

**PENANGANAN POTENSI LONGSORAN JALUR KERETA API
PADA KM 180+750 s.d. 180+850
ANTARA STASIUN HAURPUGUR-CICALENGKA**

**MITIGATION OF RAILROAD LANDSLIDE POTENTIAL
AT KM 180+750 - KM 180+850
HAURPUGUR-CICALENGKA STATION**

Ghafur Chandra Jiwanegar^{1,*}, Rianto Rilli Prihatmantyo², dan Jimmy Rudolf Charles Hosang³

¹Politeknik Transportasi Darat Indonesia

Jaln Raya Setu No. 89 Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia

²Politeknik Transportasi Darat Indonesia

Jaln Raya Setu No. 89 Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia

³Politeknik Transportasi Darat Indonesia

Jaln Raya Setu No. 89 Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia

chandraghafur7@gmail.com*, rudolfcharleshosang@gmail.com*

Abstract

The passing tracks between Haurpugur-Cicalengka is a swamp area dominated by clay soil types and beside the railroad track there is a stream that erodes the foot of the roadside slope, so it requires a slope stabilization strengthening method to increase the carrying capacity of the soil on the slope. From the research results it can be known for the soil parameters on the path studied. At the depth of soil layer 1, a depth of 0-4 m, a very soft type of silty loam is obtained. In layer 2, a depth of 5-12 m, the soil type is soft silt loam, and in layer 3, a depth of 13-18 m, it is a stiff sandy clay type. The load that occurs on the embankment consists of locomotive loads, rails, bearings, ballast and subballast with a total stress of 11.20 tons/m². The results of the calculation of the safety factor of the soil carrying capacity of the SF value of 0.75 were obtained. The low soil bearing capacity combined with erosion of the slopes caused by river flows can result in railroad track landslides. Therefore, landslide handling is carried out by strengthening the slopes using the installation of gabions measuring 2 m long, 2 m wide, 1 m high, 100 m long, starting at KM 180+750 to 100 m. KM 180+850. Surface water control is also carried out by planting plants, covering cracks, repairing slope surfaces, and improving drainage by providing a balancing channel between the water flow on the left and right of the road body.

Keywords: Railroad Track, Soil Bearing Capacity, Landslides, Slope, Gabions.

Abstrak

Pada petak jalan antara Haurpugur-Cicalengka merupakan daerah persawahan didominasi jenis tanah lempung serta disamping jalur kereta api terdapat aliran sungai yang menggerus kaki lereng badan jalan, sehingga memerlukan metode perkuatan stabilisasi lereng untuk meningkatkan daya dukung tanah pada lereng. Dari hasil penelitian dapat diketahui untuk parameter tanah pada jalur yang diteliti. Pada kedalaman tanah lapisan 1 kedalaman 0-4 m didapatkan jenis lempung berlumpur yang sangat lunak. Pada lapisan 2 kedalaman 5-12 m jenis tanah merupakan lempung lanau yang lunak, serta pada lapisan 3 kedalaman 13-18 m merupakan jenis tanah lempung berpasir yang kaku. Beban yang terjadi diatas timbunan terdiri dari beban lokomotif, rel, bantalan, balas, dan subbalas dengan tegangan total sebesar 11,20 ton/m². Didapatkan hasil perhitungan faktor keamanan daya dukung tanah nilai SF sebesar 0,75. Rendahnya daya dukung tanah ditambah dengan penggerusan pada lereng yang disebabkan aliran sungai dapat mengakibatkan terjadinya longsor jalur kereta api. Oleh sebab itu dilakukan penanganan longsor dengan perkuatan pada lereng menggunakan pemasangan bronjong ukuran panjang 2 m lebar 2 m tinggi 1 m sepanjang 100 m dimulai pada KM 180+750 s.d. KM 180+850. Serta dilakukan pengendalian air permukaan dengan cara menanam tumbuhan, menutup retakan, perbaikan permukaan lereng, dan perbaikan drainase dengan memberikan saluran penyeimbang antara aliran air sebelah kiri dan kanan badan jalan.

Kata Kunci: Jalur Kereta Api, Daya Dukung Tanah, Longsor, Lereng, Bronjong.

I. PENDAHULUAN

Jalur kereta api adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukan bagi lalu lintas kereta api. Jalur pada petak jalan Haurpugur-Cicalengka merupakan jalur tunggal yang sedang dalam tahap peningkatan menjadi jalur ganda pada kegiatan pengembangan perkeretaapian wilayah Kiaracondong-Cicalengka tahap II segmen Haurpugur-Cicalengka.

Pada petak jalan antara Haurpugur-Cicalengka dengan panjang jalur sekitar 3,8 km yang melewati daerah rawa dengan panjang 1,5 km dan persawahan yang memiliki jenis tanah yang lunak pada kedalaman 0-13 m merupakan tanah Clay dengan konsistensi to medium stiff, dengan nilai N-SPT antara 2-6 sehingga sangat rawan apabila dibangun konstruksi diatasnya tanpa dilakukan perbaikan atau perkuatan tanah. Pada jalur kereta api petak jalan Haurpugur-Cicalengka memiliki permasalahan pada KM 180+750 s.d. KM 180+850 terdapat longsor yang diberi dinding penahan tanah sementara, karena pada kilometer tersebut terdapat lereng cukup curam dengan kedalaman 6 m serta gradien kemiringan sebesar 600 % atau 80,5° dan di samping badan jalan adanya aliran sungai, sehingga memerlukan metode perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukungnya.

II. Metodologi Penelitian

A. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Adapun lokasi penelitian yaitu pada petak jalan antara dua stasiun, Stasiun Haurpugur dan Stasiun Cicalengka khususnya pada KM 180+750 sampai dengan KM 180+850. Dan Waktu penelitian dilaksanakan selama kurun waktu 3 bulan pada masa Praktek Kerja Lapangan tepatnya mulai 6 Maret 2023 sampai dengan 1 Juni 2023.

B. Metode pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan masukan yang berupa informasi baik langsung

maupun tidak langsung, dengan data tersebut kita dapat melakukan analisis dan pembahasan untuk menyelesaikan suatu masalah. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi – instansi terkait. Data primer merupakan data yang diperoleh dengan melakukan peninjauan dilapangan dan melakukan pengukuran sebagai bahan observasi dan penelitian lanjutan

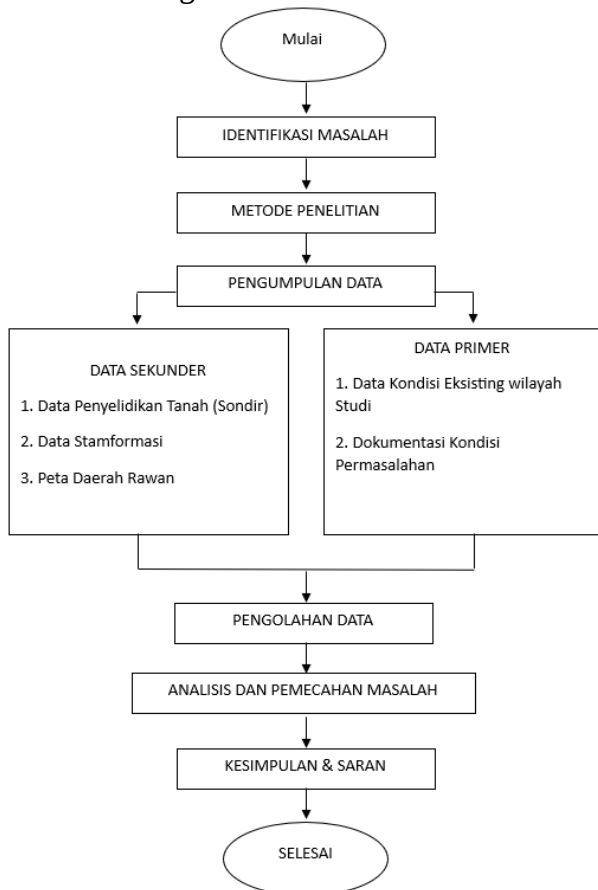
C. Pengolahan Data

Setelah data-data yang diperlukan diperoleh kemudian akan dilakukan beberapa analisis terkait kekuatan tanah dan lereng penopang badan jalan dengan perhitungan pembebanan dan daya dukung tanah. Setelah didapatkan beberapa parameter yang digunakan untuk menunjang perencanaan konstruksi bronjong.

D. Analisis Data

1. Teknis Analisis Data
 - a. Mengitung beban rencan.
 - 1) Beban hidup yaitu beban kereta
 - 2) Beban mati yang terdiri dari beban rel, bantalan, substruktur
 - b. Menganalisis parameter tanah dengan mengkorelasi N-SPT untuk mendapatkan nilai kohesi, sudut geser dalam, dan berat volume tanah.
 - c. Menganalisis kelongsoran dengan menghitung faktor keamanan untuk mengetahui kekuatan daya dukung tanah.
 - d. Melakukan perhitungan kekuatan bronjong dan melakukan desain gambar

2. Bagan Alir Penelitian



Gambar II. 1 Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembebanan Pada Badan Jalan

1. Beban Hidup

Beban gandar sebagai berikut:

W lokomotif CC 206 (berat CC 206)
= 90 ton

Kecepatan, $V = 120$ km/jam

Lokomotif CC 206 memiliki 2 bogie

Berat bogie (P bogie) = $90/2 = 45$ ton

Tiap bogie terdiri dari 3 gandar

Berat gandar (P gandar) = $P \text{ bogie}/3$
= $45/3 = 15$ ton

Tiap gandar terdiri dari 2 roda kereta

Berat roda (P roda) = $P \text{ gandar}/2$
= $15/2 = 7,5$ ton

Lebar bantalan $B = 0,25$ meter

Panjang bantalan $L = 2$ meter

Maka dihitung terlebih dahulu faktor dinamis ϕ menggunakan persamaan berikut.

$$\phi = 1 + \frac{4,5 V^2}{10^5} - \frac{1,5 V^3}{10^7}$$

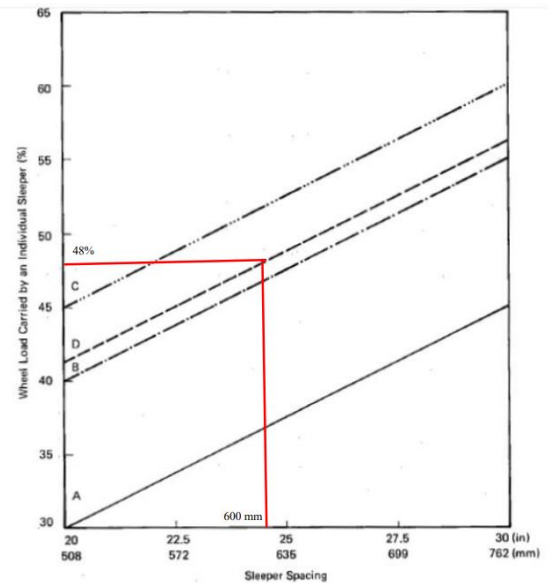
$$\phi = 1 + \frac{4,5 (120)^2}{10^5} - \frac{1,5 (120)^3}{10^7}$$

$$\phi = 1 + 0,649 - 0,2592$$

$$\phi = 1,389$$

Setelah didapatkan nilai faktor dinamis, selanjutnya mencari nilai DF dengan menggunakan grafik dibawah ini sesuai dengan jenis bantalan yang akan dipakai. Dalam perencanaan ini dipakai bantalan jenis beton dengan jarak 600 mm.

Maka dapat diperoleh nilai DF sebagai berikut :



Gambar III. 1 Gambar Grafik hubungan jarak bantalan dengan persentase beban roda yang disalurkan tiap bantalan

Sumber: AREA 1975, Weber 1975

Gambar Grafik hubungan jarak bantalan dengan persentase beban roda yang disalurkan tiap bantalan

Dari grafik tersebut, maka didapatkan nilai DF yaitu 48, kemudian dapat dimasukkan kedalam rumus P_a :

$$P_a = \frac{2Ps(DF)(1 + \phi)}{BL}$$

Dimana:

$$Ps = 7,5 \text{ ton}$$

$$DF = 48$$

$$\Phi = 1,389$$

$$B = 0,25 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$P_a = \frac{2 \cdot 7,5 (0,48)(1 + 1,389)}{0,25 \cdot 2}$$

$$P_a = \frac{15 \cdot 0,48 \cdot 2,389}{0,5}$$

$$P_a = 34,4 \text{ t/m}^2$$

Maka tekanan kontak seragam bantalan adalah $34,40 \text{ t/m}^2$

Distribusi tekanan pada permukaan atas tanah timbunan, σ_z (Talbot)

$$\sigma_z = Pa \left\{ \frac{1}{5.9z^{1.25}} \right\}$$

Data Ballas dan Subballas:

H ballas = 0,4 m (tinggi ballas)

H subballas = 0,3 m (tinggi subballas)

Z = 0,7 m (tinggi ballas dan subballas)

$$\sigma_z = Pa \left\{ \frac{1}{5.9z^{1.25}} \right\}$$

$$\sigma_z = 34,4 \left\{ \frac{1}{5.9(0,7)^{1.25}} \right\}$$

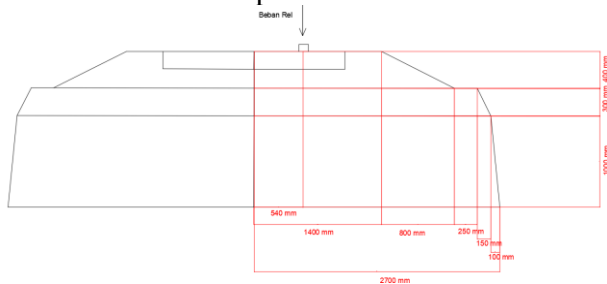
$$\sigma_z = 9,106 \text{ ton/m}^2$$

Maka distribusi beban lokomotif di atas tanah timbunan = $9,106 \text{ t/m}^2$

2. Beban Mati

a. Beban Rel

Data perencanaan :



Gambar III. 2 Dimensi Beban Rel

Berat Rel-R54 Q = $54 \text{ kg/m} = 0,054 \text{ ton/m}$

x = 0,54 m (jarak horizontal ke as timbunan)

z = 0,7 m (ketebalan balas dan subballas)

$$\Delta\sigma_z = \frac{2Qz^2}{\pi(x^2 + z^2)^2}$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{2(0,054)(0,7)^2}{\pi(0,54^2 + 0,7^2)^2}$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{0,0529}{1,92} = 0,0275 \text{ ton/m}^2$$

Maka distribusi beban rel di atas tanah timbunan adalah $0,0275 \text{ ton/m}^2$

b. Beban Bantalan

Menggunakan bantalan beton dengan ukuran penampang:

Panjang bantalan = 2 meter

Lebar atas (A) = 150 mm

Lebar bawah (C) = 250 mm

Ketinggian (t) = 215 mm

Jarak bantalan ke permukaan timbunan (z)

(Z) = tinggi balas – tinggi bantalan + tinggi subballas

$$(Z) = 0,4 - 0,215 + 0,3 = 0,485 \text{ m}$$

Maka luas penampang bantalan beton dapat dihitung:

$$L = \frac{(A+C) \cdot 215}{2}$$

$$L = \frac{(150+250) \cdot 215}{2} = \frac{86000}{2} = 43000 \text{ mm}^2 = 0,043 \text{ m}^2$$

Volume bantalan:

$$V = L \text{ penampang} \times t$$

$$V = 0,043 \times 2 = 0,086 \text{ m}^3$$

Berat bantalan

$$W = \gamma_c \cdot V$$

$$W = 2,4 \text{ ton/m} \cdot 0,086 \text{ m}^3 = 0,2064 \text{ ton/m}^2$$

Tekanan beban bantalan

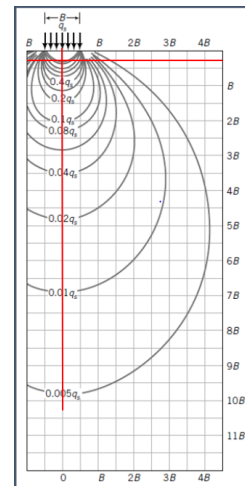
$$q = \frac{W}{A} = \frac{0,2064}{2 \cdot 0,25} = 0,412 \text{ ton/m}^2$$

Tegangan per 1 m dengan jarak antar bantalan 0,6 m

$$q = (0,412 \text{ ton/m}^2 \times 1 \text{ m}') / 0,6 = 0,686 \text{ ton/m}$$

Distribusi beban luasan bantalan:

$$\frac{Z}{B} = \frac{0,485}{2} = 0,24 \text{ (diplot ke grafik)}$$



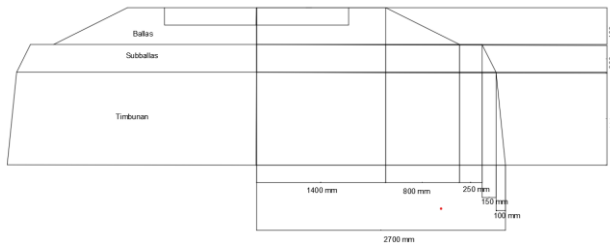
Gambar III. 3 Hasil Ploting Grafik

Tegangan Vertikal di Bawah Bantalan

Maka, dari grafik tersebut diperoleh:

$$\Delta\sigma = 0,9q_s = 0,9 \cdot 0,686 = 0,617 \text{ ton/m}^2$$

c. Beban ballas dan subballas
Data ballas:



Gambar III. 4 Dimensi Badan Jalan Kereta Api KM 180+750 s.d. KM 180+850

Menurut SNI 1725:2016 tentang pembebanan diketahui bahwa berat isi dari balas adalah 22,7 kN/m³. Menurut SNI 1725:2016 tentang pembebanan diketahui bahwa berat isi dari subballas adalah 18,8 kN/m³.

$$\gamma_{\text{ballas}} = 22,7 \text{ kN/m}^3 = 2,27 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_{\text{subballas}} = 18,8 \text{ kN/m}^3 = 1,88 \text{ ton/m}^3$$

$$H_{\text{ballas}} = 0,4 \text{ m}$$

$$H_{\text{subballas}} = 0,3 \text{ m}$$

1) Ballas

Beban ballas per 1 m' dihitung dengan persamaan berikut

$$q = \gamma \times h \times 1 \text{ m}$$

$$q = 2,27 \times 0,4 \times 1 = 0,908 \text{ ton/m}$$

Distribusi beban balas ditimbunan

Hasil pengukuran lebar ballas 220 cm

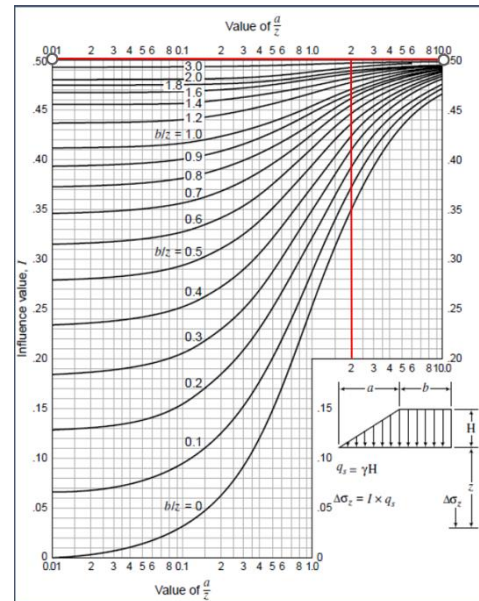
$$a = \text{bahu ballas} = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

$$b = \text{lebar ballas} - \text{bahu ballas} = 220 - 80 = 140 \text{ cm} = 1,4 \text{ m}$$

$$z = \text{tinggi ballas} = 0,4$$

$$\frac{a}{z} = \frac{0,8}{0,4} = 2 \text{ (diplot ke grafik)}$$

$$\frac{b}{z} = \frac{1,4}{0,4} = 5 \text{ (diplot ke grafik)}$$



Gambar III. 5 Hasil Ploting Faktor Pengaruh I Untuk Beban Ballas

Dari grafik tersebut maka diperoleh nilai I = 0,5

$$\Delta\sigma = I \times q \times 2$$

$$\Delta\sigma = 0,5 \times 0,908 \times 2$$

$$\Delta\sigma = 0,91 \text{ ton/m}^2$$

2) Subballas

Beban subballas per 1 m' dihitung dengan persamaan berikut

$$q = \gamma \times h \times 1 \text{ m}$$

$$q = \gamma \times h \times 1 \text{ m}$$

$$q = 1,88 \times 0,3 \times 1$$

$$q = 0,564 \text{ ton/m}$$

Distribusi beban subballas ditimbunan

diasumsikan lebar subballas 290 cm

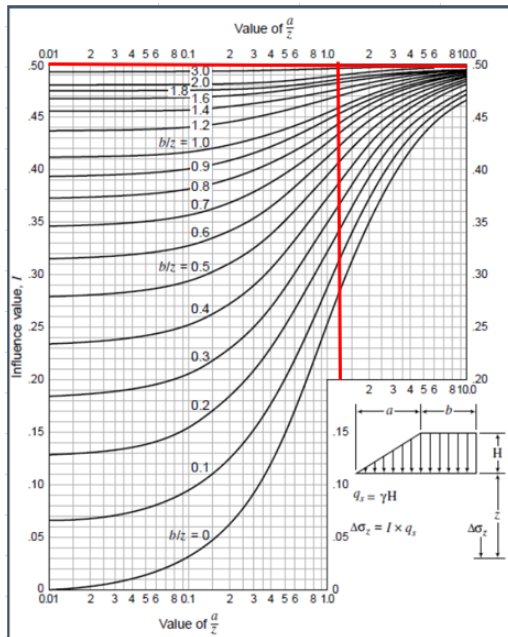
$$a = \text{bahu subballas} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$b = \text{lebar subballas} - \text{bahu subballas} = 290 - 15 = 275 \text{ cm} = 2,75 \text{ m}$$

$$z = \text{tinggi subballas} = 0,3$$

$$\frac{a}{z} = \frac{0,15}{0,3} = 0,5 \text{ (diplot ke grafik)}$$

$$\frac{b}{z} = \frac{2,75}{0,3} = 9,2 \text{ (diplot ke grafik)}$$



Gambar III. 6 Hasil Ploting Faktor Pengaruh I Untuk Beban Ballas
Dari grafik tersebut maka diperoleh nilai $I = 0,5$

$$\Delta\sigma = I \times q \times 2$$

$$\Delta\sigma = 0,5 \times 0,564 \times 2$$

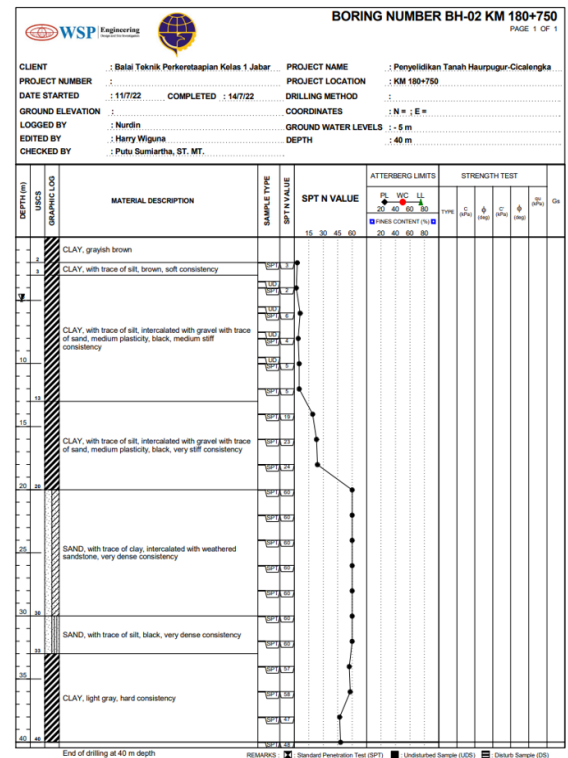
$$\Delta\sigma = 0,56 \text{ ton/m}^2$$

Tabel III. 1 Beban Jalan Rel

No	Jenis Beban	Tegangan σ (ton/m ²)
1	Roda dinamis	9,106
2	Rel R54	0,012
3	Bantalan	0,617
4	Ballas	0,91
5	Subballas	0,56
Σ beban jalan rel		11,20

Maka beban jalan rel adalah 11,20 ton/m²

B. Parameter Tanah



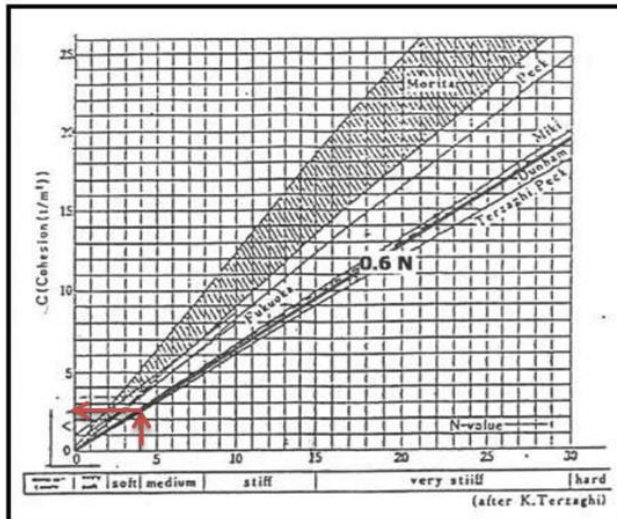
Gambar III. 7 Grafik N-SPT Tanah KM 180+750

Sumber: Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Bandung, 2022

Berdasarkan hasil pengeboran dalam yang disertai pengujian SPT, *standard penetration test* (SPT) dilakukan untuk mengestimasi nilai kerapatan relative dari lapisan tanah yang diuji. Informasi jenis dan komposisi tanah diperoleh dengan mendeskripsikan hasil pengeboran sedangkan informasi kekuatan tanah dilihat dari besarnya nilai N-SPT lapangan. Dari nilai N-SPT dapat digunakan untuk menentukan Kohesi (Cu) sudut geser dalam tanah (ϕ) dan berat volume tanah (γ).

1. Menentukan Kohesi

Nilai Kohesi (Cu) menunjukkan besarnya kohesi tanah. Berdasarkan grafik, secara umum nilai Cu dapat diambil sebesar 0,6 kali nilai N-SPT.



Gambar III. 8 Hubungan nilai kohesi dan N-SPT

Sumber: J.E Bowles, 1984

Tabel III. 2 Korelasi nilai kohesi dan N-SPT pada KM 180+750

No	Jenis Tanah	Depth	N-SPT	Konsistensi	Cu (Kohesi) (Kpa)
1	Clay	0-2	3	Very Soft	18
2	Clay	3	2	Very Soft	12
3	Clay	4	2	Very Soft	12
4	Clay	5	4	Soft	24
5	Clay	6	6	Soft	36
6	Clay	7	5	Soft	30
7	Clay	8	4	Soft	24
8	Clay	9	5	Soft	30
9	Clay	10	5	Soft	30
10	Clay	11	5	Soft	30
11	Clay	12	5	Soft	30
12	Clay	13	14	Medium	84
13	Clay	14	19	Stiff	114
14	Clay	15	21	Stiff	126
15	Clay	16	23	Stiff	138
16	Clay	17	23	Stiff	138
17	Clay	18	24	Stiff	144
18	Clay	19	42	Hard	252
19	Clay	20	60	Hard	360

- Menentukan jenis tanah, sudut geser dalam tanah (ϕ) dan berat volume tanah (γ)

Tabel III. 3 Korelasi N-SPT Dengan Karakteristik Tanah

Cohesionless Soil					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ (kN/m ³)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
ϕ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Cohesive Soil					
N (blows)	<4	4-6	6-15	16-25	>10
γ (kN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Sumber: J.E Bowles, 1984

Tabel III. 4 Korelasi N-SPT dan Karakteristik Tanah pada KM 180+750

No	Jenis Tanah	Depth	N-SPT	Konsistensi	ϕ (°)	γ (kN/m ³)
1	Lempung Berlumpur	0-2	3	Very Soft	0	18
2	Lempung Berlumpur	3	2	Very Soft	0	17
3	Lempung Berlumpur	4	2	Very Soft	0	17
4	Lempung Lanau	5	4	Soft	27	16
5	Lempung Lanau	6	6	Soft	29	18
6	Lempung Lanau	7	5	Soft	28	17
7	Lempung Lanau	8	4	Soft	27	16
8	Lempung Lanau	9	5	Soft	28	17
9	Lempung Lanau	10	5	Soft	28	17
10	Lempung Lanau	11	5	Soft	28	17
11	Lempung Lanau	12	5	Soft	28	17
12	Lempung Berpasir	13	14	Medium	29	17,8
13	Lempung Berpasir	14	19	Stiff	32	17,6
14	Lempung Berpasir	15	21	Stiff	33	18,4
15	Lempung Berpasir	16	23	Stiff	35	19,2
16	Lempung Berpasir	17	23	Stiff	33	19,2
17	Lempung Berpasir	18	24	Stiff	34	20
18	Lempung Berpasir	19	42	Hard	38	32,8
19	Lempung Berpasir	20	60	Hard	42	47,2
20	Lempung Berpasir	21	60	Very Dense	42	18

3. Analisis Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah dihitung dengan persamaan berikut:

$$SF = \frac{q_{max}}{q_{beban}} = \frac{C_u \cdot N_c}{(\gamma \cdot h) + \sigma_z}$$

$$\text{Koheesi (Cu)} = 18 \text{ kPa}$$

$$\text{Berat volume tanah } (\gamma) = 18$$

$$\text{Tinggi timbunan (h)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 0^\circ \text{ (Jenis Tanah lempung very soft)}$$

$$\text{Faktor daya dukung (Nc)} = 5,71$$

Total pembebanan kereta, rel, bantalan, balas, subballas

$$(\sigma_z) = 11,20 \text{ ton/m}^2 = 109,83 \text{ kPa}$$

Maka,

$$SF = \frac{18 \cdot 5,71}{(1,5 \cdot 18) + 109,83} = \frac{102,78}{136,25} = 0,75$$

$$SF = 0,75$$

Berdasarkan SNI 8640:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik. Nilai SF 0,75 kurang dari 1,5 yang artinya tidak aman.

C. Penanganan Longsor Menggunakan Bronjong

Dalam penentuan bronjong tidak serta merta dapat ditentukan langsung diperlukan pengamatan langsung di lokasi dan berbagai pertimbangan ada beberapa jenis dimensi bronjong yang telah ditetapkan dan telah memenuhi standar SNI. Berikut ukuran bronjong menurut SNI 03-0090-1999:

Tabel III. 5 Ukuran Bronjong

Kode	Ukuran (M)			Jumlah Sekat	Kapasitas M ³
	Panjang	Lebar	Tinggi		
A	2	1	1	1	2
B	3	1	1	1	2
C	4	1	1	2	3
D	2	1	1	3	4
E	3	1	0,5	1	1
F	4	1	0,5	2	1,5

Sumber: SNI 03-0090-1999 Kementerian Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Kontruksi

Pemilihan dimensi brojong dalam hal ini menggunakan bronjong kode A dengan dimensi 2 x 1 x 1 m. pemilihan tipe A didasari kondisi lokasi, bahan yang tersedia dan jenis tanah.

Analisis Kapasitas Bronjong

Volume Bronjong (V)

$$V = 2 \times 1 \times 1 = 2 \text{ m}^3$$

Berat Jenis Batu (Bj)

$$Bj = 1,5 \text{ ton/m}^3$$

Berat Bronjong (G)

$$W = V \times Bj$$

$$W = 2 \times 1,5$$

$$W = 3 \text{ ton}$$

Total bronjong dengan panjang 100 m dengan jumlah 12 trap

$$= (12 \times 3) \times 100$$

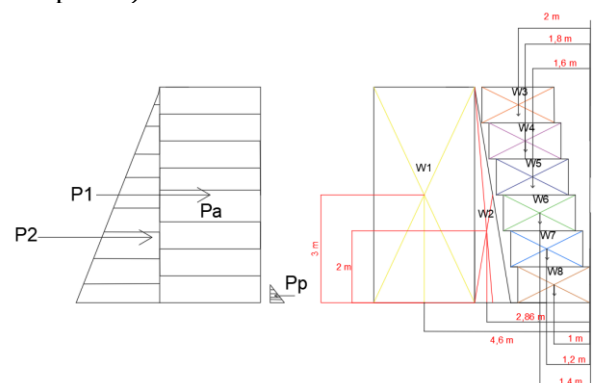
$$= 360 \text{ ton}$$

b. Menghitung Stabilitas Guling

W = luas tanah x γ

Bidang W1, W2 berat jenis tanah $\gamma = 18 \text{ Kn/m}^3$

Bidang W3 W4 W5 W6 (Berat jenis batu pecah) = 15 Kn/m^3



Tabel III. 6 Perhitungan Momen Gaya Vertikal

Bagian	Berat (kN)	Lengan	Momen (kN.m)
W1	$(6) \cdot (2,8) \cdot (18) = 302,4$	4,6	1391,1
W2	$\frac{1}{2} \cdot (6) \cdot (1) \cdot (18) = 54$	2,86	154,4
W3	$(6) \cdot (2) \cdot (15) = 180$	2	360
W4	$(5) \cdot (2) \cdot (15) = 150$	1,8	270
W5	$(4) \cdot (2) \cdot (15) = 120$	1,6	192
W6	$(3) \cdot (2) \cdot (15) = 90$	1,4	126
W7	$(2) \cdot (2) \cdot (15) = 60$	1,2	72
W8	$(1) \cdot (2) \cdot (15) = 30$	1	30
	$\Sigma W = 986,4$		$\Sigma Mw = 2595,5$

Diketahui suatu bronjong menahan beban tanah dengan data-data:

Beban permukaan (q)

$$q = 11,20 \text{ ton/m}^2 = 109,83 \text{ kn/m}^2$$

Tinggi Bronjong diatas tanah (H)

$$h = 6 \text{ m}$$

Data Tanah:

$$\gamma = 18 \text{ Kn/m}^3$$

$$\phi = 29^\circ$$

$$c = 18 \text{ Kpa}$$

Menghitung nilai Ka (koefisien tanah aktif)

$$= \tan^2 (45 - \phi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45 - 29/2)$$

$$K_a = 0,347$$

Tekanan Tanah Aktif

$$P_1 = q \cdot h \cdot K_a$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \gamma \cdot h \cdot K_a$$

Tabel III. 7 Perhitungan Momen Gaya Horizontal

Gaya Lateral (kN)	Lengan	Momen (kN.m)
$P_1 = (6) \cdot (109,83) \cdot (0,347) = 228,66$	3	685,99
$P_2 = \frac{1}{2} (18) \cdot (62) \cdot (0,347) = 112$	2	224
$\Sigma W = 340,66$		$\Sigma M_{gl} = 909,99$

Faktor Keamanan Terhadap Guling

$$F_{gs} = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{gl}} \geq 1,5$$

$$F_{gs} = \frac{2595,5}{909,99}$$

$$= 2,8 \geq 1,5 \text{ (Aman terhadap guling)}$$

c. Menghitung stabilitas geser terhadap pergeseran

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 1,5$$

$$\Sigma P_h = \Sigma P_a - \Sigma P_p$$

ΣP_a = Tekanan tanah aktif & ΣP_p = Tekanan Tanah Pasif

$$\Sigma R_h = c \cdot b + W \tan \phi$$

Dimana

Kohesi $c = 18 \text{ kPa}$

$b = 4 \text{ m}$ (lebar tanah dari as rel sampai dengan bronjong)

$$\Sigma W = 986,4 \text{ kN}$$

$$\phi = 29^\circ$$

$$\Sigma R_h = 18 \cdot 4 + 725,4 \tan 29^\circ = 74 + 986,4 \cdot 0,55 = 74 + 542,52$$

$$\Sigma R_h = 616,52 \text{ Kn/m}$$

$$\Sigma P_h = \Sigma P_a - \Sigma P_p$$

$$\Sigma P_a = P_1 + P_2 = 228,66 + 112 = 340,66$$

$$\Sigma P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

$$\gamma = 18 \text{ kPa}$$

$H = 0,5 \text{ m}$ (Jarak dasar bronjong dengan muka air Sungai)

$$K_p \text{ (koefisien tanah pasif)} = 1/K_a = 1/0,347 = 2,88$$

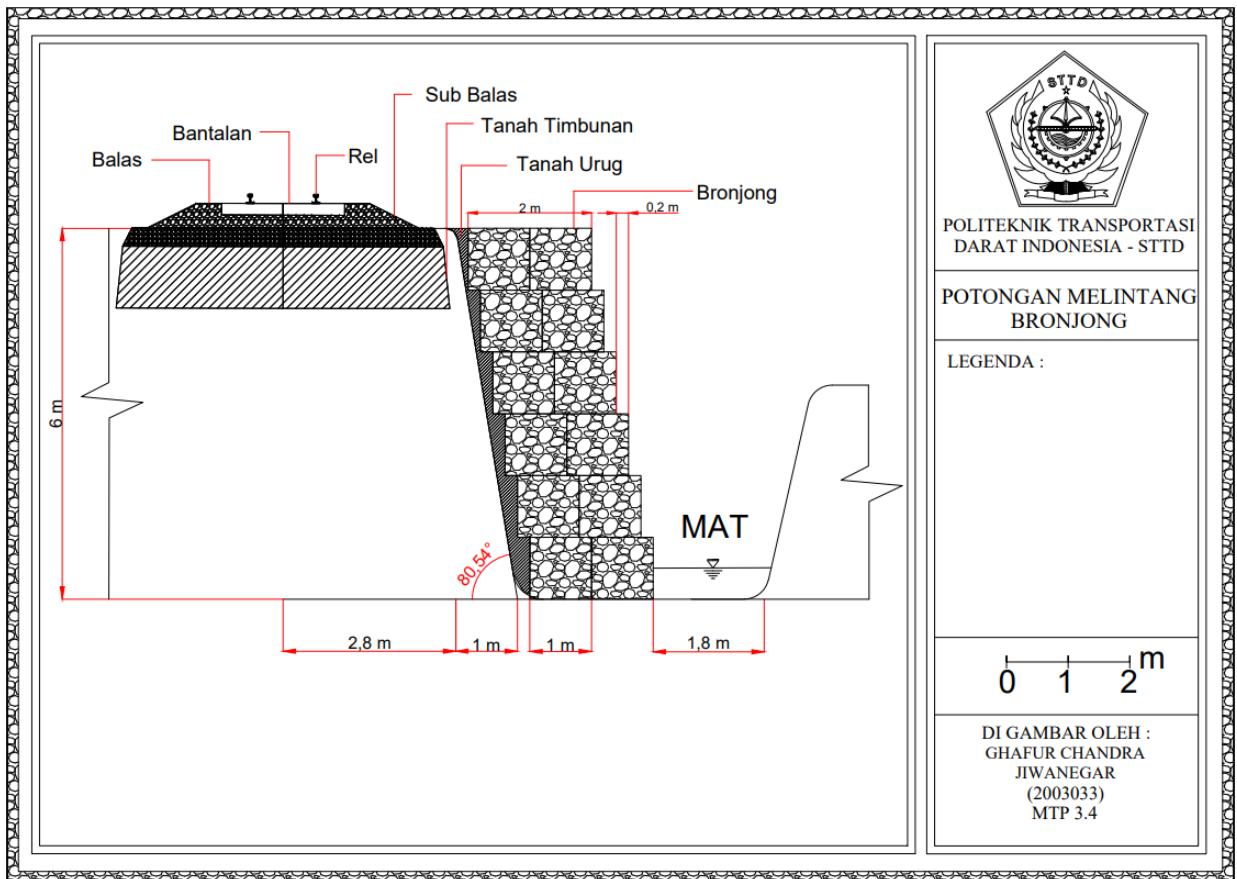
$$\Sigma P_p = \frac{1}{2} 18 \cdot 0,5^2 \cdot 2,88 = 6,48 \text{ Kn}$$

$$\Sigma P_h = \Sigma P_a - \Sigma P_p = 340,66 - 6,48 = 334,18 \text{ kN}$$

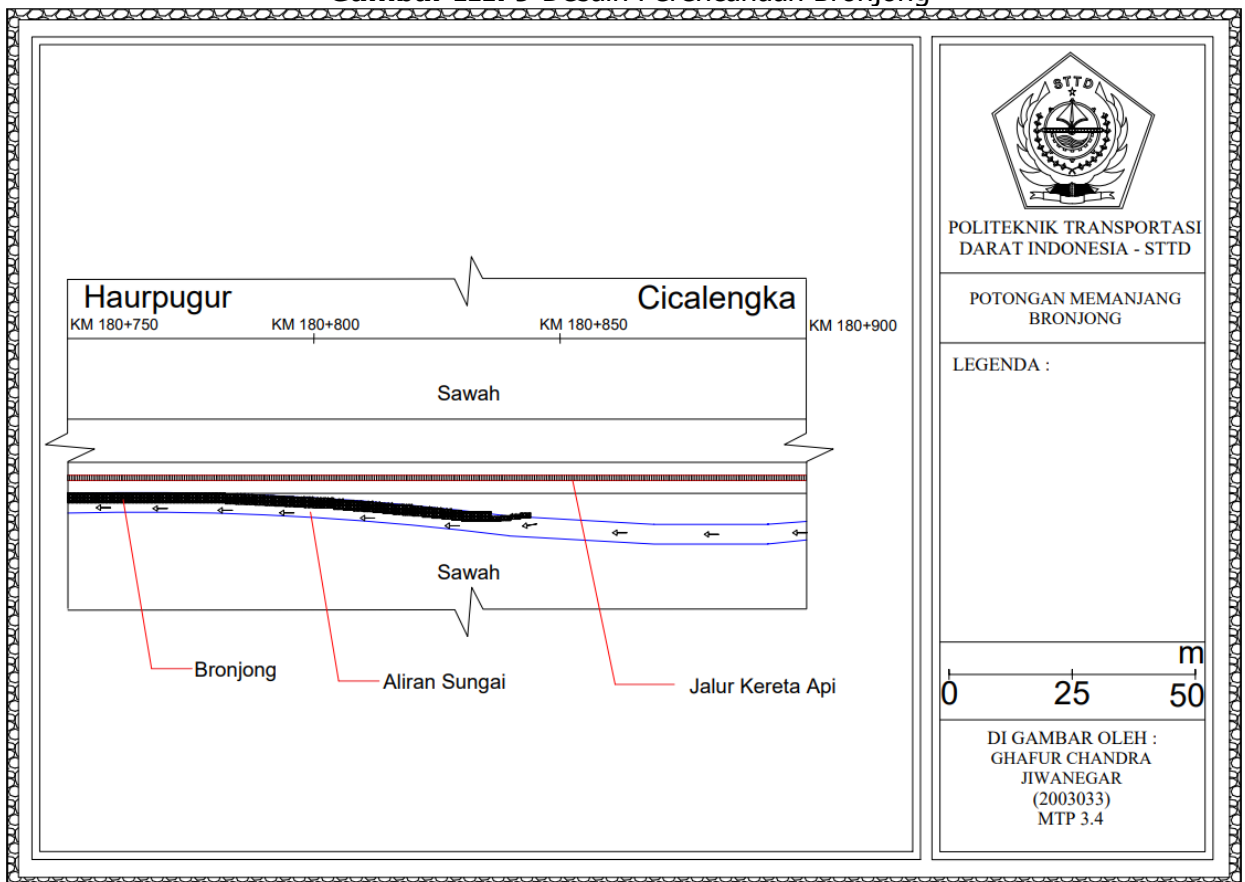
$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} = \frac{616,52}{334,18} = 1,8$$

$$F_{gs} = 1,8 \geq 1,5 \text{ (Aman terhadap geser)}$$

Konstruksi bronjong dinyatakan aman terhadap geser dan geser apabila perbandingan gaya yang bekerja secara vertical pada lereng (ΣV) dengan besar gaya horizontal pada lereng (ΣH) lebih besar dari nilai SF 1,5.



Gambar III. 9 Desain Perencanaan Bronjong



Gambar III. 10 Tampak Atas Perencanaan Bronjong

KESIMPULAN

Parameter tanah pada jalur yang diteliti didominasi tanah lempung lanau yang lunak. Pada tanah lapisan 1 kedalaman 0-4 m didapatkan jenis lempung berlumpur yang sangat lunak. Pada lapisan 2 kedalaman 5-12 m jenis tanah merupakan lempung lanau yang lunak, serta pada lapisan 3 kedalaman 13-18 m merupakan jenis tanah lempung berpasir yang kaku.

Kondisi eksisting pada wilayah kajian mempunyai ketinggian 6 m dengan kemiringan 80,5o. Terdapat aliran sungai di samping jalan kereta api yang dapat mengakibatkan penggerusan pada lereng dan mempercepat longsor. Beban yang terjadi diatas timbunan terdiri dari beban lokomotif, rel, bantalan, balas, dan subbalas dengan tegangan total sebesar 11,20 ton/m² serta dengan parameter tanah yang ada pada lokasi penelitian. Didapatkan hasil perhitungan faktor keamanan daya dukung tanah nilai SF sebesar 0,75 yang artinya tidak aman karena kurang dari 1,5 yang merupakan standar pedoman dari SNI 8460:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik.

Akibat curah hujan cukup tinggi, memungkinkan terjadinya penumpukan debit air pada satu sisi disamping badan jalan, sehingga air akan berusaha mengalir ke area yang lebih rendah melewati badan jalan yang akan mempengaruhi kestabilan tanah.

SARAN

Agar dilakukan perkuatan pada lereng dengan pemasangan bronjong ukuran panjang 2 m lebar 2 m tinggi 1 m sepanjang 100 m dimulai pada KM 180+750 s.d. KM 180+850. untuk mencegah penggerusan pada lereng yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor jalur kereta api.

Agar dilakukan pengendalian air permukaan dengan cara menanam tumbuhan, menutup retakan, perbaikan permukaan lereng, menyiapkan saluran permukaan dan perbaikan drainase dengan memberikan saluran penyeimbang antara aliran air sebelah kiri dan kanan badan jalan melalui bangunan hikmat yang memotong dibawah jalur kereta api. Sehingga tidak ada penumpukan debit air pada satu sisi disamping badan jalan.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2017).
Persyaratan Perancangan Geoteknik.
SNI 8460-2017. Jakarta.
- Doyle N.F. (1980). Railway Track Design A
Review Of Current Practice. BHP
Melbourne Research Laboratories.
Canberra.
- Das, Braja M. (1995). Mekanika Tanah 1.
Erlangga, Jakarta.
- Dwiatmoko, H. (2016). Pengujian Sarana
Perkeretaapian. Jakarta.
- Eva Vannya Martha. (2018). Pelaksanaan
Pekerjaan Bronjong. (2018).
Pelaksanaan Pekerjaan Bronjong.
Diakses pada 18 agustus 2023.
https://simantu.pu.go.id/epel/edok/9fe17_Pelaksanaan_Pek._Bronjong_BT.pdf
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah
II. Gajah Mada University Press,
Yogyakarta.
- Hidayah Nurul. (2022). Analisis Peningkatan
Daya Dukung Tanah Menggunakan
Cerucuk Rel R42 Pada Km 49+500 –
Km 49+750 Proyek Pembangunan
Jalur Ganda Mojokerto – Sepanjang,
Madiun.
- Kementerian Perhubungan. (2012).
Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
PM 60 Tahun 2012, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan
Perumahan Rakyat. (2017).
Implementasi Penanganan Lereng
Terhadap Bahaya Longsor. Diakses
pada 18 Agustus 2023.
[https://simantu.pu.go.id/epel/edok/72464_Modul_5_Implementasi_Penanganan_Lereng_Terhadap_Bahaya_Longsor.p
df.](https://simantu.pu.go.id/epel/edok/72464_Modul_5_Implementasi_Penanganan_Lereng_Terhadap_Bahaya_Longsor.pdf)
- Rizal Dermawansyah & Yonel Takdir.
(2022). Studi Perkuatan lereng
Menggunakan Bronjong Pada Sungai
Pappa kabupaten Takalar, Makasar.