan dianalisis dengan pendekatan elemen hingga berdasarkan parameter kekuatan tanah dan jenis perkuatan yang diberikan tanah tersebut.

Studi kasus evaluasi alternatif stabilitas lereng menggunakan metode elemen hingga perlu dilakukan guna memberikan solusi yang tepat untuk peningkatan stabilitas lereng sehingga dapat meminimalisir resiko terjadinya bencana tanah longsor.

Pada studi kasus ini terdapat 3 opsi alternatif stabilitas lereng yakni :

Opsi – 1 Perkuatan *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* dengan Bronjong Angkur dan Pondasi *Bored Pile*

Opsi – 2 Perkuatan *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* dengan Blok Beton dan Pondasi *Bored Pile*

Opsi – 3 Perkuatan *Sheet Pile* Beton Tipe W-600 Class B

Studi kasus ini mengidentifikasi nilai faktor keamanan lereng dengan melihat apakah nilai faktor keamanan lereng sudah sesuai dengan Persyaratan Kestabilan Lereng berdasarkan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan massa tanah, batuan, atau regolith pada arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula [1]. Secara umum, terjadinya tanah longsor pada suatu lereng diakibatkan oleh ketidakseimbangan antara beban dan tahanan kuat geser dari material penyusun lereng tersebut. Tanah longsor merupakan proses alamiah biasa, tetapi dengan masuknya unsur manusia dengan segala aktivitasnya maka nilainya dapat berubah menjadi bencana.

Beberapa pendapat mengenai faktor penyebab gerakan tanah seringkali hanya berlaku untuk suatu daerah tertentu saja dan tidak dijumpai di daerah lain, membedakan faktor penyebab yang datang dari luar dan yang datang dari dalam yang berhubungan dengan sifat fisik tanah / batuan.

Menurut Budiman [2] disamping penyebab tersebut dipengaruhi juga oleh pembebanan yang berlebih, getaran dan guncangan, perubahan muka air tanah dan tumbuhan penutup pada lereng tersebut.

2.2. Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng pada metode elemen hingga didefinisikan sebagai rasio kekuatan geser ultimit dibagi

dengan tegangan geser yang dimobilisasi pada keruntuhan awal. Formulasi yang paling umum untuk nilai faktor keamanan mengasumsikan faktor keamanan konstan sepanjang permukaan slip, dan didefinisikan sehubungan dengan gaya atau momen kesetimbangan yakni rasio kekuatan sebenarnya dengan kekuatan geser minimum yang diperlukan untuk keseimbangan adalah faktor keamanan yang secara konvensional digunakan dalam mekanika tanah.

Program *Plaxis 2D V.21* menggunakan pendekatan kohesi dan tangen sudut gesekan yang direduksi kembali dalam proporsi yang sama sehingga didapatkan formulasinya yakni :

$$\sum Msf = \frac{c}{cr} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_r}$$

Keterangan :

c = parameter kekuatan *input*, kuat geser tanah (kN/m^2)

ϕ = parameter kekuatan *input*, sudut geser tanah (deg)

c_r dan ϕ_r = parameter kekuatan tereduksi yang cukup besar untuk mempertahankan kesetimbangan c_r (kN/m^2) dan ϕ_r (deg)

Pengurangan parameter kekuatan dikendalikan oleh pengali total $\sum Msf$. Parameter ini ditingkatkan dalam prosedur Langkah demi Langkah sampai terjadi kegagalan. Faktor keamanan kemudian didefinisikan sebagai nilai Msf pada saat kegagalan, dengan ketentuan bahwa pada saat kegagalan diperoleh nilai yang kurang lebih konstan untuk sejumlah langkah beban yang berurutan. Perpindahan tambahan dihasilkan selama perhitungan ϕ - c reduksi [3].

Menurut SNI 8460 2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik [4], nilai faktor keamanan untuk lereng tanah adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng Tanah

Biaya dan Konsekuensi dari Kegagalan Lereng	Tingkat Ketidakpastian Kondisi Analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1.25	1.50
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1.50	2.00 atau lebih

^aTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam,

penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.

^bTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan

2.3. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga pertama kali diperkenalkan ke dalam ilmu geoteknik oleh Clough dan Woodward pada tahun 1967. Metode elemen hingga memberikan potensi besar untuk menangani permasalahan geoteknik karena kemampuannya untuk memodelkan perilaku ketegangan nonlinear tanah.

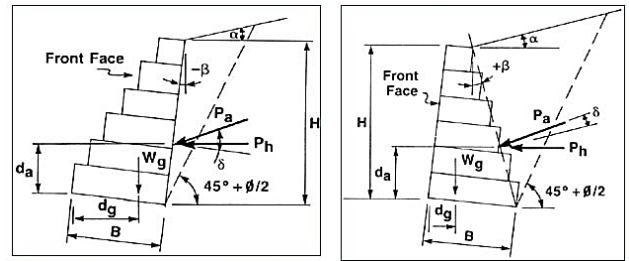
Program *Plaxis* merupakan salah satu program yang berbasis metode elemen hingga. Program dengan metode elemen hingga dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng serta menyelesaikan permasalahan geoteknik yang terjadi [5].

2.4. Perkuatan dengan Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall

MSE Wall merupakan dinding penahan tanah yang menggunakan perkuatan internal secara berlapis dengan mekanisme friksi antara tanah dengan material perkuatan. Penggunaan MSE Wall menjadi pilihan alternatif dinding penahan tanah karena memiliki biaya konstruksi yang relatif lebih murah dan secara teknis lebih mudah dikerjakan dibandingkan dengan dinding penahan tanah dengan tipe beton. Stabilitas MSE Wall sangat bergantung kepada jenis material timbunan yang digunakan, geometri dinding penahan, posisi muka air tanah, dan faktor eksternal berupa curah hujan dan penguapan [6].

2.5. Perkuatan Bronjong

Bronjong umumnya dianalisis sebagai dinding penahan gravitasi yaitu dinding menggunakan berat sendiri untuk menahan tekanan tanah lateral. Bronjong bisa difungsikan dengan penampang miring didepan maupun penampang miring dibelakang dan kedua jenis itu didasarkan pada prinsip yang sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut [7].



Gambar 1. Desain Bronjong

2.6. Perkuatan Blok Beton

Blok beton adalah Kumpulan blok – blok beton masif padat yang disusun secara vertikal ke atas dengan menggunakan sistem pengunci antar blok seperti terlihat pada Gambar 2. Blok betn tersebut dibuat secara rancangan berstandar dengan proses fabrikasi berupa beton *precast* dan kemudian proses pemasangannya di lokasi [8].



Gambar 2. Perkuatan Blok Beton

2.7. Perkuatan Sheet Pile

Perkuatan *sheet pile* merupakan suatu perkuatan yang disusun menyerupai bentuk dinding yang berfungsi sebagai penahan tebing, penahan galian sementara bangunan – bangunan di Pelabuhan, penahan tanah sekitar tepian sungai atau laut dan lain – lain. Material yang digunakan *sheet pile* ada beberapa macam, yaitu *sheet pile* dari material kayu, *sheet pile* dari material beton, dan *sheet pile* dari bahan baja [9],



Gambar 3. Perkuatan Sheet Pile

2.8. Pondasi Bored Pile

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada

awal pengerjaannya. *Bored pile* dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton [10].



Gambar 4. Pondasi Bored Pile

2.9. Perkuatan dengan Geotekstil

Geotekstil adalah salah satu jenis geosintetik atau produk buatan dari polimer yang memiliki fungsi untuk memperbaiki kinerja tanah. Elemen serat – serat dikombinasikan menjadi struktur tekstil lembaran. Geotekstil hibritex (komposit) adalah salah satu jenis geotekstil dengan bahan yang diproduksi menggabungkan bahan non anyaman, dengan filamen penguat, yang dapat memberikan fungsi optimal sebagai bahan pemisah dan perkuatan. [11].



Gambar 5. Perkuatan Geotekstil

2.10. Beban Lalu Lintas

Menurut SNI 8460 2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik [4], nilai beban lalu lintas ditentukan berdasarkan kelas jalan yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2. Beban Lalu Lintas Untuk Analisis Stabilitas

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban di Luar Jalan (*) (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

Keterangan : (*) Beban dari bangunan rumah – rumah sekitar lereng

3. METODOLOGI

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi studi kasus dilaksanakan pada di Kecamatan Muaro Jambi, Provinsi Jambi.

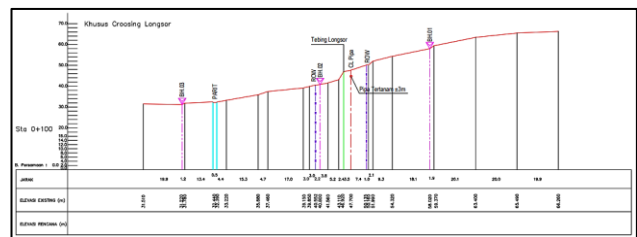
3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan paling awal yang bertujuan untuk memperoleh gambaran masalah untuk diteliti. Materi yang digunakan sebagai referensi berasal dari berbagai sumber, yaitu buku, jurnal nasional dan jurnal internasional yang berkaitan dengan bidang ilmu geoteknik, terutama mekanika tanah dan analisa kestabilan lereng. Dari hasil studi referensi, akan diperoleh rumusan masalah dan teknik pemecahan masalah tersebut.

3.2.2. Data Dimensi Lereng

Pemodelan dimensi lereng menggunakan gambar kerja dimensi lereng yang telah dilakukan survey topografi oleh Tim Penelitian.



Gambar 6. Potongan Melintang Lereng

3.2.3. Data Properties Material

Data *properties* tanah diperoleh dari pengujian tanah pada laboratorium yang dilakukan oleh Tim Penelitian. Data *properties* bronjong angkur dari PT Maccaferri Indonesia dan data *properties* geotekstil dari PT Tetrasa Geosinindo. Data *properties* material yang digunakan sebagai input di *Plaxis* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Data *Properties* Tanah

Item	L1 ^a	L2 ^b	L3 ^c	L4 ^d	L5 ^e
Model Material	HS	HS	HS	HS	HS
Jenis Material	U (A)	U (A)	U (A)	U (A)	U (A)
γ_{unsat} (kN/m ³)	14	14	16	16	16
γ_{sat} (kN/m ³)	16	16	19	19	19
E ₅₀ (kN/m ²)	500	2000	3500	3500	3500
E _{oed} (kN/m ²)	400	1600	2800	2800	2800
E _{ur} (kN/m ²)	1500	6000	10500	10500	10500
c' _{ref} (kN/m ²)	12.5	25	100	100	100
ϕ (°)	20	20	20	20	20
ν	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
k _x (m/day)	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵
k _y (m/day)	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵	8.6.10 ⁻⁵

Keterangan :

L1^a : Lempung Lunak;

L2^b : Lempung Sedang;

L3^c : Lempung Kaku;

L4^d : Lempung Sangat Kaku;

L5^e : Lempung Keras;

HS : *Hardening Soil*

U(A) : *Undrained* (A)

Tabel 4. Data *Properties* Timbunan Pilihan [12]

Item	Nilai
Model Material	<i>Mohr-Coulomb</i>
Jenis Material	<i>Drained</i>
γ_{unsat} (kN/m ³)	18
γ_{sat} (kN/m ³)	19
E (kN/m ²)	10000
ν	0.25
Cohesion (kN/m ²)	10
ϕ (°)	25
k _x (m/day)	0.00864
k _y (m/day)	0.00864

Tabel 5. Data *Properties* Batu Bronjong [13]

Item	Nilai
Model Material	<i>Mohr-Coulomb</i>
Jenis Material	<i>Drained</i>
γ_{unsat} (kN/m ³)	17.5
γ_{sat} (kN/m ³)	20.5
E (kN/m ²)	40000
ν	0.30
Cohesion (kN/m ²)	17
ϕ (°)	40
k _x (m/day)	8640
k _y (m/day)	8640

Tabel 6. Data *Properties* Kawat Bronjong Angkur [13]

Item	Nilai	Units
Model Material	Geogrid	-
Jenis Material	Elastoplastic	-
Area Section 1	800	kN/m
Area Section 2	800	kN/m
Design Strength 1	40	kN/m
Design Strength 2	40	kN/m

Tabel 7. Data *Properties* Blok Beton dan *Pile Cap* (K-350)

Item	Nilai
Model Material	<i>Linear Elastic</i>
Jenis Material	<i>Non Porous</i>
γ_{unsat} (kN/m ³)	24
γ_{sat} (kN/m ³)	24
E (kN/m ²)	26252771
ν	0.20

Tabel 8. Data *Properties Bored Pile* (K-350)

Item	Nilai
Model Material	<i>Embedded Beam Row</i>
Jenis Material	<i>Elastic</i>
<i>Beam Type</i>	<i>Predefined</i>
<i>Predefined Beam Type</i>	<i>Massive Circular Beam</i>
Diameter (m)	0.6
Area Section (m ²)	0.2827
Inertia Moment (m ⁴)	0.00636
Elasticity Modulus (kN/m ²)	26252771
γ (kN/m ³)	24
L spacing (m)	1.5
End bearing capacity (kN)	952

Tabel 9. Data *Properties Geotekstil Hibritex LP 105/105* [14]

Item	Nilai	Units
Model Material	Geogrid	-
Jenis Material	Elastoplastic	-
Area Section 1	1050	kN/m
Area Section 2	1050	kN/m
Design Strength 1	61.6	kN/m
Design Strength 2	61.6	kN/m

Tabel 10. Data *Properties Sheet Pile Beton Tipe W-600* [15]

Item	Nilai	Units
Model Material	<i>Plate</i>	-
Jenis Material	<i>Elastic</i>	-
Area Section (A)	0.2078	m ²
Inertia Moment (I)	0.00765907	m ⁴
Elasticity Modulus	37156762	kN/m ²
Area Section Elasticity (EA)	7721175	kN
Inertia Elasticity (EI)	284586	kNm ²
Self-Weight (w)	5.1	kN/m/m
Poisson Ratio (ν)	0.2	

Tabel 11. Data *Properties Cahaling Beam* (K-500)

Parameter	<i>Cahaling Beam</i> (K-500)
Model Material	<i>Linear Elastic</i>
Jenis Material	<i>Non Porous</i>
γ unsat (kN/m ³)	23
γ sat (kN/m ³)	23
E (kN/m ²)	30277632

3.2.4. Input Data dan Simulasi Numeris

Data dimensi lereng, data *properties* tanah, data perkuatan selanjutnya akan digunakan sebagai data *input* dalam program *Plaxis*.

3.2.5. Pembahasan

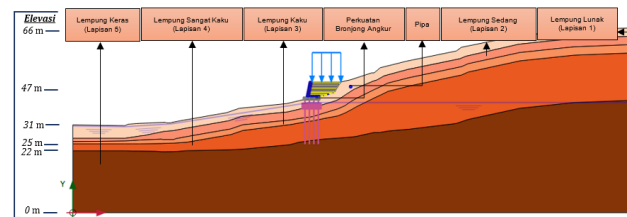
Analisa kestabilan lereng dilakukan setelah perhitungan numeris, analisa kestabilan lereng dengan melihat besarnya nilai faktor keamanan pada 3 (tiga) opsi perkuatan yang diberikan pada lereng.

3.2.6. Kesimpulan

Sebagai tahap akhir dari penelitian, kesimpulan – kesimpulan yang terkait dengan proses pemodelan lereng beserta struktur perkuatannya dapat diambil sebagai informasi mengenai stabilitas lereng pada 3 (tiga) opsi perkuatan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

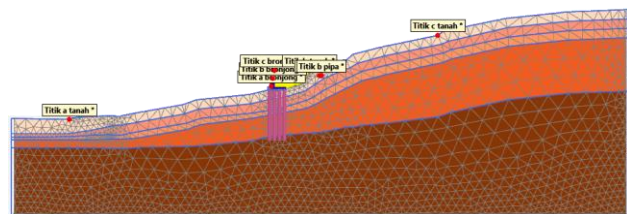
4.1. Opsi – 1 Perkuatan *Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall* dengan *Bronjong Angkur* dan *Pondasi Bored Pile*

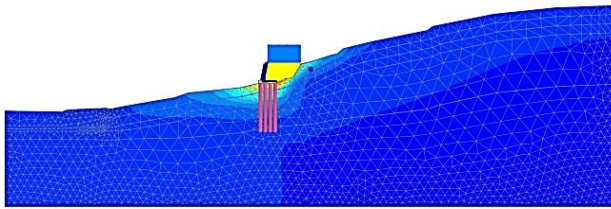


Gambar 7. Geometri Lereng Opsi – 1 Perkuatan

Pada Gambar 7 untuk tanah lapis 1 merupakan jenis tanah lempung lunak, tanah lapis 2 merupakan jenis tanah lempung sedang, tanah lapis 3 merupakan jenis tanah lempung kaku, tanah lapis 4 merupakan jenis tanah lempung sangat kaku, dan tanah lapis 5 merupakan jenis tanah lempung keras.

Hasil *running* program *Plaxis 2D V.21* pada Opsi – 1 Perkuatan dapat dilihat pada Gambar 8 s.d. Gambar 9 sebagai berikut.

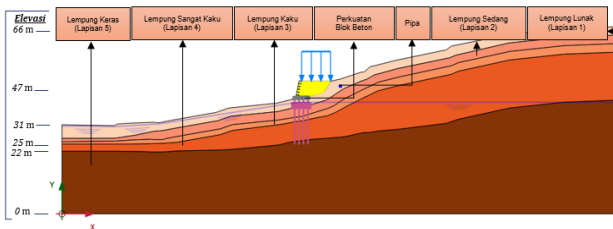
Gambar 8. *Deformed Mesh* Lereng Opsi – 1 Perkuatan



Gambar 9. Bidang Gelincir Lereng
Opsi – 1 Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis, nilai faktor keamanan yang dihasilkan adalah sebesar 2.403. Berdasarkan Tabel 1 Nilai Faktor Keamanan Lereng Tanah menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil.

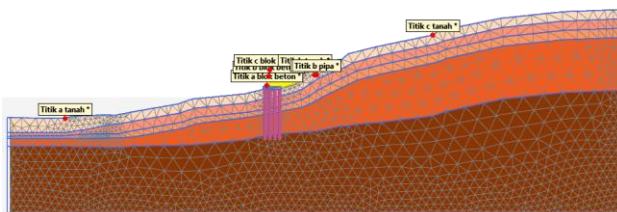
4.2. Opsi – 2 Perkuatan Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall dengan Blok Beton dan Pondasi Bored Pile



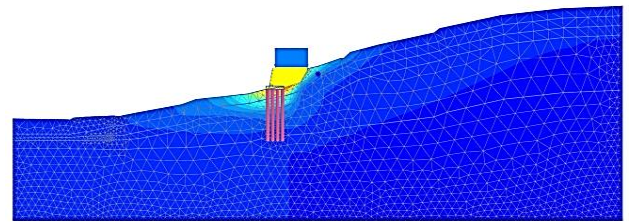
Gambar 10. Geometri Lereng Opsi – 2 Perkuatan

Pada Gambar 10 untuk tanah lapis 1 merupakan jenis tanah lempung lunak, tanah lapis 2 merupakan jenis tanah lempung sedang, tanah lapis 3 merupakan jenis tanah lempung kaku, tanah lapis 4 merupakan jenis tanah lempung sangat kaku, dan tanah lapis 5 merupakan jenis tanah lempung keras.

Hasil *running* program *Plaxis 2D V.21* pada Opsi – 2 Perkuatan dapat dilihat pada Gambar 11 s.d. Gambar 12 sebagai berikut.



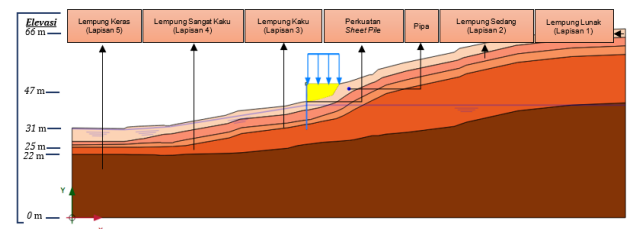
Gambar 11. Deformed Mesh Lereng Opsi – 2 Perkuatan



Gambar 12. Bidang Gelincir Lereng
Opsi – 2 Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis, nilai faktor keamanan yang dihasilkan adalah sebesar 2.136. Berdasarkan Tabel 1 Nilai Faktor Keamanan Lereng Tanah menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil.

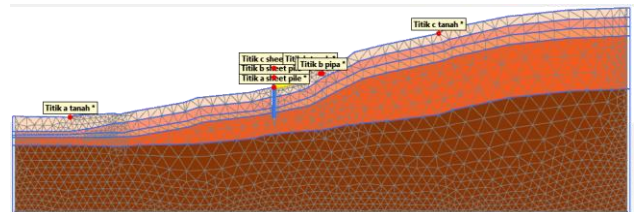
4.3. Opsi – 3 Perkuatan Sheet Pile Beton Tipe W-600 Class B



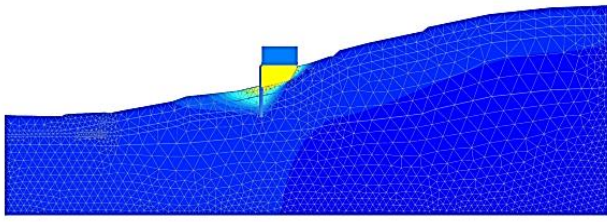
Gambar 13. Geometri Lereng Opsi – 3 Perkuatan

Pada Gambar 13 untuk tanah lapis 1 merupakan jenis tanah lempung lunak, tanah lapis 2 merupakan jenis tanah lempung sedang, tanah lapis 3 merupakan jenis tanah lempung kaku, tanah lapis 4 merupakan jenis tanah lempung sangat kaku, dan tanah lapis 5 merupakan jenis tanah lempung keras.

Hasil *running* program *Plaxis 2D V.21* pada Opsi – 3 Perkuatan dapat dilihat pada Gambar 14 s.d. Gambar 15 sebagai berikut.



Gambar 14. Deformed Mesh Lereng Opsi – 3 Perkuatan



Gambar 15. Bidang Gelincir Lereng
Opsi – 3 Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis, nilai faktor keamanan yang dihasilkan adalah sebesar 1.520. Berdasarkan Tabel 1 Nilai Faktor Keamanan Lereng Tanah menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil.

4.4. Rangkuman Perbandingan Metode Perbaikan Lereng

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng untuk tiap – tiap opsi perkuatan, maka dapat ditampilkan nilai faktor keamanan lereng sebagai berikut.

Tabel 12. Rangkuman Nilai Faktor Keamanan Opsi Perkuatan

Opsi Perkuatan	Nilai Faktor Keamanan
Opsi – 1 Perkuatan <i>Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall</i> dengan Bronjong Angkur dan Pondasi <i>Bored Pile</i>	2.403
Opsi – 2 Perkuatan <i>Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall</i> dengan Blok Beton dan Pondasi <i>Bored Pile</i>	2.136
Opsi – 3 Perkuatan <i>Sheet Pile</i> Beton Tipe W-600 Class B	1.520

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis stabilitas yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diperoleh kesimpulan bahwa nilai faktor keamanan lereng untuk 3 (tiga) opsi perkuatan menunjukkan lereng dalam keadaan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa perkuatan yang diberikan dapat memberikan kestabilan pada lereng.

5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis mengenai deformasi lereng perlu dipertajam untuk memberikan hasil yang lebih mendetail terkait stabilitas lereng.

2. Analisis lereng tiga dimensi (3D) sebaiknya dikembangkan untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.J. Varnes. “Slope Movement and Types of Processes in Landslides” in *Schuster, R.L. and Krizek, R.J., Ed. Washington DC: Naitonal Acadmy of Sciences*, hal 11-33.
- [2] Budiman. “Geologi dan Studi Kestabilan Lereng Daerah Dlingo dan Sekitarnya Kecamatan Dlingo Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta.” S.T. skripsi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Indonesia, 2011.
- [3] R.B.J. Brinkgreve dan H.L. Bakker. “Non-linear finite element analysis of safety factors,” in *Proc. 7th Int. Conf. on Comp. Methods and Advances in Geomechanics. Cairns, Australia*, 1991, hal. 1117–1122.
- [4] Standar Nasional Indonesia. *SNI. 8460. Indonesia: Standar Nasional Indonesia*, 2017.
- [5] O. Andarsin. “Analisis Perkuatan Lereng Menggunakan *Finite Element Method*”. Jom FTEKNIK. Volume 05, Juli 2018, Hal 3.
- [6] W. Hidayat. “Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe *Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall* Terhadap Curah Hujan”. *Ge-STRAM : Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, Volume 04, September 2021, Hal 69.
- [7] D. Dharmawansyah. “Alternatif Perkuatan Lereng Pada Ruas Jalan Trenggalek – Ponorogo KM 23+650.” S.T. skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Indonesia, 2010.
- [8] E. Karapa. “Uji Skala Model Perkuatan Lereng Dengan Blok X.” M.T. tesis, Universitas Hasanuddin, Indonesia, 2022.
- [9] W.M. Diputra. “Perencanaan Turap / *Retaining Wall* Pembangunan Jalan Tol Gempol – Pandaan STA 6+518 s/d 6+575.” S.T. skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November, Indonesia, 2016.
- [10] F. Dharmanto. “Perencanaan Pondasi Tiang Bor dan Abutment Jembatan Sungai Kedung Galeng STA 28+201 Pada Proyek Jalan Tol Pasuruan Probolinggo Seksi 3.” S.T. skripsi. Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia, 2018.

- [11] D.S. Sihaloho. “Analisis Penurunan Pada Teknologi Mortar Busa Dalam Perencanaan *Fly Over* Sp. SKA Kota Pekanbaru.” S.T. skripsi. Universitas Riau, Indonesia, 2020.
- [12] H. Atamini dan B. Moestofa. “Evaluasi Stabilitas dan Penurunan antara Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan dengan Timbunan Pilihan pada Oprit Jembatan (Studi Kasus : Flyover Antapani, Kota Bandung)”. Reka Racana : Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. Volume 04, Maret 2018, Hal 95
- [13] Maccaferri. “Bronjong Angkur.” Internet: www.maccaferri.com/id/id/produk/bronjong, Maret 2023 [April, 2023).
- [14] Tetrasa Geosinindo. “Geotekstil Non Woven.” Internet: www.geosinindo.co.id/nonwoven-geotextile, Maret 2023 [April, 2023).
- [15] Wika CLT. “Brochure The Precast Concrete Manufacturer.” Internet: crm.wika-beton.co.id/brochure, Agustus 2022 [April, 2023).