



The 7<sup>th</sup> Conference on Innovation and Application of Science and Technology  
(CIASTECH)

Website Ciastech 2024 : <https://ciastech.net>  
Open Conference Systems : <https://ocs.ciastech.net>  
Proceeding homepage : <https://ciastech.net>

P-ISSN : 2622-1276  
E-ISSN: 2622-1284

## PENGARUH FLAT CONCRETE SHEET PILE TERHADAP KONSTRUKSI BRONJONG KAWAT DI KALI JEROAN KABUPATEN MADIUN

Emanuel Geo Pradipta<sup>1\*</sup>, Seno Aji<sup>2)</sup>, Hendro Susilo<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Madiun

### INFORMASI ARTIKEL

#### **Data Artikel :**

Naskah masuk, 21 November 2024  
Direvisi, 6 Desember 2024  
Diterima, 20 Desember 2024

#### **Email Korespondensi :**

pradiptageo8@gmail.com

### ABSTRAK

Pembangunan konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun berfungsi sebagai dinding penahan tanah pada saat terjadi banjir. Konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun menggunakan flat concrete sheet pile (FCSP), sehingga perlu dilakukan analisis pengaruh FCSP terhadap konstruksi bronjong kawat. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh FCSP terhadap bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun terhadap faktor aman stabilitas geser, faktor aman stabilitas guling, dan faktor aman daya dukung tanah pada saat keadaan normal dan banjir. Berdasarkan hasil analisis faktor aman bronjong kawat, perbandingan konstruksi bronjong kawat menggunakan FCSP dan tanpa FCSP saat keadaan normal memiliki faktor aman stabilitas geser (FSgs), stabilitas guling (FSgl), dan daya dukung tanah (FSddt) sebesar 1,50 dan 4,41; 39,75 dan 39,75; 3,10 dan 1,62. Sedangkan perbandingan konstruksi bronjong kawat menggunakan FCSP dan tanpa FCSP saat keadaan banjir memiliki faktor aman stabilitas geser (FSgs), stabilitas guling (FSgl), dan daya dukung tanah (FSddt) sebesar 1,78 dan 7,71; 2,17 dan 2,17; 3,10 dan 1,62. Sehingga penggunaan FCSP pada konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun konstruksi bronjong kawat mempengaruhi faktor aman terhadap stabilitas geser dan daya dukung tanah.

**Kata Kunci :** *dinding penahan tanah, flat concrete sheet pile, bronjong, stabilitas*

### 1. PENDAHULUAN

Kali Jeroan yang terletak di Kabupaten Madiun memegang peranan vital dalam kehidupan masyarakat. Sungai ini bukan hanya merupakan sumber air, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan bagi penduduk lokal. Akan tetapi, Kali Jeroan sering mengalami

masalah erosi dan kerusakan tepian sungai akibat tingginya debit sungai pada saat terjadi banjir. Untuk mengatasi masalah tersebut, Pemerintah pada tahun 2023 membangun konstruksi bronjong kawat pada tebing sungai yang rawan terhadap terjadi erosi.

Tanah longsor (landslides) merupakan suatu peristiwa yang biasa terjadi pada kondisi lereng-lereng alam (natural slopes) maupun pada lereng buatan manusia (man made slopes). Pada akhir musim penghujan, peristiwa longsor merupakan bencana alam yang mempunyai frekuensi terjadinya sangat tinggi sehingga peristiwa longsor sering sekali dikaitkan dengan frekuensi curah hujan yang tinggi [10]. Tanah longsor pada umumnya dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kondisi tanah, kondisi geometri lokasi, pola drainase, kondisi vegetasi tumbuhan dan kondisi geologi local [4].

Dinding penahan tanah dari bronjong dikategorikan sebagai dinding gravitasi (gravity wall) karena mengunggulkan berat konstruksinya sendiri dalam menahan tekanan tanah lateral [6]. Dinding bronjong perlu didesain untuk memastikan stabilitas lokal dan stabilitas lereng secara keseluruhan [13]. Stabilitas lokal dinding bronjong dipastikan dengan memeriksa faktor aman terhadap kegagalan dinding bronjong itu sendiri, seperti penggulingan, pergeseran, dan daya dukung tanah.



**Gambar 1.** Bronjong Kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun

Pada gambar 1, dapat dilihat bahwa bronjong kawat digunakan sebagai dinding penahan tanah pada Kali Jeroan Kabupaten Madiun dengan bangunan konstruksi bronjong kawat. Bronjong kawat adalah anyaman kawat baja membentuk kotak atau balok yang bagian dalamnya diisi dengan batu dengan ukuran tertentu [1].

Keunggulan bronjong yaitu merusak konstruksi dasar karena fleksibel mudah mengikuti pergerakan tanah yang ada dibawahnya tanpa membuat rusak pada konstruksi dasar. Bronjong terbuat dari tumpukan batu-batu didalam, sehingga memungkinkan air mengalir melalui sela-sela membuat tekanan tanah akan berkurang. Selain itu, bronjong memiliki harga yang lebih ekonomis karena dalam pembuatannya [8].

Kelemahan terbesar dari penggunaan dinding penahan tanah berupa bronjong adalah tidak tahan pada kondisi tanah dengan PH yang rendah atau tanah yang bersifat asam karena kondisi tersebut

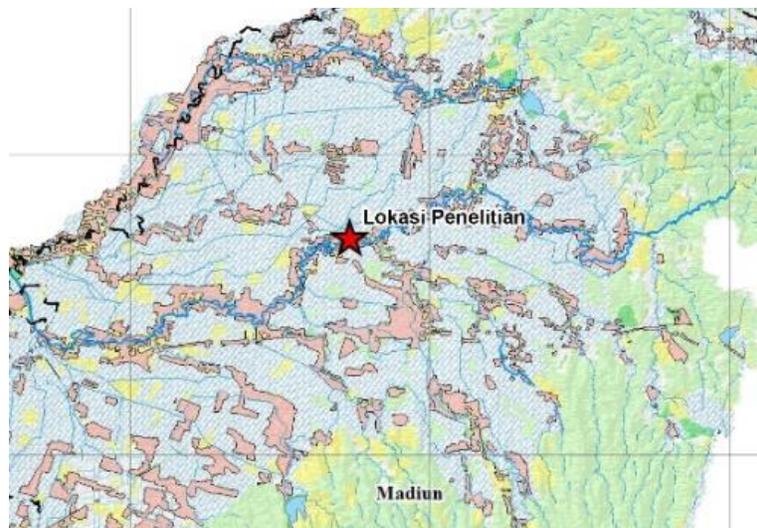
dapat menyebabkan korosi pada kawat bronjong yang mengurangi sifat daktail dari bronjong tersebut [3].

Pembangunan pondasi bronjong kawat menggunakan flat concrete sheet pile (FCSP). Pada awalnya, sheet pile bertujuan untuk menahan tekanan tanah horizontal. Tekanan tanah lateral di belakang dinding penahan tanah bergantung kepada kuat geser tanah [11].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh flat concrete sheet pile (FCSP) pada konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun terhadap faktor aman stabilitas geser, stabilitas guling, dan daya dukung tanah pada saat keadaan normal dan keadaan banjir.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian membahas mengenai pengaruh FCSP pada bronjong kawat yang dilaksanakan pada di Kali Jeroan, Desa Purworejo, Kecamatan Pilangkenceng, Kabupaten Madiun.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, lokasi penelitian berada di Kali Jeroan, Desa Purworejo, Kecamatan Pilangkenceng, Kabupaten Madiun dengan koordinat  $7^{\circ}31'23.3''$ LS dan  $111^{\circ}38'40.6''$ BT. Metode penelitian dimulai dengan pengumpulan data, kemudian melakukan perhitungan secara manual menggunakan Microsoft Excel. Parameter yang digunakan antara lain muka air tanah, tinggi muka air banjir, data mekanika tanah, dan kombinasi beban yang bekerja pada bronjong kawat. Data tanah didapat dari hasil pengeboran tanah dan pengujian laboratorium mekanika tanah. Data uji laboratorium mekanika tanah dilakukan hingga kedalaman 12 m dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan data material didapat dari penelitian terdahulu. Data material yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Tabel Data Mekanika Tanah

No	Kedalaman		Jenis Tanah	$\gamma_b$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$c$
	$z_1$ (m)	$z_2$ (m)		( $\text{kN/m}^3$ )	( $\text{kN/m}^3$ )	(derajat/ $^{\circ}$ )	( $\text{kN/m}^2$ )
1	4	9	Lempung kelanauan	16,8	20,81	3,9	48,05
2	9	11	Lempung kelanauan	16,9	21,21	5,2	65,70

Sumber: Uji Laboratorium

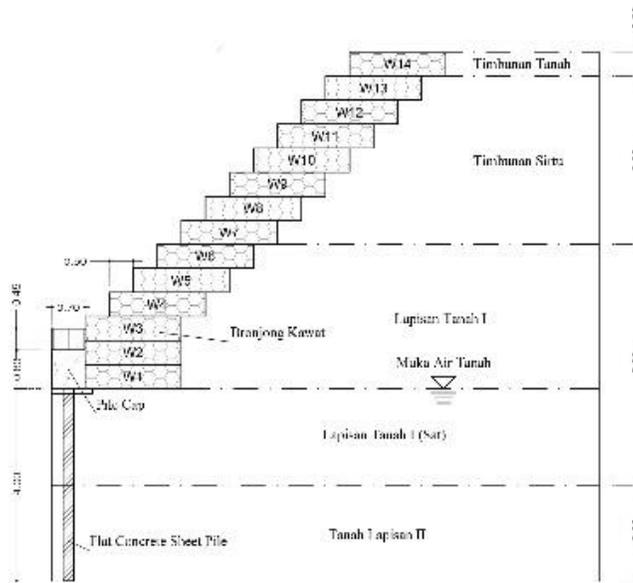
Dalam tabel 1 dijelaskan bahwa pada kedalaman 4 – 9 m dibawah permukaan tanah merupakan lapisan tanah I, memiliki berat jenis normal ( $\gamma_b$ )16,8 kN/m<sup>3</sup>, berat jenis tanah jenuh air ( $\gamma_{sat}$ ) 20,81 kN/m<sup>3</sup>, sudut geser tanah ( $\phi$ ) 3,9°, dan kohesi (c) 48,05 kN/m<sup>2</sup>. Kemudian lapisan tanah II berada pada kedalaman 9 – 11 m dibawah permukaan tanah, memiliki berat jenis normal ( $\gamma_b$ )16,9 kN/m<sup>3</sup>, berat jenis tanah jenuh air ( $\gamma_{sat}$ ) 21,21 kN/m<sup>3</sup>, sudut geser tanah ( $\phi$ ) 5,2°, dan kohesi (c) 65,70 kN/m<sup>2</sup>.

Tabel 2. Tabel Data Material

No	Jenis Material	$\gamma_b$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (derajat/°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Sumber
1	Bronjong (Batu Belah)	15	-	-	-	PPIUG, 1983
2	Beton Bertulang	24	-	-	-	PPIUG, 1983
3	Timbunan Tanah	17,05	25	38	19,1	BBWS Bengawan Solo, 2017
4	Timbunan Sirtu	15,31	23,81	35	-	Fansuri, 2018

Sumber: Penelitian

Dalam tabel 2 dijelaskan bahwa jenis-jenis material yang terdapat pada konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun terdiri dari bronjong (batu belah) memiliki berat jenis normal ( $\gamma$ )15 kN/m<sup>3</sup> dan beton bertulang memiliki berat jenis ( $\gamma$ ) 24 kN/m<sup>3</sup>. Kemudian timbunan tanah memiliki berat jenis normal ( $\gamma_b$ ) 17,05 kN/m<sup>2</sup>, berat jenis tanah jenuh air ( $\gamma_{sat}$ ) 25 kN/m<sup>2</sup>, sudut geser tanah ( $\phi$ ) 38°, dan kohesi (c) 19,1 kN/m<sup>2</sup>. Terakhir timbunan pasir batu atau sirtu memiliki berat jenis normal ( $\gamma_b$ ) 15,31 kN/m<sup>2</sup>, berat jenis tanah jenuh air ( $\gamma_{sat}$ ) 23,81 kN/m<sup>2</sup>, sudut geser tanah ( $\phi$ ) 35°. Konstruksi bronjong kawat terdiri dari 14 lapisan yang berukuran 2 x 1 x 0,5 m. Pemasangan bronjong kawat dibuat bertingkat dengan memiliki ketinggian 7 m. Flat concrete sheet pile (FCSP) berukuran 220 mm x 500 mm dengan panjang 4 m. Perletakan flat concrete sheet pile (FCSP) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan

Berdasarkan gambar 3, timbunan tanah berada pada kedalaman 0 - 0,5 m dari muka tanah, timbunan pasir batu atau sirtu berada pada kedalaman 0,5 - 4 m, lapisan tanah I berada pada kedalaman 4 – 9 m, dan lapisan tanah II berada pada kedalaman 9 – 11 m. Dimana terdapat muka air tanah pada kedalaman 7 m.

Tahapan penelitian dilakukan berdasarkan SNI 8460: 2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik dengan menghitung faktor aman terhadap stabilitas geser ( $FS_{gs} \geq 1,5$ ), stabilitas guling ( $FS_{gl} \geq 2$ ), dan daya dukung tanah ( $FS_{dat} \geq 3$ ).

Stabilitas terhadap geser menghitung perlawanan gaya lateral yang terjadi pada bidang kontak antara tanah dasar dinding penahan tanah dengan tanah dasar pondasi menggunakan persamaan 1 dan 2 [7].

$$FS_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \quad (1)$$

dengan  $FS_{gs}$  adalah faktor aman terhadap gaya geser,  $\Sigma R_h$  adalah tahanan dinding penahan tanah terhadap geser (kN),  $\Sigma P_h$  adalah jumlah tekanan horizontal (kN).

$$\Sigma R_h = c \cdot B + \Sigma W \cdot tg\varphi \quad (2)$$

dengan  $\Sigma R_h$  adalah tahanan dinding penahan tanah terhadap geser (kN/m),  $\Sigma W$  adalah total gaya berat sendiri dinding penahan tanah (kN),  $B$  adalah lebar dasar pondasi (m),  $c$  adalah kohesi (kN/m<sup>2</sup>),  $\varphi$  adalah sudut geser (°). Stabilitas terhadap momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah diatas fondasi menggunakan persamaan 3 [7].

$$SF_{gl} = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \quad (3)$$

dengan  $FS_{gl}$  adalah faktor aman terhadap momen guling,  $\Sigma M_t$  adalah momen tahan terhadap guling (kN),  $\Sigma M_g$  adalah momen yang mengakibatkan guling (kN). Analisis keruntuhan kapasitas dukung dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan bersifat plastis [7], beban ultimit per satuan luas dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot N_\gamma \quad (4)$$

dengan  $q_u$  adalah beban ultimit (kN/m<sup>2</sup>),  $D_f$  adalah kedalaman pondasi (m),  $\gamma$  adalah berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>),  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  adalah faktor kapasitas dukung tanah (fungsi  $\varphi$ ). Dalam analisis kapasitas dukung tanah, terdapat beberapa perhitungan yang perlu diketahui yaitu kapasitas dukung ultimit neto ( $q_{un}$ ), tekanan pondasi neto ( $q_n$ ), dan faktor aman daya dukung tanah ( $FS_{dat}$ ) menggunakan persamaan 5, persamaan 6, dan persamaan 7 [7].

$$q_{un} = q_u - \gamma \cdot D_f \quad (5)$$

dengan  $q_{un}$  adalah beban ultimit neto (kN/m<sup>2</sup>),  $q_u$  adalah beban ultimit (kN/m<sup>2</sup>),  $\gamma$  adalah berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>),  $D_f$  adalah kedalaman pondasi (m).

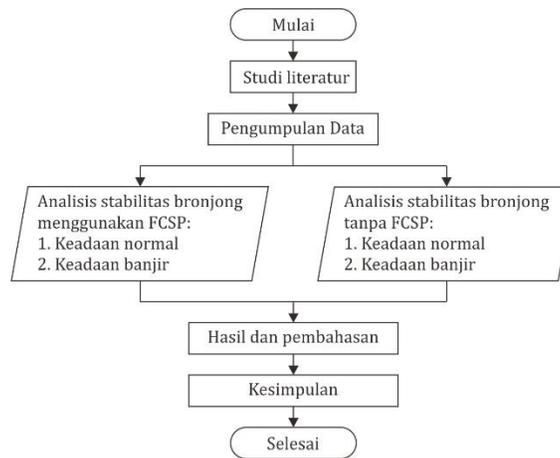
$$q_n = q - \gamma \cdot D_f \quad (6)$$

dengan  $q_n$  adalah tekanan pondasi neto (kN/m<sup>2</sup>),  $q$  adalah beban yang bekerja (kN/m<sup>2</sup>),  $\gamma$  adalah berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>),  $D_f$  adalah kedalaman pondasi (m).

$$SF_{dat} = \frac{q_{un}}{q_n} \quad (7)$$

dengan  $FS_{dat}$  adalah Faktor aman daya dukung tanah,  $q_{un}$  adalah beban ultimit neto (kN/m<sup>2</sup>),  $q_n$  adalah tekanan pondasi neto (kN/m<sup>2</sup>),  $q_u$  adalah beban ultimit (kN/m<sup>2</sup>),  $D_f$  adalah kedalaman pondasi (m),  $\gamma$  adalah berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>).

Penelitian pengaruh flat concrete sheet pile (FCSP) menggunakan perhitungan pada saat bronjong keadaan normal dan tertutup muka air banjir. Sehingga diagram alir pengaruh flat concrete sheet pile (FCSP) di Kali Jeroan Kabupaten Madiun dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir analisis

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Tekanan pada bronjong kawat menggunakan fcsp

Penelitian tekanan pada bronjong kawat menggunakan FCSP yaitu penelitian yang berguna untuk menghitung faktor aman bronjong kawat terhadap stabilitas geser, stabilitas guling, dan daya dukung tanah dengan menggunakan FCSP sebagai bagian dari pondasi. Hasil perhitungan tekanan dan momen yang bekerja pada bronjong kawat menggunakan FCSP di Kali Jeroan Kabupaten Madiun yaitu sebagai berikut:

##### a. Perhitungan Berat Sendiri

Perhitungan berat sendiri terdiri dari berat bronjong kawat, berat tanah bawah bronjong, dan berat konstruksi flat concrete sheet pile (FCSP) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan Berat Sendiri Menggunakan FCSP

No	Material	$\Sigma W$ (kN)
1	Bronjong kawat	210,00
2	Tanah bawah bronjong	359,17
3	FCSP	39,93
<b>Total</b>		<b>609,10</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan berat sendiri menggunakan FCSP pada tabel 3, bronjong kawat memiliki berat sebesar 210 kN, tanah bawah bronjong sebesar 359,17 kN, dan Flat Concrete Sheet Pile (FCSP) sebesar 39,93 kN.

##### b. Perhitungan Tekanan Tanah Lateral

Hasil perhitungan tekanan tanah lateral yaitu berupa hasil perhitungan seluruh tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada bronjong kawat menggunakan FCSP saat keadaan normal dimana muka

air tanah berada pada kedalaman 7 m dan keadaan tertutup muka air banjir dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 4.** Tabel Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Horizontal Menggunakan FCSP

No	Uraian	Normal (kN/m)	Banjir (kN/m)
1	Tanah aktif ( $p_a$ )	25,26	157,89
2	Tanah pasif ( $p_p$ )	422,23	490,90
<b>Total tekanan horizontal (<math>\Sigma P_h</math>)</b>		<b>296,97</b>	<b>333,00</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4 hasil perhitungan tekanan tanah horizontal menggunakan FCSP, didapatkan tanah aktif ( $p_a$ ) sebesar 25,26 kN/m pada saat keadaan normal dan 157,89 kN/m pada keadaan banjir. Sedangkan tanah pasif ( $p_p$ ) sebesar 422,23 kN/m pada saat keadaan normal dan 490,90 kN/m pada saat keadaan banjir.

**Tabel 5.** Tabel Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Total Menggunakan FCSP

No	Uraian	Normal (kN)	Banjir (kN)
1	Tanah aktif ( $\Sigma P_a$ )	26,62	856,17
2	Tanah pasif ( $\Sigma P_p$ )	930,35	1445,37

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 5 hasil perhitungan tekanan tanah total menggunakan FCSP, didapatkan tanah aktif ( $P_a$ ) sebesar 26,62 kN pada saat keadaan normal dan 856,17 kN pada keadaan banjir. Sedangkan tanah pasif ( $P_p$ ) sebesar 930,35 kN pada saat keadaan normal dan 1445,37 kN pada saat keadaan banjir.

### c. Perhitungan Momen

Momen digunakan untuk memperhitungkan momen guling yang terjadi pada bronjong kawat. Oleh karena itu, perhitungan momen guling tidak memperhitungkan momen pada FCSP. Perhitungan momen dapat dilihat tabel 6.

**Tabel 6.** Tabel Hasil Perhitungan Momen

No	Uraian	Normal (kNm)	Banjir (kNm)
1	Bronjong kawat ( $\Sigma M_b$ )	852,00	852,00
2	Tanah bawah bronjong ( $\Sigma M_{tb}$ )	2172,83	2172,83
3	Tanah aktif ( $\Sigma M_a$ )	77,03	585,07
4	Tanah pasif ( $\Sigma M_p$ )	57,69	618,49
5	Momen Uplift ( $M_u$ )	0	824,5305

Sumber: Perhitungan

Pada tabel 6 hasil perhitungan momen pada bronjong kawat ( $\Sigma M_b$ ) sebesar 852 kNm pada keadaan normal dan banjir, tanah bawah bronjong ( $\Sigma M_{tb}$ ) sebesar 2172,83 kNm pada saat keadaan normal dan banjir, momen tanah aktif ( $\Sigma M_a$ ) sebesar 77,03 kNm pada saat normal dan 585,07 saat keadaan banjir, momen tanah pasif ( $\Sigma M_p$ ) sebesar 57,69 kNm pada saat normal dan 618,49 saat keadaan banjir, momen uplift ( $M_u$ ) sebesar 824,5305 terjadi pada saat keadaan banjir.

#### d. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah menggunakan rumus Terzaghi (1943) untuk memperhitungkan beban ultimit yang bekerja apabila konstruksi bronjong kawat menggunakan FCSP dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7.** Tabel Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah

No	Uraian	beban (kN)
1	Beban Ultimit Netto ( $q_{un}$ )	511,28
2	Beban yang bekerja Netto ( $q_n$ )	165,09

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel 7 hasil perhitungan daya dukung tanah, terdapat beban ultimit netto ( $q_{un}$ ) apabila terdapat FCSP sebesar 511,28 kN dan beban yang bekerja netto ( $q_u$ ) sebesar 165,09 kN.

### 3.2. Tekanan pada bronjong kawat tanpa fcsp

Penelitian tekanan pada bronjong kawat tanpa FCSP yaitu penelitian yang berguna untuk menghitung faktor aman bronjong kawat terhadap stabilitas geser, stabilitas guling, dan daya dukung tanah tanpa menggunakan FCSP. Hasil perhitungan tekanan dan momen yang bekerja pada bronjong kawat tanpa FCSP di Kali Jeroan Kabupaten Madiun yaitu sebagai berikut:

#### a. Perhitungan Berat Sendiri

Perhitungan berat sendiri terdiri dari berat bronjong kawat dan berat tanah bawah bronjong dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Tabel Hasil Perhitungan Berat Sendiri Tanpa FCSP

No	Material	$\Sigma W$ (kN)
1	Bronjong kawat	210,00
2	Tanah bawah bronjong	359,17
<b>Total</b>		<b>569,17</b>

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan berat sendiri menggunakan FCSP pada tabel 8, bronjong kawat memiliki berat sebesar 210 kN, tanah bawah bronjong sebesar 359,17 kN.

#### b. Perhitungan Tekanan Tanah Lateral

Hasil perhitungan tekanan tanah lateral yaitu berupa hasil perhitungan seluruh tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada bronjong kawat tanpa FCSP saat keadaan normal dimana tidak terdapat muka air tanah dan keadaan tertutup muka air banjir dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

**Tabel 9.** Tabel Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Horizontal Tanpa FCSP

No	Uraian	Normal (kN/m)	Banjir (kN/m)
1	Tanah aktif ( $p_a$ )	-15,41	104,72
2	Tanah pasif ( $p_p$ )	118,64	187,31
<b>Total tekanan horizontal (<math>\Sigma P_h</math>)</b>		<b>134,05</b>	<b>82,59</b>

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel 9 hasil perhitungan tekanan tanah horizontal tanpa menggunakan FCSP, didapatkan tanah aktif ( $p_a$ ) sebesar -15,41 kN/m pada saat keadaan normal dan 104,72 kN/m pada

keadaan banjir. Sedangkan tanah pasif ( $p_p$ ) sebesar 118,64 kN/m pada saat keadaan normal dan 187,31 kN/m pada saat keadaan banjir.

**Tabel 10.** Tabel Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Total Tanpa FCSP

No	Uraian	Normal (kN)	Banjir (kN)
1	Tanah aktif ( $\Sigma P_a$ )	-53,00	344,21
2	Tanah pasif ( $\Sigma P_p$ )	138,45	378,79

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel 10 hasil perhitungan tekanan tanah total tanpa menggunakan FCSP, didapatkan tanah aktif ( $P_a$ ) sebesar -53,00 kN pada saat keadaan normal dan 344,21 kN pada keadaan banjir. Sedangkan tanah pasif ( $P_p$ ) sebesar 138,45 kN pada saat keadaan normal dan 378,79 kN pada saat keadaan banjir.

### c. Perhitungan Momen

Perhitungan momen pada bronjong kawat tanpa FCSP sama dengan Tabel 6.

### d. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah menggunakan rumus Terzaghi (1943) untuk memperhitungkan beban ultimit yang bekerja apabila konstruksi bronjong kawat tanpa FCSP dapat dilihat pada tabel 11.

**Tabel 11.** Tabel Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah

No	Uraian	beban (kN)
1	Beban Ultimit Netto ( $q_{un}$ )	328,26
2	Beban yang bekerja Netto ( $q_n$ )	202,80

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel 7 hasil perhitungan daya dukung tanah, terdapat beban ultimit netto ( $q_{un}$ ) apabila tanpa FCSP sebesar 328,28 kN dan beban yang bekerja netto ( $q_u$ ) sebesar 202,80 kN.

### 3.3. Stabilitas Bronjong Kawat

Perhitungan stabilitas bronjong kawat menggunakan hasil perhitungan tekanan-tekanan yang bekerja pada bronjong kawat menggunakan FCSP dan bronjong kawat tanpa FCSP. Berikut perbandingan hasil perhitungan faktor aman bronjong kawat terhadap stabilitas geser, stabilitas guling, dan daya dukung tanah dapat dilihat pada tabel 12 dan tabel 13.

**Tabel 12.** Tabel Perbandingan Stabilitas Bronjong Kawat Keadaan Normal

No	Uraian	Faktor aman	
		Menggunakan FCSP	Tanpa FCSP
1	Stabilitas Geser ( $FS_{gs}$ )	1,50	4,41
2	Stabilitas Guling ( $FS_{gl}$ )	39,75	39,75
3	Daya Dukung Tanah ( $FS_{dat}$ )	3,10	1,62

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel 12 perbandingan stabilitas bronjong kawat pada saat keadaan normal, terdapat faktor aman terhadap stabilitas geser ( $FS_{gs}$ ) sebesar 1,50 apabila menggunakan FCSP dan 4,41 apabila

tidak menggunakan FCSP, faktor aman terhadap stabilitas guling ( $FS_{gl}$ ) sebesar 39,75, dan faktor aman daya dukung tanah ( $FS_{ddt}$ ) sebesar 3,1 apabila menggunakan FCSP dan 1,62 apabila tidak menggunakan FCSP.

**Tabel 13.** Tabel Perbandingan Stabilitas Bronjong Kawat Keadaan Banjir

No	Uraian	Faktor aman	
		Menggunakan FCSP	Tanpa FCSP
1	Stabilitas Geser ( $FS_{gs}$ )	1,75	7,71
2	Stabilitas Guling ( $FS_{gl}$ )	2,17	2,17
3	Daya Dukung Tanah ( $FS_{ddt}$ )	3,10	1,62

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel 13 perbandingan stabilitas bronjong kawat pada saat keadaan normal, terdapat faktor aman terhadap stabilitas geser ( $FS_{gs}$ ) sebesar 1,75 apabila menggunakan FCSP dan 7,71 apabila tidak menggunakan FCSP, faktor aman terhadap stabilitas guling ( $FS_{gl}$ ) sebesar 2,17, dan faktor aman daya dukung tanah ( $FS_{ddt}$ ) sebesar 3,10 apabila menggunakan FCSP dan 1,62 apabila tidak menggunakan FCSP.

### 3.4. Pembahasan

Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan stabilitas bronjong kawat menggunakan FCSP dan tanpa FCSP di Kali Jeroan Kabupaten Madiun, terdapat perbedaan pada faktor aman terhadap stabilitas geser dan daya dukung tanah. Perbandingan faktor aman bronjong kawat menggunakan FCSP dan tanpa FCSP terhadap stabilitas geser ( $FS_{gs}$ ) yaitu 1,50 dan 4,41 saat keadaan normal; 1,75 dan 7,71 saat keadaan banjir. Sedangkan perbandingan faktor aman bronjong kawat menggunakan FCSP dan tanpa FCSP terhadap daya dukung tanah ( $FS_{ddt}$ ) tidak dipengaruhi oleh keadaan banjir karena FCSP berada di bawah permukaan dasar sungai sehingga faktor aman terhadap daya dukung tanah ( $FS_{ddt}$ ) yaitu 3,10 dan 1,62. FCSP pada konstruksi bronjong kawat mengurangi faktor aman terhadap stabilitas geser akan tetapi menambah faktor aman daya dukung tanah.

Besarnya hasil perhitungan stabilitas bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun dengan menggunakan FCSP dan tanpa menggunakan FCSP memiliki perbedaan fungsi dari flat concrete sheet pile (FCSP) dengan literatur yang ada, dimana sheet pile mempunyai fungsi sebagai menahan besarnya tekanan horizontal. Sedangkan, pengaruh flat concrete sheet pile (FCSP) pada bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun berfungsi sebagai penahan tanah atau sebagai pondasi dari bronjong kawat. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan karakteristik jenis tanah yang berupa berat jenis tanah ( $\gamma$ ), kohesi tanah ( $c$ ), dan sudut geser tanah ( $\varphi$ ) pada setiap tempat sehingga fungsi dari konstruksi FCSP dapat berubah.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan pada pengaruh flat concrete sheet pile (FCSP) terhadap konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan Kabupaten Madiun dapat diambil kesimpulan sebagai adanya temuan penelitian sebagai berikut:

- a. Perbandingan stabilitas konstruksi bronjong kawat menggunakan FCSP dan tanpa FCSP saat keadaan normal yaitu faktor aman stabilitas geser ( $FS_{gs}$ ) sebesar 1,50 dan 4,41; faktor aman stabilitas guling ( $FS_{gl}$ ) sebesar 39,75 dan 39,75 dan faktor aman daya dukung tanah ( $FS_{ddt}$ ) sebesar 3,10 dan 1,62.

- b. Perbandingan stabilitas konstruksi bronjong kawat menggunakan FCSP dan tanpa FCSP saat keadaan banjir yaitu faktor aman stabilitas geser ( $FS_{gs}$ ) sebesar 1,78 dan 7,71; faktor aman stabilitas guling ( $FS_{gs}$ ) sebesar 2,17 dan 2,17; faktor aman daya dukung tanah ( $FS_{dat}$ ) sebesar 3,10 dan 1,62.
- c. Flat Concrete Sheet Pile (FCSP) pada konstruksi bronjong kawat di Kali Jeroan Madiun berpengaruh terhadap stabilitas geser ( $FS_{gs}$ ) dan faktor aman daya dukung tanah ( $FS_{dat}$ ). Dimana FCSP pada konstruksi bronjong kawat mengurangi faktor aman terhadap stabilitas geser akan tetapi menambah faktor aman daya dukung tanah.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Madiun yang telah membimbing dalam pelaksanaan penelitian, dan juga seluruh pihak yang sudah membantu dalam penelitian ini.

## 6. REFERENSI

- [1] Abiezer, Dennis, & Prihatiningsih, Aniek. (2022). Analisis Desain Dinding Penahan Tanah Dengan *Waste Material*. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, Vol. 5, No. 4, 767-780.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 8460:2017, Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019. pp. 194.
- [3] Darmawan, Kevin Candra, dkk. (2023). Penggunaan Batu Bronjong Sebagai Alternatif Dinding Penahan Tanah Tower BTS (*Base Transceiver Station*) Pada Kontur Tanah Miring. Jurnal Agregat, Vol. 8, No. 1, 831-837.
- [4] Deviansyah, Moch. Ardin, dkk. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Turap Berjangkar pada Longsor di Ruas Jalan Nasional Km 37+900, Baturiti, Tabanan, Bali. Jurnal Gelagar, Vol X no X, 1-9.
- [5] Fansuri, S., & Diana, A. I. (2018). Karakteristik Komoditas Batu Kerikil dan Pasir Hitam untuk Bahan Bangunan di Kabupaten Sumenep. Narotama, 51-61.
- [6] Febe, M. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dengan PERkuatan Bronjong pada Jalan Tol Ulujami-Pondok Ranji RAMP Bintaro Viaduct. Construction and Material Journal, 91-100.
- [7] Hardiyatmo, H. C., *Mekanika Tanah II: Edisi-3*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2003. pp. 184-259.
- [8] Kangkong, Andi Muh. Alam, Sulha & Sarita, Umran. (2020). Analisis Perhitungan Stabilitas Bronjong dan RAB. Stabilita, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Volume 8, Nomor 3, 159-169.
- [9] PT. Aria Jasa Konsultan, *Laporan Akhir: Studi Pengendalian Banjir Kali Jeroan di Kab. Madiun*. Makassar: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2018.
- [10] Soehardi Fitridawati, dkk (2019). Studi Identifikasi Kerusakan Lereng Kampus Fakultas Ilmu Administrasi Universitas Lancang Kuning. Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIJA Volume 9, No.2, 73-82.
- [11] Triarso, A., & Dwipurwanto, B. (2021). Analisis Stabilitas pada Proyek Pasangan Bronjong untuk Tanggul Pantai di Area Permukiman Kenjeran. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 5, No.2, 114-124.

- [12] Ardiansyah, Niko, dkk. (2022). Study Perencanaan Bangunan Bronjong pada Sungai Ogan di Kelurahan Sukajadi Kecamatan Baturaja Kabupaten Oku. *Jurnal Mahasis Teknik Sipil*, Vol. 1, No. 1, 64-67.
- [13] E. Mohammadi, M. Jahanandish, A. Ghahramani, M. R. Nikoo, S. Javankhoshdel, and A. H. Gandomi, "Stochastic optimization model for determining support system parameters of a subway station," *Expert Systems With Applications*, vol. 203, p. 117509, May 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2022.117509.