

## **Studi Perkuatan Lereng Menggunakan Bronjong pada Sungai Batang Tabir Kabupaten Tebo**

**M. Pebriadi, Dwitya Okky Azanna\*, Suhendra, Fadlan**

Program studi teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari, Kota Jambi-36122, Indonesia

---

### **ARTICLE INFO**

#### **Kata Kunci:**

Stabilitas lereng; Plaxis; metode Fellenius; Faktor aman.

\*Correspondence email:

dwitya.okky.azanna@mail.unbari.ac.id

**Submitted:** 22-01-2025

**Revised:** 03-02-2025

**Accepted:** 09-02-2025

**Published:** 09-02-2025

### **ABSTRAK**

Proyek tanggul pasangan bronjong diperlukan untuk meredam pengikisan dari aliran sungai terhadap jalan dan pemukiman di Desa Embacang Gedang. Tanggul ini mempunyai tinggi sampai dengan 8,5 m. Bahan utama tanggul menggunakan bronjong kawat galvanis wire 2 x 1 x 0,5 m. Berdasarkan data tersebut direncanakan analisis desain perkuatan lereng agar mendapatkan nilai *safety factor* lereng yang aman menggunakan perhitungan manual dan *Software* Plaxis 2D. Dari data tanah menunjukkan bahwa tanah bagian dasar urugan dan tanggul merupakan tanah lempung lunak. Permodelan dilakukan menggunakan software plaxis 2D V8.6 (manual stabilitas lereng sebelum dan sesudah di beri perkuatan). Hasil analisis menunjukkan Berdasarkan hasil perhitungan faktor aman pada eksisting dengan pembebanan sebesar 22kN/m<sup>2</sup>, didapatkan nilai sebesar 1,0734 dan perhitungan manual metode Fellenius sebesar 1,05. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng tidak aman dikarenakan < 1,5. Perhitungan analisis nilai faktor aman pada kondisi lereng yang telah diberi perkuatan Bronjong didapatkan nilai faktor aman sebesar 1,6336 dan perhitungan manual metode Fellenius sebesar 2,25. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi lereng tersebut telah aman dan stabil karena nilai faktor aman > 1,5. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan perkuatan Bronjong ini cukup efektif untuk mendukung daya dukung tanah terhadap beban struktur di atasnya.

### **Keywords:**

*Slope stability; Plaxis; Fellenius method; Safety factor.*

### **ABSTRACT**

*The gabion embankment project is needed to reduce erosion from river flows on roads and settlements in Embacang Gedang village. This embankment has a height of up to 8.5 m. The main material for the embankment uses 2 x 1 x 0.5 m galvanized wire gabions. Based on this data, a slope reinforcement design analysis was planned to obtain a Safety Factor value using manual calculations and Plaxis software. Soil data shows that the soil at the base of the embankment and embankment is soft clay. Modeling was carried out using plaxis 2D V8.6 software (slope stability manual before and after strengthening). The results of the analysis show that based on the results of calculating the existing safety factor with a loading of 22kN/m<sup>2</sup>, a value of 1.0734 was obtained and the manual calculation using the Fellenius method was 1.05. This value indicates that the slope condition is unsafe because it is <1.5. Calculation of the safety factor value analysis for slope conditions that have been reinforced with gabions, obtained a safety factor value of 1.6336 and a manual calculation using the Fellenius method of 2.25. This value indicates that the condition of the slope is safe and stable because the safety factor value is > 1.5. It can be concluded that the use of gabion reinforcement is quite effective in supporting the soil's bearing capacity against the load of the structure above it.*

---

### **PENDAHULUAN**

Alam merupakan komponen penting dalam kehidupan di Indonesia. Secara geografis, Indonesia berada pada posisi Cincin Api Pasifik atau ring of fire, dan bencana alam seperti tanah longsor sering terjadi. Jika gaya dorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan, maka erosi dapat terjadi. Untuk mencegah terjadinya erosi yang disebabkan oleh lereng yang curam, maka diperlukan penguatan stabilitas lereng. Menurut (Setiarno, 2019), kemiringan lereng adalah kemiringan yang menghasilkan baik sudut derajat maupun persentase sudut antara sebidang tanah yang datar dengan sebidang tanah yang lebih tinggi.

Studi Kasus berlokasi di Sungai Batang Tabir Desa Embacang Gedang, Kecamatan. Muara Tabir, Kabupaten Tebo. Sejumlah rumah yang berada di kawasan sekitar lokasi penelitian yang rawan mengalami longsor. Longsor terjadi disebabkan hujan terus mengguyur kawasan dan tidak adanya perkuatan pada lereng. Namun bencana longsor ini tidak mengancam jiwa dan hanya menimbulkan kerugian harta dan benda.

Perkuatan yang dapat dilakukan untuk menghindari dari kelongsoran tanah dalam pekerjaan konstruksi sipil salah satunya menggunakan Bronjong. Struktur yang direncanakan dan dibangun sedemikian rupa sehingga mampu menahan tekanan lateral (horizontal) pada lahan yang miring atau terjal. Bronjong diharapkan dapat mengurangi terjadinya bahaya seperti keruntuhan atau tanah longsor. Dengan menggunakan Plaxis, untuk menganalisis stabilitas Bronjong, dilakukan penelitian untuk mencegah longsor di lereng wilayah tersebut. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini untuk mendapatkan desain perkuatan lereng pada Sungai Batang Tabir di Desa Embacang Gedang, Kecamatan Muara Tabir, Kabupaten Tebo dan mengetahui nilai SF lereng dengan perkuatan Bronjong menggunakan Software Plaxis 2D V8.6 dan perhitungan manual metode Fellenius.

## METODE

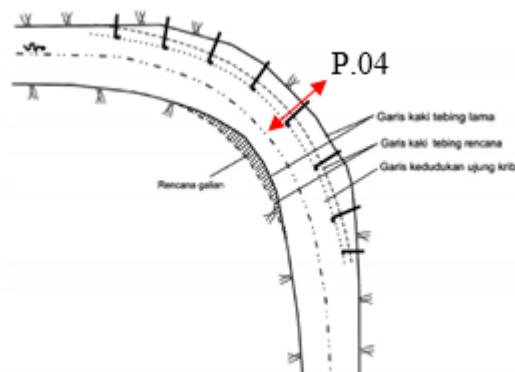
Pekerjaan yang terkait dengan pencegahan tanah longsor melibatkan pengendalian dan penambatan. Tujuan dari pekerjaan pengendalian adalah untuk menurunkan resiko longsor dengan mengubah kondisi alam atau topografi atau status air bawah permukaan, seperti dengan mendirikan dinding penahan tanah:

1. Pengendalian air permukaan (*Surface water drainage*) dengan cara perencanaan tata saluran permukaan, penanaman vegetasi, perbaikan permukaan lereng dan menutup rekahan.
2. Pengendalian air rembesan (*ground water drainage*) dengan saluran terbuka, pengalir regak (*vertical drain*), pengalir datar (*horizontal drain*), pengalir parit pencegat (*interceptor drain*).
3. Pekerjaan peningkatan *counter weight*, dsb

Sedangkan tugas tambat dilakukan oleh struktur yang mampu menjaga kestabilan massa tanah/batuan, seperti penambatan tanah dengan membangun dinding penahan tanah (*retaining wall*), bronjong, sumuran, tiang pancang, *sheet pile*, dsb. Penambatan batuan dengan tumpuan beton, batu batuan (*rock bolt*), pengikat beton, jangkar kabel (*rock anchor*), jala kawat dan beton semprot (*shotcrete*). (SNI 8460, 2017).

Menurut Hardiyatmo (2003), kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari beberapa hal yaitu penambahan beban pada lereng, penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng, perubahan posisi muka air secara cepat, kenaikan tekanan lateral oleh air, penurunan tahanan geser tanah akibat kenaikan kadar air, dsb.

Krib sebagai pelindung tebing secara tidak langsung dari gerusan lokal atau *meander*. *Meander* adalah bentuk yang pada umumnya terjadi berupa sungai yang berkelok-kelok. Untuk mencegah *meander* krib dipasangkan pada lokasi potensi sedemikian rupa sehingga energi yang terdapat pada aliran air akan menabrak krib dan terserap



**Gambar 4.** Perletakan Krib pada Belokan Sungai

Sumber: SNI 2400.1, 2016

Bronjong adalah wadah jaring yang diisi dengan batu-batu kecil. Batubatu tersebut terlalu kecil untuk digunakan secara mandiri, tetapi dalam wadah jaring baja mereka membentuk bahan yang kuat. Bronjong dirancang untuk melindungi tanah di sekitar sungai atau saluran air dari erosi yang disebabkan oleh air yang mengalir. Ada beberapa jenis dimensi brojong yang telah ditetapkan dan telah memenuhi standar menurut SNI 03-0090-1999. Bronjong yang ditumpuk atau bertingkat menciptakan penghalang antara air yang mengalir dan tanah. Bronjong diproduksi dalam tiga bentuk: keranjang, kasur, dan karung. Menempatkan gaya kasur di lereng yang landai membantu melindungi lereng dari erosi tanah dari limpasan air. Keranjang atau karung bronjong yang ditumpuk membentuk dinding vertikal atau struktur teras. (Dawood, 2016)

Teori cerucuk telah dikembangkan oleh Mochtar, IB (2000) dengan menggunakan asumsi bahwa kelompok cerucuk dianggap sebagai kelompok tiang dengan "rigid cap" dimuka tanah yang menerima gaya horizontal. Gaya horizontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi disepanjang bidang gelincir. Beberapa kajian penanganan kelongsoran jalan dan stabilitas talud di lapangan, menunjukkan bahwa cerucuk telah terbukti dapat meningkatkan tahanan geser tanah. Mochtar (2011) juga menjelaskan bahwa apabila overall stability-nya lebih menentukan dalam perhitungan stabilitas turap, maka asumsi yang lebih mendekati kondisi sebenarnya di lapangan adalah asumsi

konstruksi cerucuk. Cerucuk memiliki kemampuan yang lebih dibandingkan turap dalam mengatasi overall stability. Alasannya berdasarkan pada kemampuan cerucuk yang dapat menghambat pergeseran tanah pada bidang longsornya. Cerucuk dapat dipancang sampai melewati bidang runtuh tanpa menghasilkan kelenturan yang berlebih sebagaimana yang terjadi pada turap.

Selain penggunaan cerucuk dan Bronjong, analisis perencanaan desain perkuatan yang digunakan yaitu *soil nailing*. Fungsi dari *soil nailing* adalah untuk memperkuat atau menstabilisasi lereng curam yang ada dan galian dimana proses konstruksi berjalan dari atas ke bawah. *Soil nail* memperoleh aksi perkuatan melalui interaksi dengan deformasi tanah, yang menghasilkan pertambahan kuat tarik pada *soil nail*. Efek dari *soil nailing* adalah untuk meningkatkan gaya normal pada bidang geser sehingga meningkatkan kuat tahanan geser sepanjang bidang gelincir pada gesekan tanah dan mengurangi gaya sepanjang bidang gelincir baik untuk pergeseran tanah maupun kohesi tanah (Budania, 2016)

### Metode Fellenius

Metode analisis yang digunakan sebagai bidang atau permukaan longsor dianggap berbentuk *circular* dan *non circular*. Rumus-rumus dasar telah dikembangkan untuk menganalisis daya dukung dan masalah tekanan tanah oleh Janbu dalam Thyac Korah (2014). Ini merupakan metode irisan (*slice*) pertama dimana seluruh keseimbangan gaya dan keseimbangan momen dipenuhi. Janbu merumuskan persamaan umum keseimbangan dengan menyelesaikan secara vertikal dan sejajar pada dasar tiap-tiap irisan.

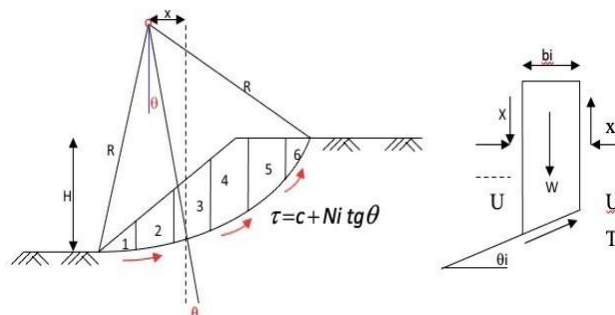
Pendekatan Fellenius, juga dikenal sebagai Metode *Slice Biasa*, diperkenalkan pertama kali oleh Fellenius (Rahmadini dan Tirtakhalasia, 2022). Nilai SF ditentukan oleh keseimbangan momen dengan memperhitungkan fakta bahwa gaya bekerja pada sudut yang tegak lurus dengan dasar baji. Fellenius mengusulkan metodenya dengan membuat asumsi bahwa keruntuhan itu disebabkan oleh rotasi sebidang tanah pada permukaan tanah longsor melingkar, dengan titik O sebagai pusat rotasi. Metode ini mengasumsikan bahwa gaya tipikal besarnya P bekerja di dalam titik fokus baji.

Momen Resistant (MR)

$$SF = \frac{\text{Momen Resistant (MR)}}{\text{Momen (MD)}} \tag{1}$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah  $R \sin \theta$ , maka :

$$\sum Md = R \sum W \sin \theta \tag{2}$$



**Gambar 1.** Gaya-gaya dan asumsi bidang pada tiap pias bidang longsor

Sumber: Das (1994)

Jika terdapat air pada lereng maka tekanan air pori pada daerah yang akan terjadi longsor tidak akan berdampak pada Md. Hal ini dikarenakan gaya yang ditimbulkan oleh tekanan air pori akan melewati pusat lingkaran. (Hardiyatmo, 2010)

$$SF = \frac{\sum c + (W \cos \theta - Ua) \tan \phi}{\sum W \sin \theta} \tag{3}$$

Keterangan :

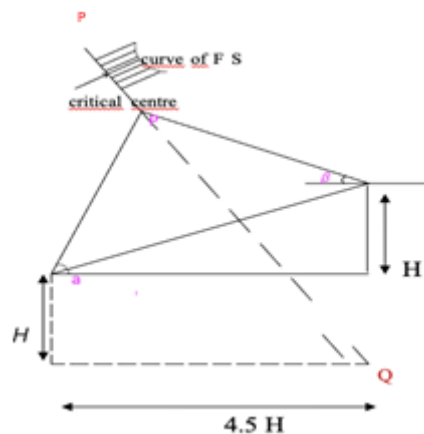
- SF = faktor aman
- C = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)
- φ = sudut gesekan dalam tanah (°)
- A = Panjang bagian lingkaran (m)
- W = berat irisan tanah ke-I (kgm/s<sup>2</sup>)
- U = tekanan air pori (kN/m<sup>2</sup>)
- θ = Sudut yang diidentifikasi dalam gambar (°)

Jika terdapat gaya-gaya selain berat lereng tanahnya sendiri, seperti beban bangunan di atas lereng, maka momen akibat beban ini diperhitungkan sebagai Md.

Metode *Fellinius* memberikan faktor aman yang relatif lebih rendah dari metode elemen hingga. Batas-batas

nilai kesalahan tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. Karena cara hitungannya yang sederhana sehingga kesalahan yang terjadi masih pada batas aman.

Menentukan lokasi titik pusat bidang longsor tujuannya untuk membatasi jumlah waktu yang dihabiskan pengujian untuk mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi pusat stabilitas pada lereng penting dari busur *avalanche*. Rumus yang dirancang oleh Fellenius dapat digunakan sebagai panduan untuk menemukan pusat busur longsor besar. Pada tanah yang homogen, pusat busur longsor berada pada garis P Q, dan titik Q dapat ditentukan dengan menggambar garis sepanjang H ke bawah dari tumit lereng dan jarak horizontal 4,5H, seperti terlihat pada Gambar 2. Dengan istilah lain, garis yang menghubungkan kedua lokasi tersebut adalah PQ. Ketika garis P Q sudah didapatkan, titik-titik untuk percobaan perhitungan terletak pada bidang di atas titik P, dan faktor aman dari masing- masing titik di peroleh dari perhitungan (1).



Gambar 2. Posisi titik pusat busur longsor kritis metode *fellenius*

Sumber: Punmia (1992)

Tabel 1. Sudut – sudut petunjuk menurut Fellenius

Lereng 1 : n	Sudut Lereng 'derajat'	Sudut – sudut petunjuk	
		$\alpha$	$\theta$
3 : 1	60 °	~ 29 °	~ 40 °
1 : 1	45 °	~ 28 °	~ 38 °
1,5 : 1	33 ° 41 '	~ 26 °	~ 35 °
2 : 1	25 ° 34 '	~ 25 °	~ 35 °
3 : 1	18 ° 26'	~ 25 °	~ 35 °
5 : 1	11 ° 19'	~ 25 °	~ 37 °

Sumber : Punmia (1992)

### Metode Elemen Hingga/Plaxis

Plaxis adalah program komputer yang melakukan analisis metode elemen hingga di dalam dunia rekayasa geoteknik, seperti deformasi, stabilitas, dan aliran air. Pendekatan elemen hingga digunakan untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai macam aplikasi geoteknik.. Analisis diperlukan untuk analisis program komputer menggunakan metode elemen hingga. Metode elemen hingga lebih unggul untuk membatasi metode keseimbangan batas karena kekuatan membentuk geometri yang kompleks dan rumit, kondisi air, serta banyak nilai parameter tanah yang harus diisikan kedalam software pemrograman agar bisa mempertimbangkan hubungan tegangan-regangan dari tanah (Azanna, 2021). Metode untuk geometri elemen hingga sering dibagi menjadi tiga kelompok:

#### 1. Axisymmetry

Permodelan *axisymmetry* digunakan untuk struktur yang simetris, seperti tiang pancang, verifikasi PVD.

#### 2. Plane strain

Permodelan *Plane strain* biasanya digunakan untuk struktur permodelan struktur memanjang, misalnya dinding penahan tanah, badan jalan dan verifikasi PVD.

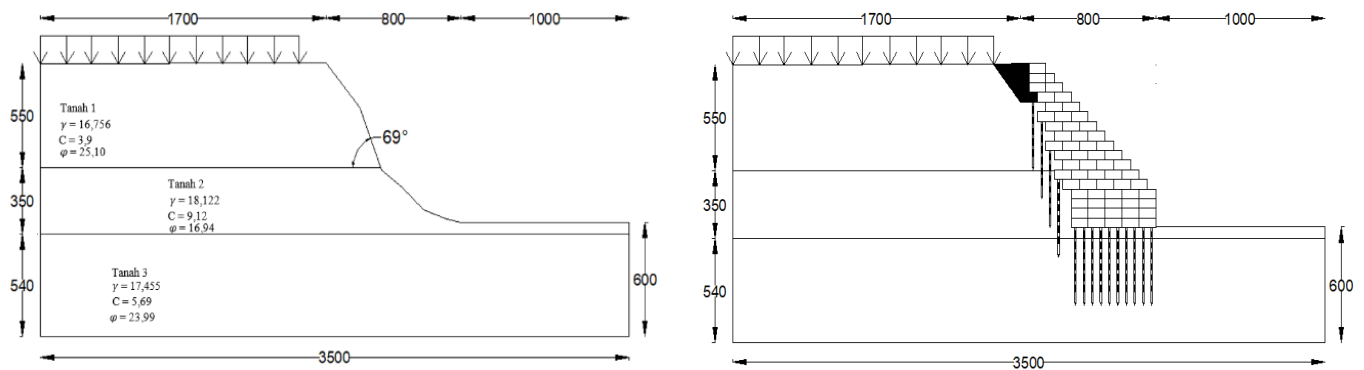
#### 3. Plane stress

Permodelan *Plane stress* biasanya digunakan untuk permodelan portal.

Prosedur masukan memungkinkan fasilitas keluaran yang disempurnakan dan menyediakan penyajian komputasi mendetail, dalam perhitungan plaxis 2D terdapat beberapa faktor pengali seperti Mdisp (momen perpindahan), Mload (momen beban), Mweight (momen berat), Maccal (momen percepatan), dan Msf (momen faktor aman).

**HASIL**

Pemilihan lokasi analisis yaitu pada P.04 yang merupakan lereng paling curam (ekstrim), sehingga dapat mewakili lereng lainnya, dapat dilihat pada lampiran 1. Permodelan Lereng dibuat menggunakan *Autocad* dengan Standar Geometri Permodelan Lereng. Data yang digunakan merupakan data sekunder, detail permodelan dibuat dengan kedalaman H=14,40 m dengan lapisan tanah terdiri dari 3 lapisan, maka dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Permodelan lereng

Sumber : Data Olahan (2024)

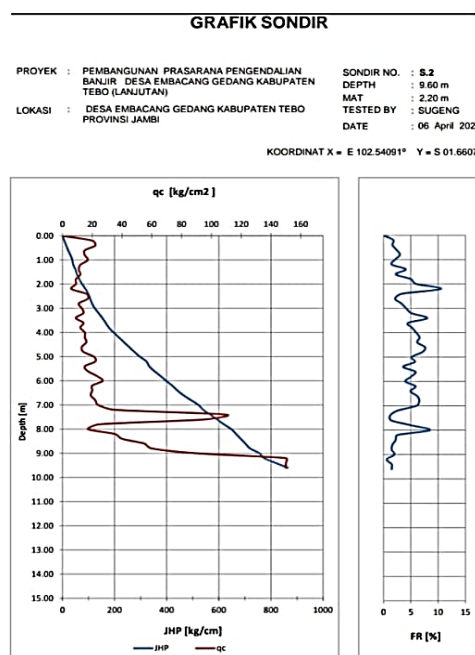
Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari pihak-pihak terkait yang digunakan untuk dasar perhitungan perencanaan Bronjong. Data yang digunakan yaitu data tanah, data *cross section*, dan data lainnya yang diperlukan.

Data tanah yang diperoleh merupakan data hasil penyelidikan tanah serta pengambilan sampel di lapangan yang berlokasi di Desa Embacang Gedang, Kecamatan Muara Tabir, Kabupaten Tebo Jambi dapat dilihat pada Tabel 2., penyelidikan tanah dimaksud untuk mendapatkan besaran parameter ,sifat fisis dan sifat teknis dari tanah. Titik pengambilan data sondir pada Elevasi +30.710 sedalam 9,60 m. Adapun data hasil pengujian tanah yang diperoleh dari PT. Buana Khatulistiwa pada tahun 2023 dengan hasil grafik sondir dapat dilihat pada Gambar 6. berikut ini :

**Tabel 2.** Tebal Lapisan dan Jenis Tanah pada Lokasi P.04

No	Kedalaman(m)	Tebal Lapisan (m)	Jenis Tanah
1	0-5,50	5,50	Lempung Lunak
2	5,50-9,00	3,50	Lempung Pasir Agak Lunak
3	9,00-14,50	5,50	Batuan Pasir Keras

Sumber : PT. Buana Khatulistiwa (2023)



**Gambar 6.** Grafik sondir

Sumber: PT. Buana Khatulistiwa (2023)

Analisis nilai  $q_c$  dan  $F_r$  menurut Bowles (1977) bahwa terdapat hubungan antara kedua parameter tersebut di berbagai jenis tanah. Sehingga, bisa teridentifikasi tentang kondisi tanah diwilayah tersebut. Data sondir yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.

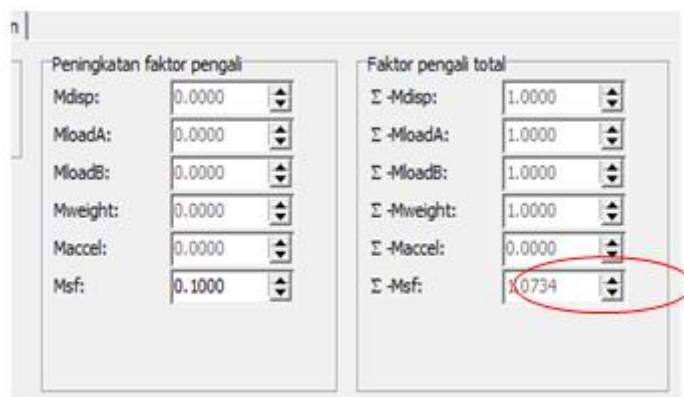
**Tabel 3.** Parameter Tanah

Lapisan	Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$ ( $kN/m^3$ )	$\gamma_{dry}$ ( $kN/m^3$ )	$c$ ( $kN/m^2$ )	$\Phi$ ( $^\circ$ )	$E$ ( $kN/m^3$ )	$V$
1	Lempung Lunak (Soft Clay)	16,759	11,189	3,9	25.10	5000	0.3
2	Lempung Pasir Agak Lunak (Dense Sands)	18,112	11,170	9,12	16.94	15000	0.3
3	Batuan Pasir Keras	17,455	13,278	5,69	23.99	60000	0.35

Sumber : PT. Buana Khatulistiwa (2023)

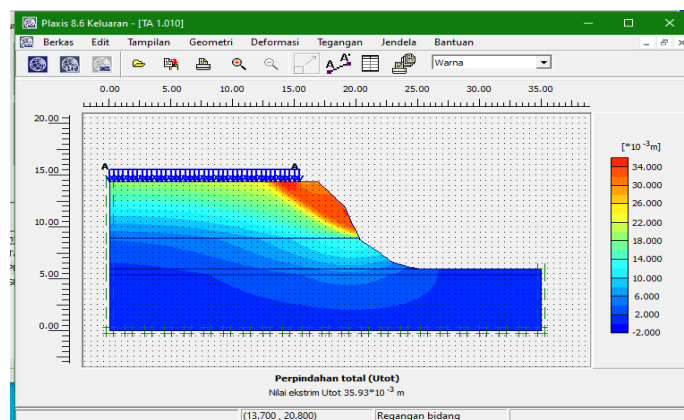
1. Perhitungan Plaxis (Lereng Eksisting)

Pada kondisi awal lereng didapatkan hasil analisis faktor aman yaitu 1,0734, dengan nilai aman  $< 1,5$  maka kondisi lereng tidak aman/runtuh. Maka dari itu harus dilakukan perkuatan lereng dengan desain yang telah direncanakan.



**Gambar 7.** Faktor aman kondisi awal lereng

Sumber : Data Olahan (2024)

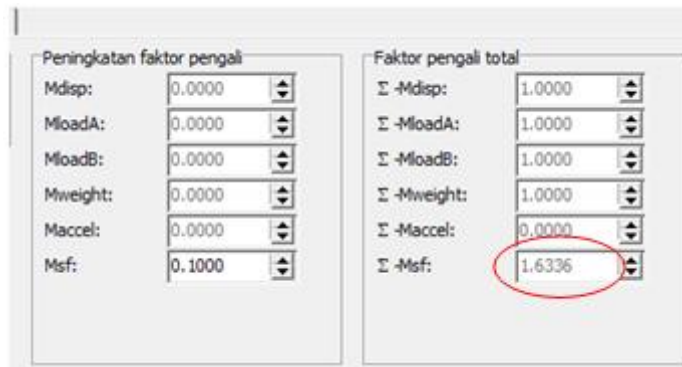


**Gambar 8.** Deformasi awal lereng

Sumber: Data Olahan (2024)

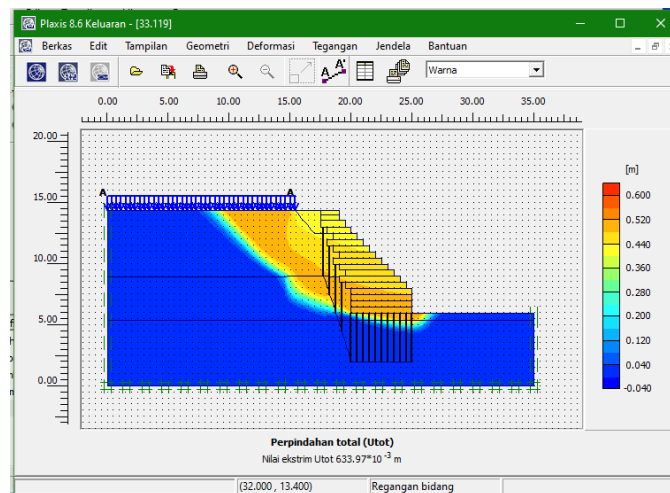
2. Perhitungan Plaxis (Lereng Dengan Perkuatan Bronjong)

Untuk nilai faktor aman (*Safety Factor*) dengan perkuatan Bronjong didapat dengan *Plaxis Calculation* yaitu senilai  $1,6336 > 1,5$  maka lereng dinyatakan aman. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



**Gambar 9.** Faktor aman lereng dengan perkuatan Bronjong

Sumber: Data Olahan (2024)

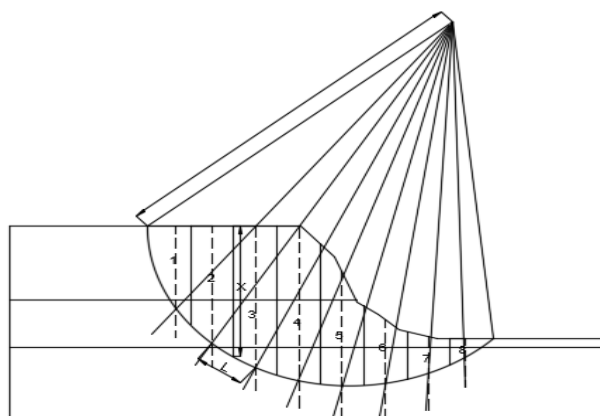


**Gambar 10.** Deformasi lereng dengan perkuatan Bronjong

Sumber: Data Olahan (2024)

### 3. Perhitungan Manual *Fellenius* (Lereng Eksisting)

Analisis hitungan manual untuk stabilitas lereng asli digunakan irisan *Fellenius*, dimana metode tersebut berdasarkan daerah potensial keruntuhan. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Irisan daerah keruntuhan tanah awal lereng

Sumber: Data Olahan (2024)

**Tabel 4. Data Irisan**

No	Jarak irisan (L) (m)	H			$\alpha$ (°)	$\sum (C \times L)$	$\sum \tan \theta$	Luas (m)
		Tanah <sub>1</sub>	Tanah <sub>2</sub>	Tanah <sub>3</sub>				
1	7,77	5,51	0,59	0	37	101.16	0.77	92,81
2	3,49	5,51	3,19	0	30	45.43	0.77	216,56
3	2,87	5,51	3,55	1,49	24	53.69	0.87	264,15
4	2,62	5,51	3,55	2,47	19	49.02	0.87	282,09
5	2,54	2,13	3,55	2,86	13	47.52	0.87	209,88
6	2,57	0	2,04	2,70	8	38.06	0.40	118,43
7	2,75	0	0,75	1,96	3	40.72	0.40	67,3
8	3,19	0	0,60	0,82	2	47.24	0.40	24,55
		$\sum$				<b>422.84</b>	<b>5.35</b>	<b>1275,77</b>

Sumber: Data Olahan (2024)

**Tabel 5. Perhitungan Irisan Total**

No	$W_1 = \gamma \times b \times h$	$W_2 = \gamma \times x \times b \times h$	$W_3 = \gamma \times b \times h$	$W_{tot} = W_1 + W_2 + W_3$	$\alpha$ (°)	Radian ( $\alpha$ )	Sin (Rad)	Cos (Rad)	$W_t * \sin(\alpha)$	$W_t * \cos(\alpha)$
1	717,5	83,07	0,00	800,57	37	0,64	0,01	0,99	8,81	759,56
2	322,27	201,64	0,00	523,91	30	0,52	0,009	0,99	4,71	523,38
3	265,02	184,53	74,64	524,19	24	0,41	0,007	0,99	3,67	523,66
4	241,93	168,45	112,95	523,33	19	0,33	0,005	0,99	2,61	522,8
5	90,66	163,31	128,8	382,77	13	0,22	0,003	0,99	1,14	382,38
6	0,00	94,95	121,12	216,07	8	0,13	0,002	0,99	0,43	215,85
7	0,00	37,35	94,08	131,43	3	0,05	0,0009	0,99	0,11	131,29
8	0,00	34,66	45,65	80,31	2	0,03	0,0005	0,99	0,04	80,23
Total	1637,63	967,96	577,24	3182,58	136	2,33	0,0374	7,92	21,52	3139,15

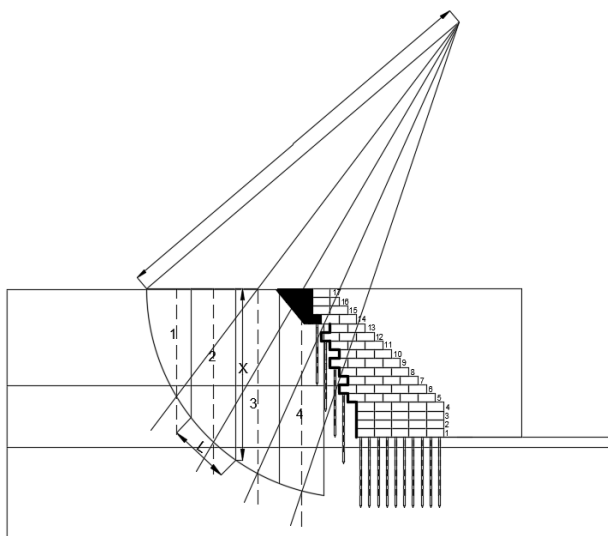
Sumber: Data Olahan (2024)

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{(c \times L) + (W_t \cdot \cos \cdot \tan \theta)}{(w_t \cdot \sin) + (Beban \times luas)} \\
 &= \frac{(422.84) + (3139.15 \times 5.35)}{21.52 + (22 \times 1275.77)} \\
 &= 1,05 > 1,5 \rightarrow \text{Tidak Aman}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai SF sebesar 1,05 maka lereng dinyatakan tidak aman karna tidak memenuhi syarat angka aman yaitu >1,5 maka diperlukan perkuatan pada lereng.

4. Analisis Hitungan Manual Fellenius Setelah diberi perkuataan

Analisis hitungan manual untuk stabilitas lereng Bronjong digunakan irisan *Fellenius*. Dimana metode tersebut berdasarkan daerah potensial keruntuhan. Untuk perhitungan dapat dilihat pada uraian dibawah ini pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Irisan daerah keruntuhan tanah setelah diberi perkuataan

Sumber : Data Olahan (2024)



**Tabel 6. Data Irisan**

No	(L) jarak irisan (m)	H (m)				$\alpha$ (°)	$\sum (C \times L)$	$\sum \tan \theta$	Luas (m)
		Tanah <sub>1</sub>	Tanah <sub>2</sub>	Tanah <sub>3</sub>	Tanah Timbunan				
1	7,77	5,51	0,59	0	0	37	101.16	0.77	92,81
2	3,49	5,51	3,19	0	0	30	45.43	0.77	216,56
3	2,87	5,51	3,55	1,49	0	24	53.69	0.87	264,15
4	2,62	5,51	3,55	2,47	1,96	19	101,42	0.87	282,09
$\sum$							301,7	3,28	855,61

Sumber : Data Olahan (2024)

**Tabel 7. Perhitungan Irisan Total**

No	$W_1 = \gamma \times L \times h$	$W_2 = \gamma \times L \times h$	$W_{tt} = \gamma \times L \times h$	$W_{tot} = W_1 + W_2$	$\alpha$ (°)	Radian ( $\alpha$ )	Sin (Rad)	Cos (Rad)	$W_t \times \sin(\alpha)$	$W_t \times \cos(\alpha)$
1	717,5	83,07	0,00	800,57	37	0,64	0,01	0,99	8,81	759,56
2	322,27	201,64	0,00	523,91	30	0,52	0,009	0,99	4,71	523,38
3	265,02	184,53	74,64	524,19	24	0,41	0,007	0,99	3,67	523,66
4	241,93	168,45	112,95	523,33	19	0,33	0,005	0,99	2,61	522,8
$\sum$	1546,97	637,69	187,59	2372	110	1,9	0,031	3,96	19,8	2329,4

Sumber : Data Olahan (2024)

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{(c \times L) + (W_t \cos \theta)}{(w_t \sin) + (Beban \times luas)} \\
 &= \frac{(301,7) + (2329,4 \times 3,28)}{19,8 + (22 \times 855,61)} \\
 &= 1,751 > 1,5 \rightarrow \text{Aman}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang telah diberi perkuatan didapatkan nilai SF sebesar 1,751 yaitu >1,5. Maka lereng dinyatakan aman.

**Pembahasan**

Analisis lereng sungai Batang Tabir dilakukan untuk mengetahui nilai angka aman, lereng pada BM.04 dianggap paling ekstrim sehingga dapat mewakili semua lereng. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis kondisi awal lereng dan kondisi lereng dengan perkuatan Bronjong. Keadaan tersebut dianalisis dengan tujuan untuk membandingkan hasil keduanya. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan metode Fellenius dan program Plaxis 2D V8.6.

Dari hasil perhitungan Plaxis kondisi awal lereng dengan pengaruh berat air 10 kN/m<sup>3</sup> diatas didapatkan nilai SF = 1,0734 sedangkan nilai faktor aman analisis perhitungan manual metode Fellenius sebelum diberi perkuatan di dapatkan nilai SF = 1,05, analisis keduanya terlihat bahwa lereng tersebut tidak memenuhi dari persyaratan faktor aman yaitu >1,5. Sehingga diperlukan adanya perbaikan terhadap lereng yaitu dilakukan perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah tipe Bronjong.

Pada kondisi lereng dengan perkuatan Bronjong Type 2 x 1 x 0.5 dan ketinggianya adalah 8,5 m membuat stabilitas lereng menjadi lebih aman dengan hasil >1,5. Dianalisis menggunakan program Plaxis didapatkan nilai SF = 1,6336. Sedangkan untuk hasil analisis hitungan manual metode Fellenius setelah diberi perkuatan didapatkan nilai SF = 2,25.

**SIMPULAN**

Hasil analisis didapatkan kesimpulan bahwa direncanakan perkuatan Bronjong sesuai SNI 03-0090-1999 yaitu Type 2 x 1 x 0.5 dan ketinggianya adalah 8 m membuat stabilitas lereng menjadi lebih aman dengan kontrol terhadap geser SF = 1.74 >1,5 dan guling SF = 2.18 >1,5. Ukuran Cerucuk digunakan diameter 10 - 12 cm, asumsi cerucuk terpancang sedalam 3,8 m (sisa 0,2 m untuk bagian yang masuk ke dalam bronjong), Bottom level bronjong = 26,250, luas penampang cerucuk (Ac) = 78.5 cm<sup>2</sup>, dan keliling cerucuk (Kc) = 31,4 cm, jumlah cerucuk yang digunakan adalah 27 batang.

Berdasarkan hasil perhitungan faktor aman pada kondisi eksisting lereng dengan pembebanan pada muka tanah lereng sebesar 22 kN/m<sup>2</sup>, dengan menggunakan analisis Software Plaxis didapatkan nilai sebesar 1,0734 dan perhitungan manual metode Fellenius sebesar 1,05. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng masih kurang aman dikarenakan nilai faktor aman < 1,5. Perhitungan analisis nilai faktor aman pada kondisi lereng yang telah diberi perkuatan Bronjong dengan menggunakan analisis Software Plaxis didapatkan nilai faktor aman sebesar 1,6336 dan perhitungan manual metode Fellenius sebesar 1,751. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi lereng tersebut aman dan stabil karena nilai faktor aman > 1,5. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan perkuatan Bronjong ini cukup efektif untuk mendukung daya dukung tanah terhadap beban struktur diatasnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azanna, D.O., 2021, Agustus. Analisis Stabilitas Lereng Tiga Dimensi., Jurnal Talentas Sipil, 4(2). Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip/ Rekayasa Geoteknis)* Jakarta: Erlangga
- Bowles, J.E. (1997). *Analisis dan desain Pondasi Jilid 2*. Jakarta; Erlangga
- Budania, R., Arora, R. P., & Ce, C. (2016). Soil nailing for slope stabilization: an overview. *International Journal of Engineering Science*, 3877.
- Dawood, O. (2016). Experimental study of structural behavior of mesh-box Gabion. *University of Palestine*.
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika tanah I* edisi 3, Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Teknik Pondasi II*. Gadjah Mada University, Yogyakarta
- Korah, T., Turangan, A. E., & Sarajar, A. N. (2014). Analisis kestabilan lereng dengan metode janbu (studi kasus: kawasan citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1).
- Mochtar, I. B., (2000), *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)*, Penerbit Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, Surabaya.
- Mochtar, I. B., (2011), *Kajian Kelongsoran Jalan dan Stabilitas Talud Pada Proyek Pembangunan Jalan dengan Turap, Sepanjang Lokasi Jln.Marsma.Iswahyudi, STA 0+000 s/d 0+796, Kota Tanjung Redeb, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Laporan Penyelidikan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat LPPM, ITS, untuk Pemkab Berau.*
- Punmia, B. C. (1992). *Reinforced Concrete Structures Vol. I*. Firewall Media.
- Rahmadini, R., & Tirtakhalisha, T. D. (2022). Analisis Stabilitas Tanah Lereng Dengan Perkuatan *Sheet Pile* Menggunakan Plaxis V. 8 Dan Metode *Fellenius* (Studi Kasus: Gedung *Gandhi Memorial Intercontinental School*, Semarang, Jawa Tengah) (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Sultan Agung).
- SNI 2400.1: 2016. Tata Cara Perencanaan Krib di Sungai-Bagian, 1.
- SNI 8460, 2017. Persyaratan perancangan geoteknik