



# PENGARUH PERUBAHAN KADAR AIR TANAH TIMBUNAN TERHADAP STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH JENIS BRONJONG

ANDRIANI<sup>1\*</sup>, HANAFI<sup>1</sup>, ABDUL HAKAM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Padang, Sumatera Barat, Indonesia

\*Corresponding author: ✉ [andriani@eng.unand.ac.id](mailto:andriani@eng.unand.ac.id)

Naskah diterima : 10 Desember 2020. Disetujui: 06 Maret 2021

## ABSTRAK

Bronjong merupakan salah satu jenis dinding penahan tanah tipe gravity, dimana tingkat stabilitasnya tergantung dari berat konstruksi dan jenis timbunan yang digunakan. Dinding penahan tanah merupakan suatu konstruksi yang digunakan untuk menahan tekanan lateral dari masa tanah dengan ketinggian tertentu, untuk itu stabilitas dinding penahan tanah harus memenuhi syarat agar aman terhadap beban yang bekerja. Salah satu faktor yang mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah adalah kuat geser tanah timbunan dibelakang dinding. Pada lokasi tertentu terkadang sulit untuk menemukan jenis tanah berbutir kasar, sehingga digunakan jenis tanah berbutir halus. Penggunaan tanah berbutir halus sebagai bahan timbunan dipengaruhi oleh kadar air, sehingga kuat geser tanah akan berubah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari tingkat stabilitas jangka pendek dan jangka panjang dinding penahan tanah tipe bronjong di km 31+800 ruas jalan nasional Lubuk Selasih – Batas kota Padang dan menganalisis pengaruh berbagai variasi kadar air terhadap kuat geser tanah timbunan. Parameter kuat geser yang ditinjau berupa kuat geser total dan kuat geser efektif. Parameter kuat geser didapatkan dari pengujian di laboratorium menggunakan uji triaksial Unconsolidated Undrained (UU) dan uji triaksial Consolidated Undrained (CU). Sampel yang digunakan dalam pengujian dipadatkan pada tiga variasi kadar air, yaitu pada kadar air dibawah optimum, pada kadar air optimum dan pada kadar air diatas optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat geser total dan kuat geser efektif tertinggi diperoleh pada kondisi variasi kadar air terkecil (30 %). Dari perhitungan nilai stabilitas bronjong diperoleh bahwa pada variasi kadar air 30 % dan 40 % tingkat stabilitas bronjong aman terhadap guling, geser dan daya dukung sedangkan pada variasi kadar air 50 %, dinding bronjong aman terhadap daya dukung tetapi tidak aman terhadap guling dan geser.

**Kata kunci** : Dinding penahan tanah bronjong; kadar air; kuat geser; stabilitas

## 1. PENDAHULUAN

Konstruksi bronjong (*gabion*) telah digunakan sejak ribuan tahun lalu oleh bangsa mesir kuno dan china. Bronjong atau gabion digunakan sebagai dinding penahan tanah, dam, dan lain-lain. Bronjong modern dari bahan kawat diperkenalkan pertama kali tahun 1879 oleh sebuah perusahaan di italia. Pada masa sekarang bronjong telah mengalami perkembangan

pesat, baik bahan yang digunakan dan aplikasi pemakaiannya (Peerdawood & Mawlood, 2010). Bronjong kawat biasanya digunakan pada bagian tepi sungai atau tebing yang terbuat dari anyaman kawat yang diisi dengan batu pecah atau batuan yang berfungsi untuk mencegah erosi tanah dan longsor (Badan Standarisasi Nasional, 1999). Konstruksi bronjong memiliki kelebihan antara lain lolos air (*permeable*), mudah dikerjakan, lebih toleransi terhadap deformasi (*flexible*), penggunaannya yang luas, dan ramah lingkungan. Bronjong memiliki kelemahan terhadap korosi terutama bronjong dengan bahan kawat yang tidak dilapisi galvanis atau selubung PVC.

Tingkat stabilitas dinding penahan tanah (bronjong) menunjukkan tingkat kemampuan dinding penahan tanah untuk menahan beban yang bekerja dan dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan. Salah satu faktor yang mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah adalah tekanan lateral tanah timbunan di belakang dinding penahan tanah. Tekanan lateral dipengaruhi oleh kuat geser tanah disamping faktor lain seperti tinggi timbunan, berat isi tanah timbunan, kemiringan permukaan timbunan, dan lain-lain. Jenis tanah berbutir kasar lebih disukai untuk digunakan sebagai material timbunan karena selain memiliki kuat geser yang relatif besar dan lebih mudah untuk dikerjakan. Namun pada daerah dan kondisi tertentu, jenis tanah berbutir kasar sulit untuk didapatkan, maka sebagai alternatif jenis tanah berbutir halus digunakan sebagai material timbunan.

Tanah berbutir halus mempunyai permeabilitas yang kecil sehingga proses pengaliran air pori saat konsolidasi hingga terbentuknya kuat geser efektif berlangsung lama. Maka pada perhitungan stabilitas, perlu ditinjau pada dua jenis kuat geser, yaitu kuat geser total untuk perhitungan stabilitas jangka pendek dan kuat geser efektif untuk perhitungan stabilitas jangka panjang (Wright, 2005). Pada kasus pergeseran dinding penahan tanah bronjong di Km 31+ 800 ruas jalan nasional Lubuk Selasih – batas kota Padang, berdasarkan perhitungan stabilitas bronjong untuk jangka pendek faktor keamanan yang didapatkan lebih kecil dibandingkan faktor keamanan stabilitas jangka panjang (Hanafi et al., 2020).

Perbedaan besarnya faktor keamanan tersebut disebabkan oleh perbedaan nilai kuat geser total dan efektif dari tanah timbunan sehingga menghasilkan perbedaan besar tekanan lateral. Perbedaan besar kuat geser total dan efektif dari tanah berbutir halus juga ditemukan oleh Xu et. al. (2018) yang melakukan penelitian kuat geser tanah pada tanah lempung yang dipadatkan. Dari hasil uji triaksial *Unconsolidated Undrained* (UU) didapatkan kuat geser total mempunyai perbedaan yang cukup besar dengan kuat geser efektif dari hasil uji triaksial *Consolidated Undrained* (CU). Hal yang sama juga dilaporkan oleh (Liang & Lovell, 1982) yang melakukan uji kuat geser Triaksial UU dan CU untuk mendapatkan nilai kuat geser total dan efektif dari lempung yang dipadatkan dilapangan. Kedua kuat geser tersebut masing – masing akan digunakan dalam analisis stabilitas jangka pendek dan jangka panjang dari timbunan tanah lempung. Dari hasil uji diketahui adanya perbedaan nilai kuat geser total dan efektif tanah lempung tersebut.

Permasalahan lain dari timbunan tanah berbutir halus adalah kadar air tanah yang bervariasi pada waktu proses pemadatan, hal ini mengingat kuat geser tanah berbutir halus yang dipengaruhi oleh kadar air (Babu et al., 2016; Bláhová et al., 2013; Bowles & Hainim, 1984; Wang et al., 2014). Hal tersebut dibuktikan oleh beberapa peneliti antara lain Abu-Farsakh dkk (2007) dan Yuliet (2016) yang melaporkan bahwa tanah lempung yang dipadatkan pada kadar air di bawah optimum memiliki kuat geser yang lebih besar dibandingkan tanah yang dipadatkan pada kadar air diatas optimum. Dengan mengingat bahwa tingkat stabilitas dinding penahan tanah ditentukan oleh tekanan lateral yang besarnya dipengaruhi oleh kuat geser tanah timbunan dan tanah berbutir halus masih banyak digunakan sebagai material timbunan belakang dinding penahan tanah, serta

berdasarkan hasil penelitian terdahulu mengenai karakteristik kuat geser tanah berbutir halus, maka pada penelitian ini akan mempelajari tingkat stabilitas dinding penahan tanah dengan kuat geser tanah timbunan pada berbagai variasi kadar air dan akan ditinjau pada kondisi stabilitas jangka pendek dan jangka panjang.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel tanah timbunan dilakukan pada proyek pembangunan dinding penahan tanah jenis bronjong di ruas jalan nasional Lubuk Selasih dan Batas Kota Padang KM 31+ 800 (**Gambar 1**)



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel Tanah Timbunan.

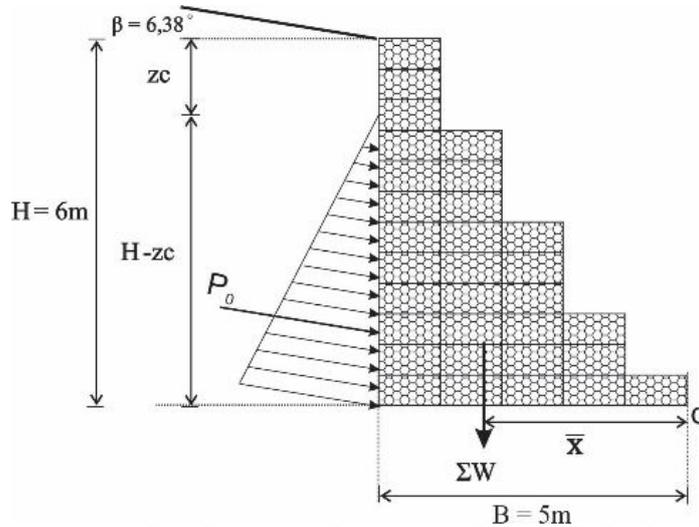
### 2.2. Desain Penelitian

Penelitian ini terdiri dari pengamatan di lapangan dan pengujian di laboratorium. Pengujian di laboratorium meliputi pengujian sifat fisik tanah timbunan, spesifikasi bronjong dan pengujian kuat geser tanah. Pengujian kuat geser tanah timbunan dilakukan dengan menggunakan uji triaksial dengan 2 kondisi yaitu kondisi *Unconsolidated Undrained* (UU) dan *Consolidated Undrained* (CU). Pengujian konsolidasi ini dilakukan dengan variasi kadar air yaitu 30 %, 40 % dan 50 %. Selanjutnya hasil uji kuat geser tanah digunakan untuk menghitung stabilitas bronjong terhadap geser, guling dan daya dukung tanah. Sedangkan untuk pengujian tanah dasar dilakukan dengan menggunakan uji geser langsung karena jenis tanahnya berupa tanah kerikil berlanau.

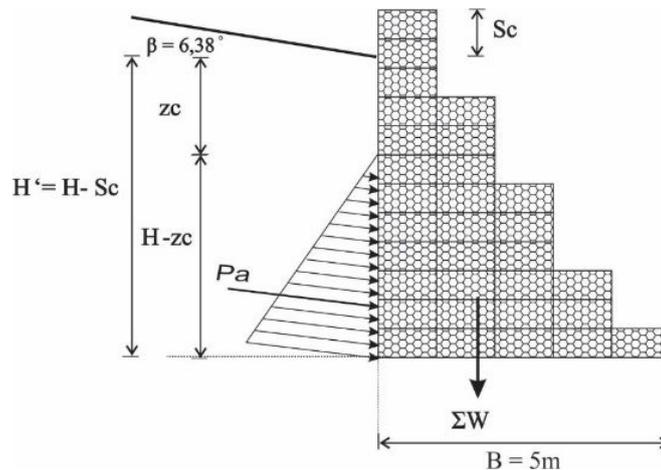
Pada perhitungan stabilitas jangka pendek kuat geser tanah timbunan yang digunakan adalah parameter kuat geser total, dan berat isi tanah timbunan ( $\gamma$ ) dihitung berdasar berat isi awal terbesar pada variasi kadar air yang ditinjau. Sedangkan untuk perhitungan stabilitas jangka panjang menggunakan parameter kuat geser efektif. Berat isi tanah timbunan ( $\gamma$ ) menggunakan berat isi tanah terbesar setelah mengalami konsolidasi untuk masing – masing variasi kadar air.

Pada perhitungan stabilitas jangka pendek, tinggi timbunan menggunakan tinggi awal. Sedangkan pada perhitungan stabilitas jangka panjang tinggi timbunan menggunakan tinggi setelah mengalami konsolidasi.

Penampang dan diagram tekanan lateral aktif yang bekerja pada perhitungan stabilitas jangka pendek dan dan jangka panjang dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** di bawah ini.



**Gambar 2.** Penampang dan diagram tekanan tanah lateral aktif pada perhitungan stabilitas jangka pendek.



**Gambar 3.** Penampang dan diagram tekanan tanah lateral aktif pada perhitungan stabilitas jangka panjang.

Untuk menghitung berat dari Bronjong digunakan berat isi = 1,722 t/m<sup>3</sup> (hasil dari pengujian di lapangan), sehingga diperoleh berat dari bronjong adalah sebesar 26, 691 ton/m<sup>2</sup> dan momen sebesar 90,836 ton.m. Untuk berat isi batuan bronjong yang direkomendasikan oleh (NAVFAC, 1986) adalah *sandstone* (2,2 ton/m<sup>3</sup>) dan *basalt* (3 ton/m<sup>3</sup>).

Jarak titik berat (X) dari titik o adalah :

$$X = \frac{\sum \text{Momen}}{\sum \text{Berat}} = \frac{90,836}{26,691} = 3,403 \text{ m (dari titik o)} \tag{1}$$

**Tabel 1.** Perhitungan Berat Bronjong dan Momen yang Bekerja

Bagian	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat isi (T/m <sup>3</sup> )	Jarak tdk berat(thd O) (m)	Berat (ton/m <sup>2</sup> )	Momen (ton.m)
1	5	0,5	2,5	1,722	2,5	4,305	10,763
2	4	0,5	2	1,722	3	3,444	10,332
3	4	0,5	2	1,722	3	3,444	10,332
4	3	0,5	1,5	1,722	3,5	2,583	9,041
5	3	0,5	1,5	1,722	3,5	2,583	9,041
6	3	0,5	1,5	1,722	3,5	2,583	9,041
7	2	0,5	1	1,722	4	1,722	6,888
8	2	0,5	1	1,722	4	1,722	6,888
9	2	0,5	1	1,722	4	1,722	6,888
10	1	0,5	0,5	1,722	4,5	0,861	3,875
11	1	0,5	0,5	1,722	4,5	0,861	3,875
12	1	0,5	0,5	1,722	4,5	0,861	3,875
Σ						26,691	90,836

Untuk menghitung nilai koefisien tekanan tanah aktif (ka) digunakan rumus Rankine :

$$K_a = \tan^2 (45-\phi/2) \tag{2}$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_a - 2 \cdot c' \cdot H (K_a)^{1/2} \tag{3}$$

- dimana  $\phi$  : sudut geser tanah timbunan
- H : tinggi timbunan
- c' : Kohesi tanah timbunan
- H timbunan untuk jangka pendek digunakan 6 m

Tinggi timbunan awal sebelum konsolidasi adalah 6m, angka pori awal ( $e_o$ ) adalah 1,25 dan angka pori akhir ( $e_f$ ) adalah 1,14. Penurunan konsolidasi yang terjadi sebesar 0,294 m sehingga tinggi timbunan untuk kondisi jangka panjang adalah 5,706 m.

### 2.3. Perhitungan Stabilitas Bronjong

#### Stabilitas Terhadap Guling

$$FK_{guling} = \frac{\sum Mr}{\sum Mp} = \frac{\sum Wx + P_{av}B}{P_{ah}(H-zc)/3} \tag{4}$$

Keterangan :

- $\sum Mr$  = Resultan momen penahan guling
- $\sum Mp$  = Resultan momen pengguling
- $\sum W$  = Berat dinding penahan= Luas penampang x berat isi dinding
- $P_a$  = Gaya tekanan lateral aktif untuk masing – masing analisis stabilitas
- $P_{av}$  = Komponen vertikal gaya  $P_{av} = P_a \sin \alpha$
- $P_{ah}$  = Komponen horisontal gaya  $P_{ah} = P_a \cdot \cos \alpha$

#### Stabilitas Terhadap Pergeseran

Faktor keamanan terhadap geser ditentukan dengan rumus berikut.

$$FK_{geser} = \frac{\Sigma Fr}{\Sigma Fp} = \frac{\Sigma V \tan \delta}{Pah} = \frac{(\Sigma W + Pav) \tan \delta}{Pah} \quad (5)$$

Keterangan :

$\Sigma Fr$  = Resultan gaya penahan geser

$\Sigma Fp$  = Resultan gaya penggeser

### Stabilitas terhadap kapasitas daya dukung

Faktor keamanan terhadap kapasitas daya dukung ditentukan dengan rumus berikut.

$$FK_{daya\ dukung} = \frac{Qu}{q} \quad (6)$$

Keterangan :

$Qu$  = Kapasitas daya dukung tanah dasar dinding penahan

$q$  = Tekanan vertikal yang bekerja pada tanah dasar dinding penahan

$$Qu = d_{ci}cN_c + d_{qi}D_f\gamma N_q + d_{vi}0,5B\gamma N_\gamma \quad (7)$$

$$q = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \text{ jika } e \leq B/6 \quad (8)$$

$$q = \frac{2V}{3(B-2e)} \text{ jika } e > B/6 \quad (9)$$

Untuk menghitung nilai eksentrisitas ( $e$ ), gunakan rumus di bawah ini.

Penentuan titik tangkap resultan gaya ( $x$ )

$$x = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \quad (10)$$

$$e = x - \frac{B}{2} \quad (11)$$

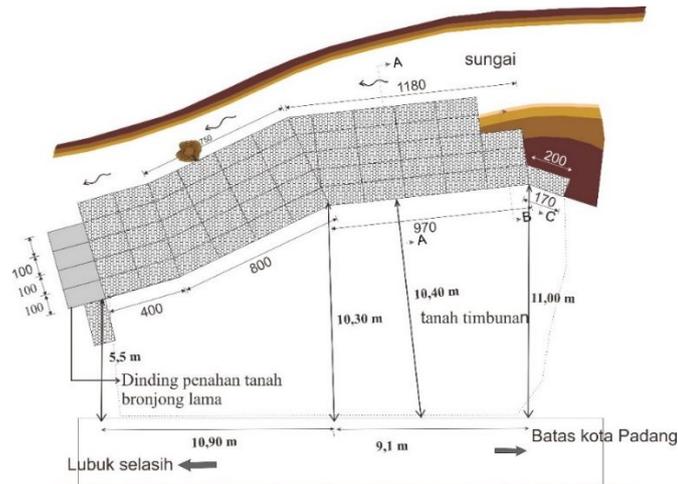
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Gambar situasi dan geometri dinding penahan tanah

Data gambar situasi dan geometri dinding penahan tanah kondisi terakhir didapatkan dari hasil pengukuran dilapangan. Data gambar situasi dan geometri dinding penahan tanah kondisi awal didapatkan dari sketsa pada saat pelaksanaan dan didukung dengan dokumentasi saat pelaksanaan. Hasil pengolahan data ukur berupa gambar tampak atas dan gambar potongan dinding penahan. Data beda tinggi didapatkan dari pengukuran pada kondisi akhir dan digunakan untuk perhitungan kemiringan sudut kondisi awal dan akhir.

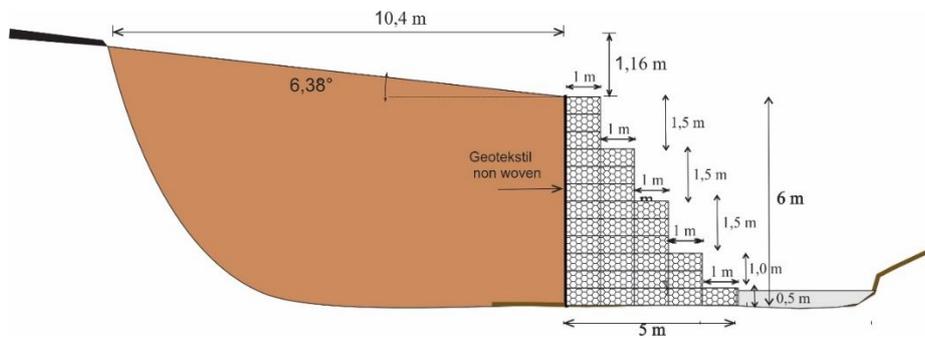
#### 3.1.1. Kondisi Awal

Tampak atas dari kondisi awal terlihat pada **Gambar 4** berikut.



**Gambar 4.** Tampak atas (kondisi awal).

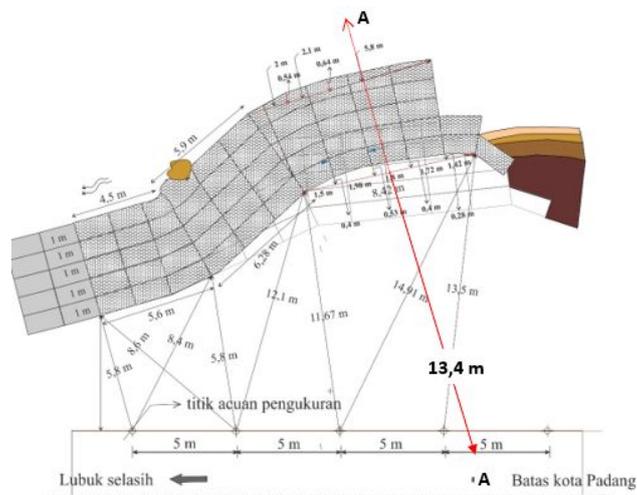
Potongan melintang A-A dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 5.** Potongan melintang(kondisi awal).

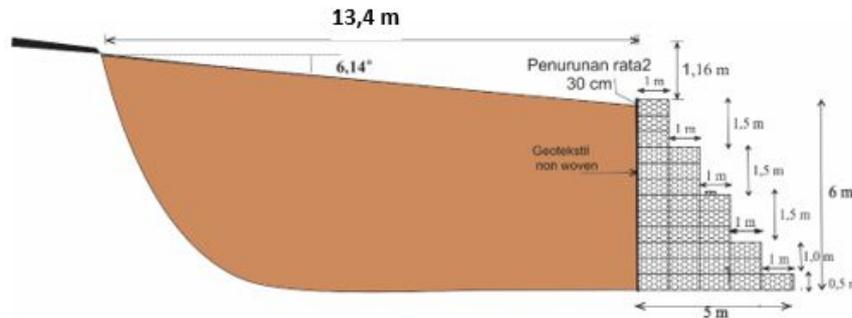
### 3.1.2. Kondisi Akhir

Tampak atas pada kondisi akhir terlihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Tampak atas (kondisi akhir)

Sementara potongan melintang A-A sebagai berikut:



Gambar 7. Potongan Melintang A-A (kondisi Akhir)

### 3.2. Hasil pengujian tanah asli dan timbunan

Sifat indeks tanah timbunan dan tanah dasar didapatkan dari hasil pengujian di laboratorium. Sifat fisis tersebut antara lain berat jenis ( $G_s$ ), Distribusi ukuran butir, Batas – batas Atterberg (batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas), dan untuk tanah dasar ditambah dengan pengujian berat isi ( $\gamma$ ). Dari hasil uji distribusi ukuran butir, dan batas – batas Atterberg dapat ditentukan klasifikasi tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS). Berat isi tanah dasar dipergunakan dalam perhitungan kapasitas daya dukung tanah dasar. Berat jenis tanah timbunan diperlukan untuk penentuan angka pori, dimana angka pori diperlukan dalam perhitungan penurunan tinggi timbunan dalam stabilitas jangka panjang. Sifat indeks tanah timbunan dan tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Sifat indeks tanah timbunan dan tanah dasar

Sifat fisis tanah	satuan	Jenis tanah		
		Tanah timbunan	Tanah dasar	
Berat jenis ( $G_s$ )	-	2,629	2,539	
% lolos saringan no.200	%	84,2	9,3	
% lolos saringan no.4	%	100	28,3	
Koef.keseragaman ( $C_u$ )	-	-	733,4	
Koef. kelengkungan ( $C_c$ )	-	-	19,64	
Batas – batas Atterberg	Batas cair (LL)	%	59,82	42,18
	Batas plastis(PL)	%	37,2	31,6
	Indeks plastisitas(PI)	%	22,62	10,58
Berat isi	ton/m <sup>3</sup>	-	1,81	
Kadar air	%	30,88	-	

Dari hasil uji sifat indeks properti untuk tanah timbunan dalam hal ini dari nilai batas cair, indeks plastisitas dan persentasi lolos saringan no.200, maka menurut USCS, tanah timbunan diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus jenis lanau plastisitas tinggi (MH),

sedangkan tanah dasar diklasifikasikan sebagai tanah kerikil lanauan bergradasi buruk (GP-GM).

Data sifat mekanis tanah dasar didapatkan dari hasil pengujian di laboratorium antara lain Sudut gesek dalam, kohesi, dan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Hasil pengujian triaksial untuk tanah dasar

Sifat mekanis	Satuan	Nilai
Sudut gesek dalam	°	48,37
kohesi	ton/m <sup>2</sup>	0,26

### 3.3. Spesifikasi bronjong dan batuan pengisi bronjong

Bronjong yang digunakan adalah bronjong kawat fabrikasi produksi PT. Jongka dengan spesifikasi pada **Tabel 4**. Batuan pengisi bronjong adalah batu belah jenis Andesit dengan ukuran 15/20 cm - 20/30 cm. Dari hasil pengujian dilaboratorium didapatkan berat isi = 1,722 t/m<sup>3</sup>.

**Tabel 4.** Spesifikasi bronjong kawat (Jongka)

Dimensi (cm)	Diameter kawat (mm)		Coating: Alumunium Zinc (gr/m <sup>2</sup> )	Wire strength
200x100x50	sisi	4	290	41- 53 kgf/mm <sup>2</sup>
	anyaman	3	275	
	pengikat	2	240	
Bukaan	80x100 mm			

### 3.4. Hasil pengujian kepadatan ringan

Pengujian kepadatan ringan dilakukan untuk mendapatkan kurva hubungan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air ( $w$ ). Dari kurva tersebut dapat ditentukan berat isi kering maksimum ( $\gamma_{d\text{ maks}}$ ) dan kadar air optimum ( $w_{\text{opt}}$ ). Contoh tanah yang digunakan dalam pengujian adalah contoh tanah terganggu yang diambil dari timbunan belakang dinding penahan tanah yang ditinjau. Kurva hubungan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air ( $w$ ) yang didapatkan digunakan sebagai acuan untuk pemilihan variasi kadar air dan berat isi kering yang akan digunakan dalam uji kuat geser. **Tabel 5** menunjukkan hubungan antara nilai kadar air dengan berat kering pada tanah timbunan.

**Tabel 5.** Variasi kadar air dan kepadatan kering dalam pengujian kuat geser

Kadar air (%)	Kepadatan kering(ton/m <sup>3</sup> )
30	1,165
40	1,21
50	1,142

### 3.5. Hasil pengujian kuat geser tanah

Untuk mengetahui stabilitas jangka pendek bronjong dilakukan uji kuat geser total tanah timbunan dengan menggunakan pengujian triaksial *unconsolidated undrained* (UU) pada 3 (tiga) variasi kadar air dan kepadatan kering. Sedangkan pengujian kuat geser untuk

mendapatkan parameter kuat geser efektif yang akan digunakan untuk perhitungan stabilitas jangka panjang menggunakan uji triaksial *consolidated undrained* (CU). **Tabel 6** menunjukkan hasil pengujian kuat geser tanah pada kondisi tegangan total dan tegangan efektif untuk tanah timbunan dengan variasi kadar air.

**Tabel 6.** Hasil pengujian Kuat Geser Total dan Kuat Geser Efektif berdasarkan

Variasi kadar air (%)	Berat isi ( $\gamma$ ) (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat geser total		Kuat geser efektif	
		c (ton/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	c (ton/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
30	1,528	1,172	25,62	1,900	12,7
40	1,684	1,404	7,47	1,646	9,31
50	1,705	1,245	1,54	1,188	0

Untuk perhitungan gaya penahan geser, maka besar sudut gesek antara anayaman kawat bronjong dan tanah dasar ( $\delta$ ) digunakan sudut gesek antara logam halus dan tanah granular kohesif (berdasarkan hasil uji sifat indeks tanah dasar). Dari Potyondy (1961) diketahui nilai perbandingan ( $\delta/\phi$ ) = 0,44, dengan  $\phi$  = sudut gesek dalam tanah dasar. Maka diperoleh nilai  $\delta = 0,44 \times \phi = 0,44 \times 48,37 = 21,283^\circ$ .

### 3.6. Hasil perhitungan stabilitas

#### 3.6.1. Stabilitas Kondisi Jangka Pendek

Hasil perhitungan stabilitas jangka pendek untuk dinding penahan tanah jenis bronjong ditunjukkan pada **Tabel 7**.

**Tabel 7.** Hasil perhitungan stabilitas jangka pendek untuk penampang asal

Stabilitas	FK min	Faktor keamanan		
		30%	40%	50%
Guling	2	7,26	3,76	2,99
		<i>aman</i>	<i>aman</i>	<i>aman</i>
Geser	1,5	3,34	1,63	1,29
		<i>aman</i>	<i>aman</i>	<i>Tidak aman</i>
Kapasitas Daya dukung	3	40,16	48,30	49,57
		<i>aman</i>	<i>aman</i>	<i>aman</i>

Berdasarkan hasil perhitungan, stabilitas bronjong untuk jangka pendek memiliki faktor keamanan yang memenuhi syarat untuk variasi kadar air 30% dan 40%, terkecuali pada variasi kadar air 50% yang mempunyai nilai faktor keamanan terhadap geser dibawah batas minimum yaitu sebesar 1,29. Hal tersebut disebabkan pada variasi kadar air 50% memiliki tekanan tanah lateral aktif paling besar. Besarnya tekanan lateral aktif dan total tekanan lateral aktif dipengaruhi oleh nilai kuat geser tanah karena menentukan nilai koefisien tekanan tanah aktif ( $K_a$ ) dan Kedalaman  $z_c$ . Pada variasi kadar air 50%, faktor keamanan terhadap geser memiliki nilai dibawah syarat minimum dengan demikian dinding tersebut tidak aman terhadap geser. Hal tersebut disebabkan oleh total tekanan lateral aktif lebih

besar dibandingkan gaya penahan geser pada dasar dinding akibat perubahan kadar air tanah timbunan (Cokca et al., 2004; Dafalla, 2013). Pada perhitungan stabilitas terhadap geser, gaya penahan geser hanya diperhitungkan terhadap gesekan antara anyaman kawat dan tanah dasar. Gaya adhesi antara tanah dan dasar dinding dianggap nol, hal ini dengan pertimbangan tidak adanya kontak langsung antara batuan pengisi bronjong dan tanah dasar (Hanafi et al., 2020). Kondisi tersebut berbeda pada dinding penahan tanah dengan konstruksi beton atau pasangan batu, dimana dasar dinding penahan tanah dicor langsung diatas tanah dasar.

### 3.6.2. Stabilitas kondisi jangka panjang

Hasil perhitungan stabilitas penampang asal pada kondisi jangka panjang dapat dilihat pada Tabel 8. Dari Tabel 8 menunjukkan tingkat stabilitas bronjong untuk variasi kadar air 30% dan 40 % memenuhi syarat keamanan terhadap guling dan geser sedangkan pada kadar air 50% , bronjong tidak mampu menahan gaya guling dan geser. Sedangkan untuk stabilitas daya dukung, untuk semua variasi kadar air pada kondisi jangka pendek dan jangka panjang memenuhi syarat kestabilan. Hal ini dikarenakan tanah dasar berupa tanah kerikil berlanau dengan daya dukung yang tinggi sehingga tanah dasar mampu memikul beban bronjong. Rendahnya tingkat stabilitas bronjong terhadap guling dan geser pada variasi kadar air 50% disebabkan rendahnya kuat geser tanah akibat pengaruh air sehingga menyebabkan tekanan lateral tanah meningkat.

Tabel 8. Hasil perhitungan stabilitas jangka panjang

Stabilitas	FK min	Faktor keamanan		
		30%	40%	50%
Guling	2	7,25	3,62	1,46
		<i>aman</i>	<i>aman</i>	<i>tidak aman</i>
Geser	1,5	3,15	1,57	0,63
		<i>aman</i>	<i>aman</i>	<b><i>tidak aman</i></b>
Kapasitas Daya dukung	3	49,58	49,58	10,03
		<i>aman</i>	<i>aman</i>	<i>aman</i>

## 4. KESIMPULAN

Dari dua kondisi jangka pendek dan jangka panjang terlihat bahwa apabila variasi kadar air tanah timbunan sebesar 50 % menyebabkan kuat geser menjadi turun karena ikatan antar butiran tanah melemah akibat air dan menyebabkan tekanan arah ke samping menjadi besar karena pengaruh air. Hal ini menyebabkan stabilitas bronjong terhadap guling dan geser menjadi rendah (tidak memenuhi syarat). Untuk menjaga agar struktur bronjong tetap aman terhadap guling dan geser sebaiknya kadar air tanah timbunan kurang dari 50 %. Untuk meningkatkan faktor keamanan terhadap guling dan geser dapat dilakukan dengan menambah berat isi batu untuk bronjong lebih besar dari 1,722 ton/m<sup>3</sup> atau menggunakan spesifikasi berat isi batuan yang ditetapkan oleh Nafvac.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset Dan Teknologi / Badan Riset Dan Inovasi Nasional Deputi Bidang Penguatan Riset Dan Pengembangan dengan Nomor SK:

8/E1/KPT/2020 dan Kontrak nomor : 034/SP2H/LT/DRPM/2020 dan T/7/UN.16.17/PT.01.03/PTM-Kebencanaan/2020.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abu-Farsakh, M., Coronel, J., & Tao, M. (2007). Effect of soil moisture content and dry density on cohesive soil–geosynthetic interactions using large direct shear tests. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *19*(7), 540–549.
- Babu, G. L. S., Raja, J., Basha, B. M., & Srivastava, A. (2016). Forensic analysis of failure of retaining wall. In *Forensic Geotechnical Engineering* (pp. 451–465). Springer.
- Badan Standarisasi Nasional. (1999). SNI 03–0090–1999 Bronjong Kawat. *Jakarta, Badan Standarisasi Nasional*.
- Bláhová, K., Sevelova, L., & Pilarova, P. (2013). Influence of water content on the shear strength parameters of clayey soil in relation to stability analysis of a hillside in Brno region. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, *61*(6), 1583–1588.
- Bowles, J. E., & Hainim, J. K. (1984). *Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah (mekanika tanah)*.
- Cokca, E., Erol, O., & Armangil, F. (2004). Effects of compaction moisture content on the shear strength of an unsaturated clay. *Geotechnical & Geological Engineering*, *22*(2), 285–297.
- Dafalla, M. A. (2013). Effects of clay and moisture content on direct shear tests for clay-sand mixtures. *Advances in Materials Science and Engineering*, *2013*.
- Hanafi, H., Putra, H. G., & Andriani, A. (2020). Sliding failure analysis of a gabion retaining wall at km 31+ 800 of Lubuk Selasih–Padang city border highway, Indonesia. *4th International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation*, *156*, 2005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015602005>
- Liang, Y., & Lovell, C. W. (1982). *Strength of Field Compacted Clayey Embankments: Interim Report*. NAVFAC. (1986). *Foundation and Earth Structure, Design Manual 7.02* (pp. 7.2-112 – 7.2115).
- Peerdawood, C. T., & Mawlood, Y. I. (2010). Analytical Study for Stability of Gabion Walls. *J. Pure Appl. Sci./Salahaddin Univ.-Hawler*, *22*(5).
- Wang, L. C., Long, W., & Gao, S. J. (2014). Effect of moisture content, void ratio and compacted sand content on the shear strength of remolded unsaturated clay. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, *19*(Q), 4413–4426.
- Wright, S. G. (2005). Evaluation of soil shear strengths for slope and retaining wall stability analyses with emphasis on high plasticity clays. *Project No. 5-1874, 1*.
- Xu, Y., Wu, S., Williams, D. J., & Serati, M. (2018). Determination of peak and ultimate shear strength parameters of compacted clay. *Engineering Geology*, *243*, 160–167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.07.001>
- Yuliet, R. (2016). Pengaruh Kadar Air Sisi Kering dan Sisi Basah terhadap Parameter Kuat GEser Tanah Ekspansif. *Jurnal Teknik Sipil*, *5*(2), 113–122.