

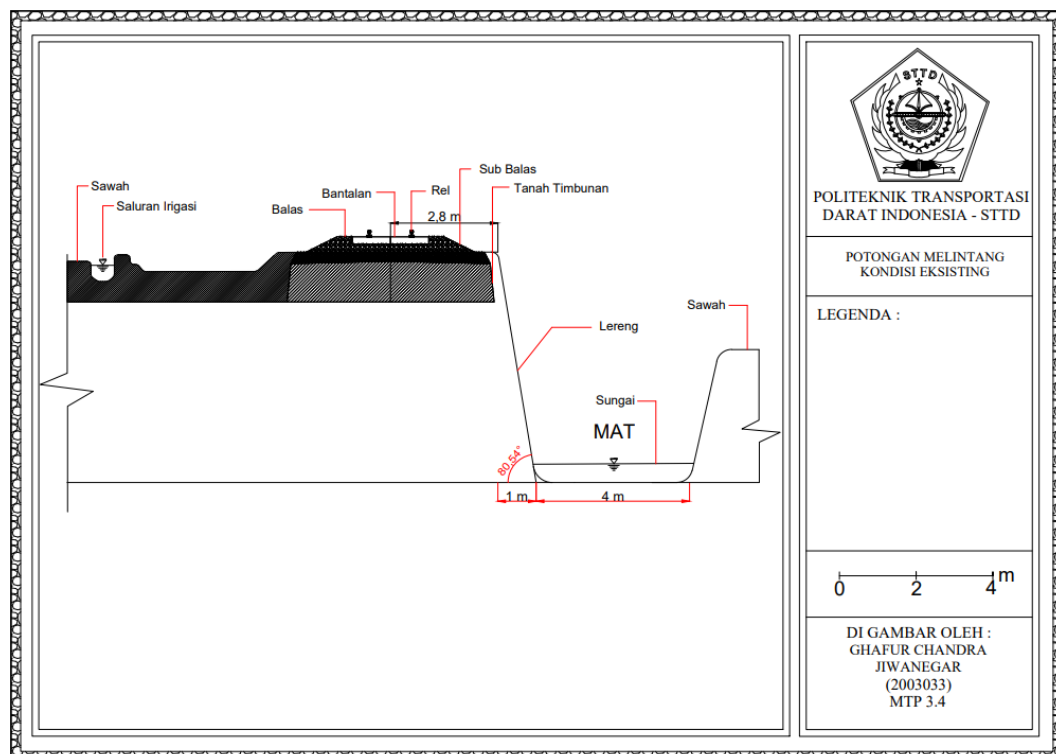
BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMECAHAN MASALAH

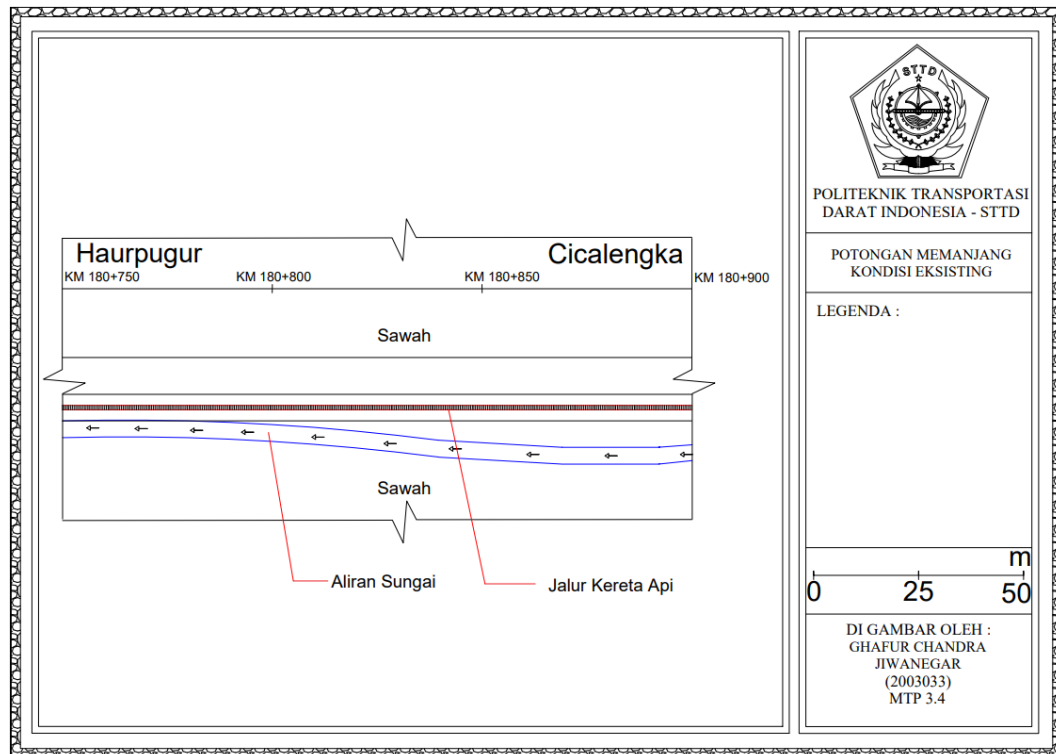
A. Analisis Data

1. Kondisi Eksisting Lereng

Dilihat dari kondisi wilayah penelitian atau studi yang sudah melalui pengamatan secara langsung dan pengukuran kemiringan lereng bahwa ketinggian lereng pada wilayah penelitian yaitu 6 m dengan kemiringan 600% atau kemiringan $80,5^\circ$ dan adanya aliran sungai yang terdapat pada kaki lereng yang berdekatan langsung dengan badan jalan kereta api dan ini hasil pengamatan langsung sepanjang 150 m kondisi wilayah penelitian. Hal ini dapat dilihat dari data peta daerah rawan Daop 2 Bandung dimana lokasi tersebut menjadi titik rawan longsor sekitar pangkal terdapat pada KM 180+750 – KM 180+850 antara stasiun Haurpugur-Cicalengka. Berikut hasil gambar potongan melintang dan memanjang kondisi eksisting lereng.



Gambar V. 1 Potongan Melintang Kondisi Eksisting



Gambar V. 2 Tampak Atas Kondisi Eksisting

2. Pembebanan

a. Beban Lokomotif

Beban lokomotif yang digunakan merupakan lokomotif CC 206 dengan berat lokomotif yaitu 90 ton. Hal ini didasari dari data rekap kereta yang melintas pada petak jalan Haurpugur-Cicalengka. Lokomotif CC 206 memiliki 2 bogie dengan tiap bogie terdiri dari 3 gandar dan tiap gandar terdiri dari 2 roda kereta. Berikut merupakan perhitungan beban lokomotif.

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.

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

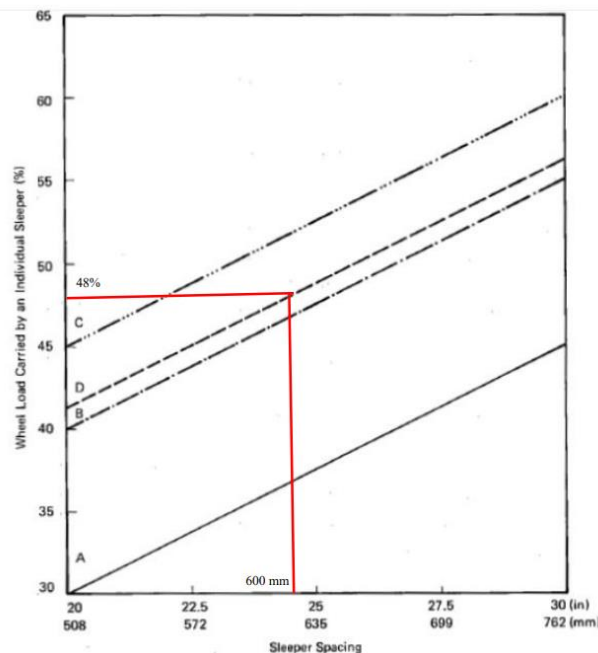
$$\phi = 1 + \frac{4,5 (120)^2}{10^5} - \frac{1,5 (120)^3}{10^7}$$

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

$$\phi = 1,389$$

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 V. 3 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_α :

$$P_\alpha = \frac{2P_s(DF)(1 + \phi)}{BL}$$

Dimana:

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

$$DF = 48$$

$$\phi = 1,389$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_z = P_\alpha \left\{ \frac{1}{5,9z^{1,25}} \right\}$$

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)

$$\sigma_z = P_\alpha \left\{ \frac{1}{5,9z^{1,25}} \right\}$$

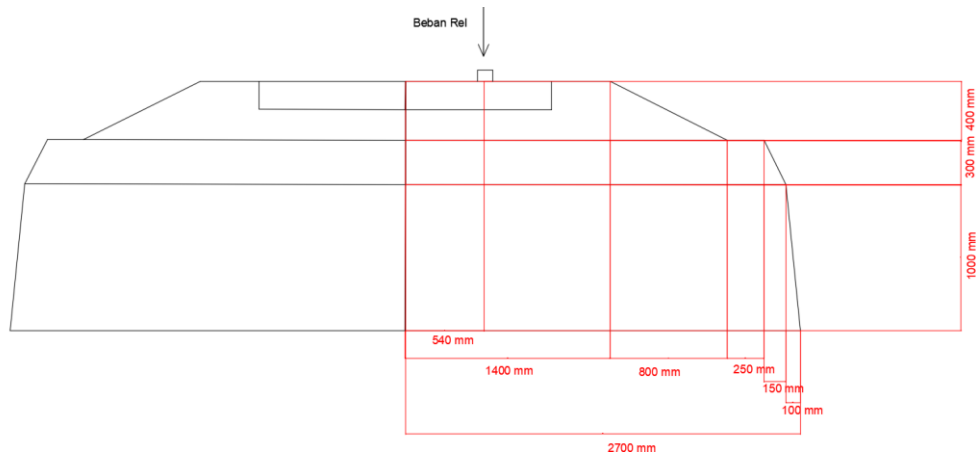
$$\sigma_z = 34,4 \left\{ \frac{1}{5,9(0,7)^{1,25}} \right\}$$

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

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

b. Beban Rel

Data perencanaan :



Gambar V. 4 Dimensi Beban Rel

Berat Rel-R54 Q = 54 kg/m = 0,054 ton/m

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

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

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

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

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

Maka distribusi beban rel di atas tanah timbunan adalah 0,0275 ton/m²

c. 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 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:

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

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

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

$$q = \frac{W}{A}$$

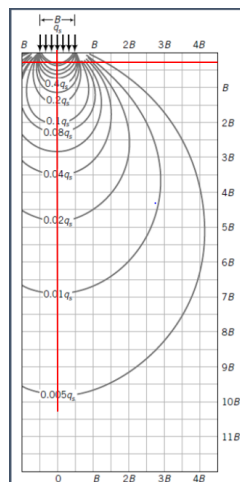
$$q = \frac{0,2064}{2 \cdot 0,25} = 0,412 \text{ ton/m}^2$$

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:

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



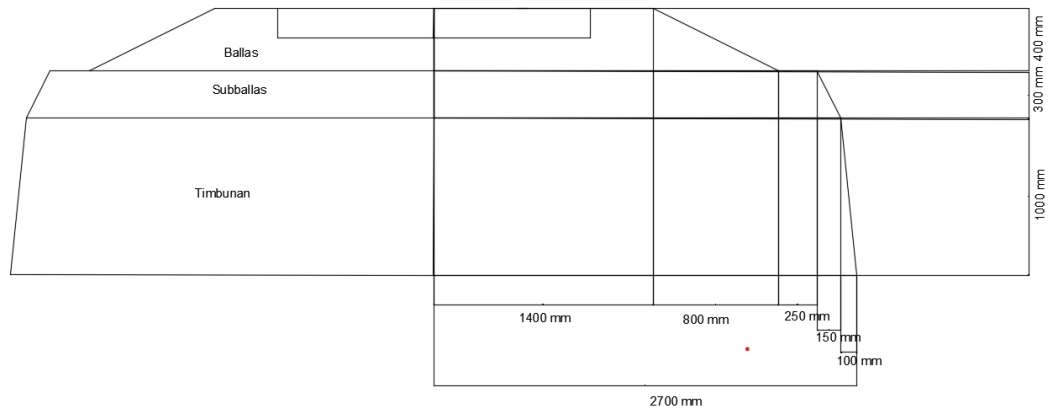
Gambar V. 5 Hasil Ploting Grafik Tegangan Vertikal di Bawah Bantalan

Maka, dari grafik tersebut diperoleh:

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

d. Beban ballas dan subballas

Data ballas:



Gambar V. 6 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 $22,7 \text{ kN/m}^2$. Menurut SNI 1725:2016 tentang pembebanan diketahui bahwa berat isi dari subballas adalah $18,8 \text{ kN/m}^2$.

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

$$\gamma \text{ subballas} = 18,8 \text{ kN/m}^2 = 1,88 \text{ ton/m}^3$$

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

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

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

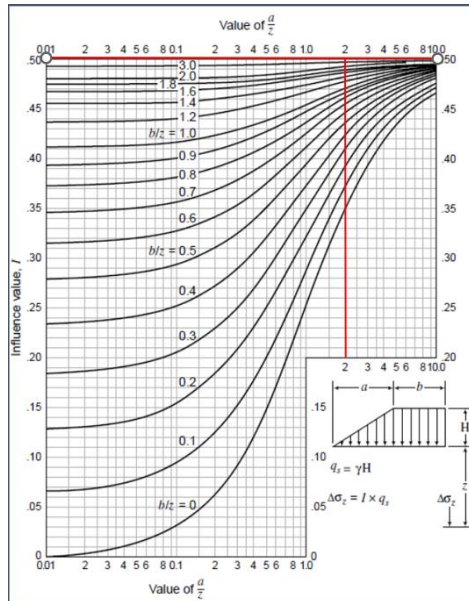
$$a = \text{bahu ballas} = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

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

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

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

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



Gambar V. 7 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

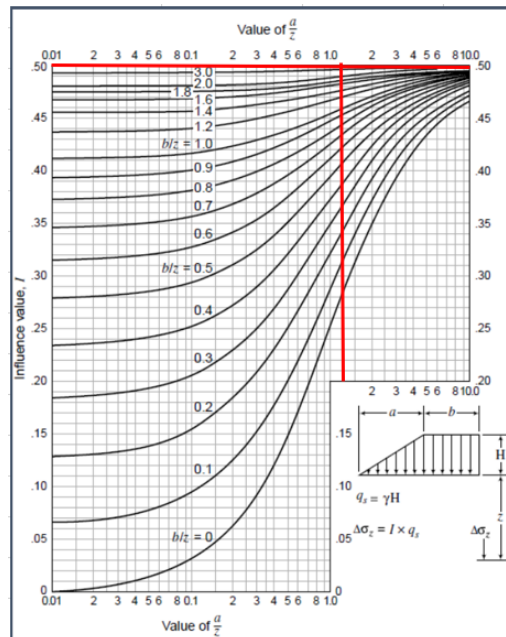
$$a = \text{bahu subballas} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$b = \text{lebar subballas-bahu subballas} = 260-15 = 245 \text{ cm} = 2,45 \text{ m}$$

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

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

$$\frac{b}{z} = \frac{2,45}{0,3} = 8,2 \text{ (diplot ke grafik)}$$



Gambar V. 8 Hasil Ploting Faktor Pengaruh I Untuk Beban Ballas

Dari grafik tersebut maka diperoleh nilai $I = 0,5$

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

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

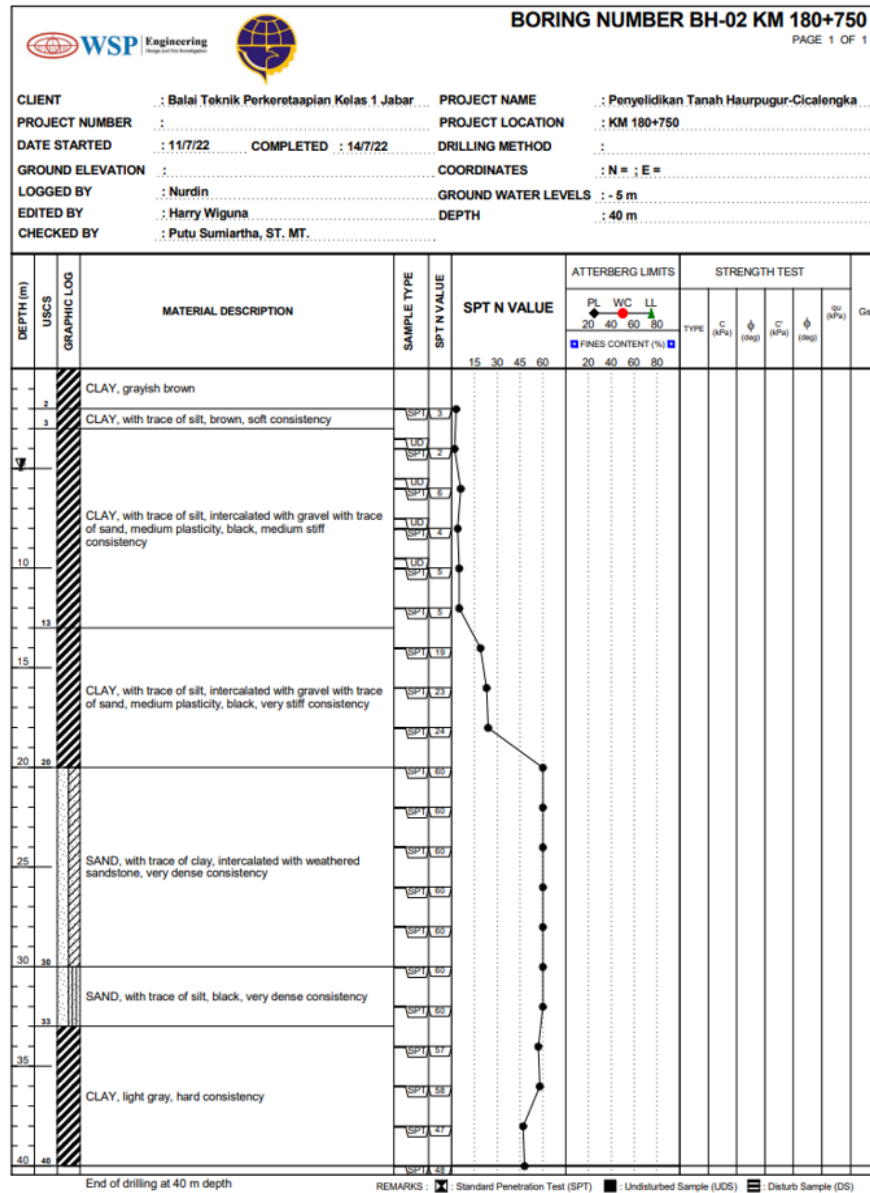
$$\Delta\sigma = 0,56 \text{ ton/m}^2$$

Tabel V. 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

3. Parameter Tanah



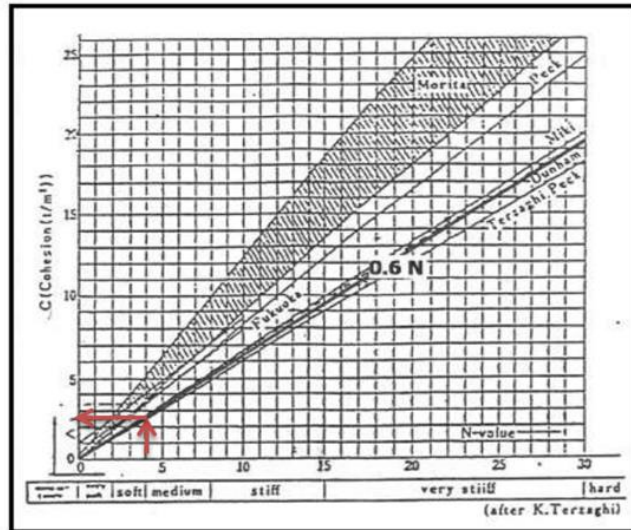
Gambar V. 9 Grafik N-SPT Tanah KM 180+750

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).

a. Menentukan Kohesi

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



Gambar V. 10 Hubungan nilai kohesi dan N-SPT

Sumber: J.E Bowles, 1984

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

No	Jenis Tanah	Depth	N-SPT	Konsistensi	C_u (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

Tabel V. 2 Lanjutan

No	Jenis Tanah	Depth	N-SPT	Konsistensi	Cu (Koheksi) (Kpa)
16	Clay	17	23	Stiff	138
17	Clay	18	24	Stiff	144
18	Clay	19	42	Hard	252
19	Clay	20	60	Hard	360

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

Tabel V. 3 Korelasi N-SPT Dengan Karakteristik Tanah

<i>Cohesionless Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	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	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<i>Cohesive Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	<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	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Sumber: J.E Bowles, 1984

Tabel V. 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

Tabel V. 4 Lanjutan

No	Jenis Tanah	Depth	N-SPT	Konsistensi	ϕ (°)	γ (kN/m ³)
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

4. Analisis Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah dihitung dengan persamaan berikut:

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

Kohesi (C_u) = 18 kPa

Berat volume tanah (γ) = 18

Tinggi timbunan (h) = 1 m

Sudut geser dalam (ϕ) = 0° (Jenis Tanah lempung *very soft*)

Faktor daya dukung (N_c) = 5,71

Total pembebanan kereta, rel, bantalan, balas, subballas

(σ_z) = 11,20 ton/m² = 109,83 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.

B. Pemecahan Masalah

1. Perbandingan Sistem Penanganan Longsoran

Setiap metode penanganan longsor memiliki berbagai kendala ataupun kemudahan pada aspek tertentu. Kesesuaian Metode Penanganan Longsoran dengan memperhatikan beberapa faktor, faktor biaya, waktu pelaksanaan, teknis pelaksanaan, ketersediaan material dan mobilisasi peralatan. Metode perkuatan lereng dengan bronjong dianggap paling efektif menangani longsoran pada lereng tubuh jalan kereta api di KM 180+750 sampai dengan 180+850 pada petak jalan Haurpugur-Cicalengka. Karena pada lokasi tersebut terdapat erosi pada kaki lereng yang diakibatkan aliran Sungai yang mana memerlukan antisipasi dengan dinding penahan yang memberikan perlindungan terhadap erosi atau gerusan dari sungai serta menahan beban jalan rel di atasnya.

Mengendalikan air permukaan dalam perbaikan lereng terutama untuk mengantisipasi terjadinya longsoran. Pengendalian air mengurangi berat massa tanah yang bergerak dan meningkatkan kekuatan material tanah pembentuk lereng. Dua hal yang harus diperhatikan adalah air permukaan lereng dan air yang meresap/masuk ke dalam tanah, sehingga harus dilakukan untuk mencegah yaitu air permukaan termasuk genangan air dialirkan, sedangkan mata air atau air rembesan di daerah lereng dialirkan pula sehingga tidak mengganggu stabilitas lereng.

Berikut adalah tabel dari masing-masing jenis metode penanganan daerah longsoran.

Tabel V. 5 Sistem Penanganan Longsoran

NO	Metode Penanganan	Kelebihan	Kekurangan
1	Bronjong	Fleksibel dan praktis saat pembangunan dapat menyesuaikan cuaca	Umur kawat baja yang tidak bertahan lama ketahanan susunan bronjong dapat berubah
		Daya tahan tinggi kemungkinan rusak dan bergeser sangat minim apabila susunan batu dari kualitas batu yang baik	Membutuhkan pekerja yang banyak dalam merangkai bronjong
		Material mudah didapatkan, kontruksi sederhana tidak perlu tenaga ahli dan alat berat sehingga lebih murah biaya pembangunannya	Tidak cocok digunakan pada air dengan kadar garam tinggi, karena dapat merusak kawat dengan cepat

Tabel V. 6 Metode Pengendalian Air Tanah

NO	Metode Mengendalikan Air	Keterangan
1	Saluran Permukaan	Saluran permukaan sebaiknya dipasang di luar lereng yang berpotensi mengalami longsor dan secara penuh mengelilingi area lereng dengan mengikuti kontur sehingga dapat mencegah aliran yang datang dari lokasi yang lebih tinggi. Untuk saluran terbuka yang dipasang pada daerah lereng harus diberi kemiringan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air secara cepat agar air tidak meresap.
2	Menutup Retakan/Retakan	Penutupan retakan dapat memperbaiki kondisi pengaliran air permukaan lereng. Retakan dapat ditutup dengan semen yang disesuaikan dengan jenis tanahnya. Penutupan retakan akan mencegah masuknya air permukaan, sehingga tidak akan menimbulkan naiknya tekanan hidrostatik atau lembeknya massa tanah sehingga bergerak
3	Perbaikan Permukaan Lereng <i>Regrading</i>	Perbaikan permukaan lereng dapat dilakukan dengan meratakan permukaannya (adanya tonjolan, cekungan) sehingga dapat mempercepat aliran dari tinggi ke rendah dan memperkecil rembesan air
4	Menanam Tumbuhan	Penanaman tumbuhan dimaksudkan untuk mencegah erosi tanah permukaan, mengurangi peresapan air permukaan dan pengaruh cuaca. Penanaman tumbuhan yang dilakukan antara lain dengan penaburan biji rerumputan atau rumput. Untuk mempercepat air limpasan permukaan,

2. 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 V. 7 Ukuran Bronjong

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

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.

a. 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

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

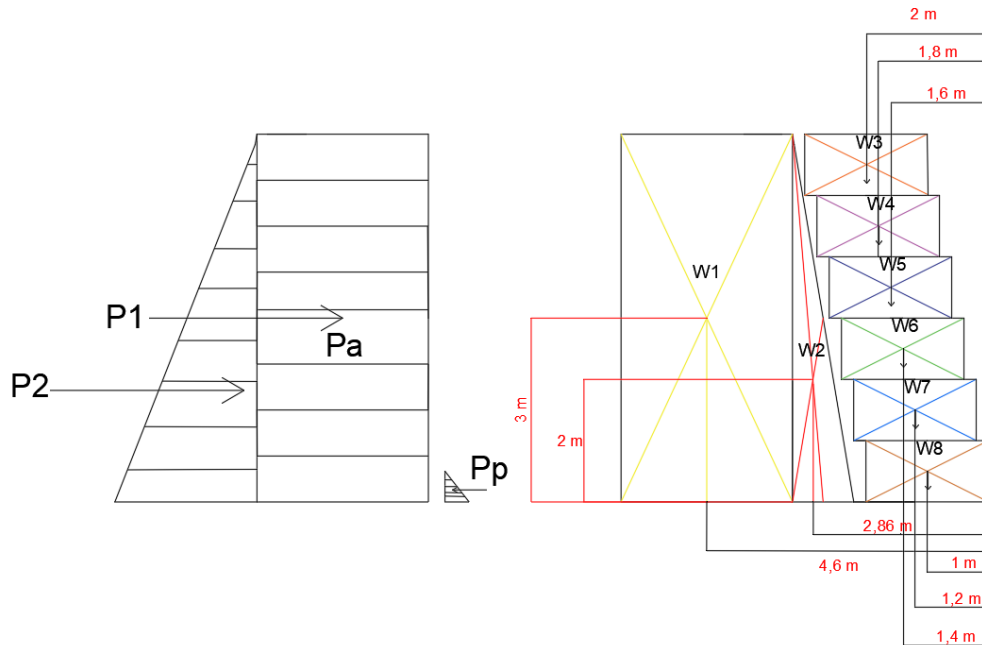
$$= 360 \text{ ton}$$

b. Menghitung Stabilitas Guling

$$W = \text{luas tanah} \times \gamma$$

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 V. 8 Perhitungan Momen Gaya Vertikal

Bagian	Berat (kN)	Lengan (m)	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
	$\Sigma W = 986,4$		$\Sigma M_w = 2595,5$

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

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

$$Ka = 0,347$$

Tekanan Tanah Aktif

$$P1 = q \cdot h \cdot Ka$$

$$P2 = \frac{1}{2} \gamma \cdot h \cdot Ka$$

Tabel V. 9 Perhitungan Momen Gaya Horizontal

Gaya Lateral (kN)	Lengan (m)	Momen (kN.m)
$P1 = (6) \cdot (109,83) \cdot (0,347) = 228,66$	3	685,99
$P2 = \frac{1}{2} \cdot (18) \cdot (6^2) \cdot (0,347) = 112$	2	224
$\Sigma W = 340,66$		$\Sigma Mgl = 909,99$

Faktor Keamanan Terhadap Guling

$$Fgs = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} \geq 1,5$$

$$Fgs = \frac{2595,5}{909,99}$$

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

c. Menghitung stabilitas geser terhadap pergeseran

$$Fgs = \frac{\Sigma Rh}{\Sigma Ph} \geq 1,5$$

$$\Sigma Ph = \Sigma Pa - \Sigma Pp$$

$$\Sigma Pa = \text{Tekanan tanah aktif} \ \& \ \Sigma Pp = \text{Tekanan Tanah Pasif}$$

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

Dimana

Kohesi $c = 18 \text{ kPa}$

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

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

$\phi = 29^\circ$

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

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

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

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

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

$\gamma = 18 \text{ kPa}$

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

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

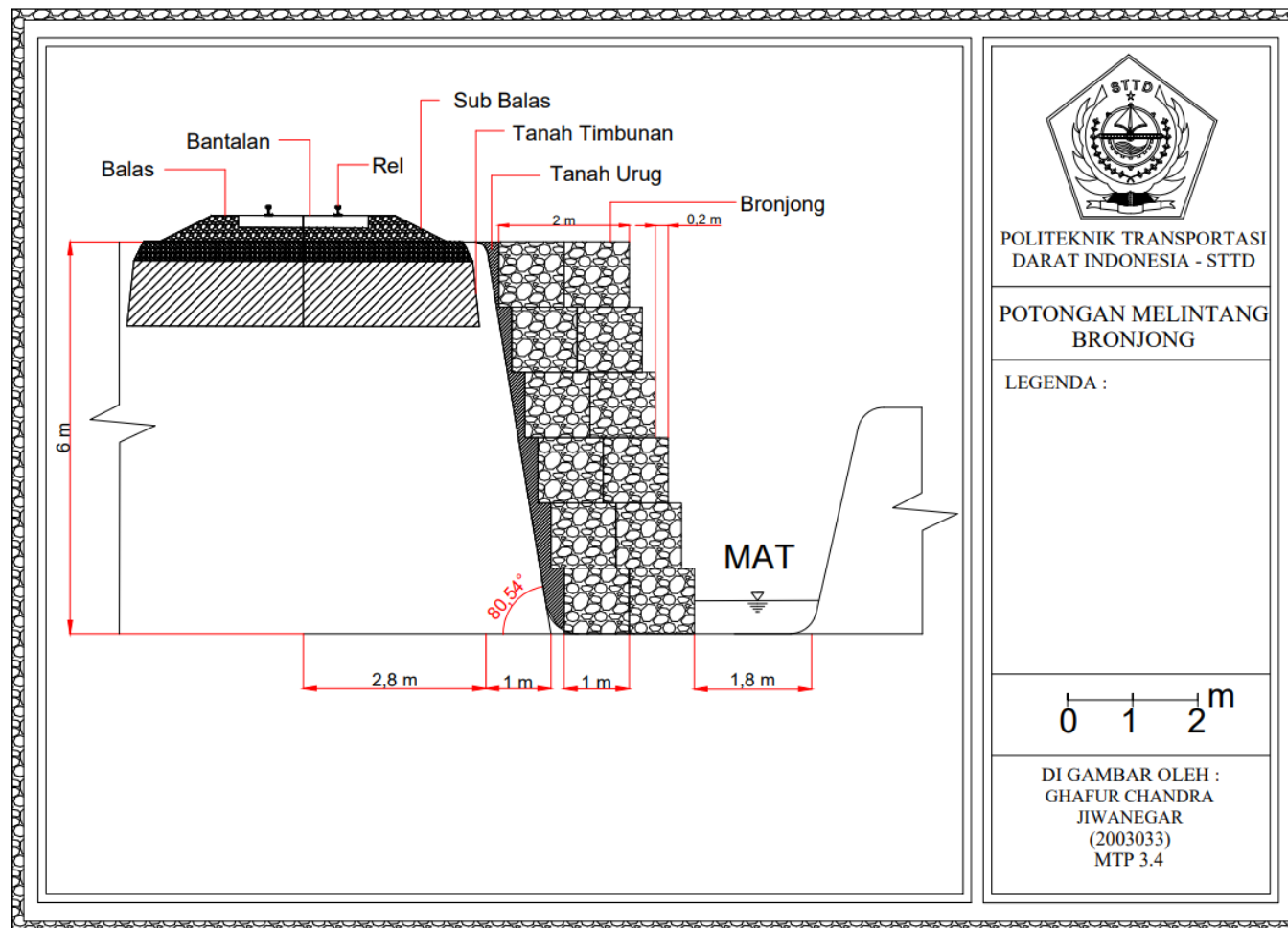
$$\Sigma P_p = \frac{1}{2} 18 \cdot 0,5^2 \cdot 2,88 = 6,48 \text{ Kn}$$

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

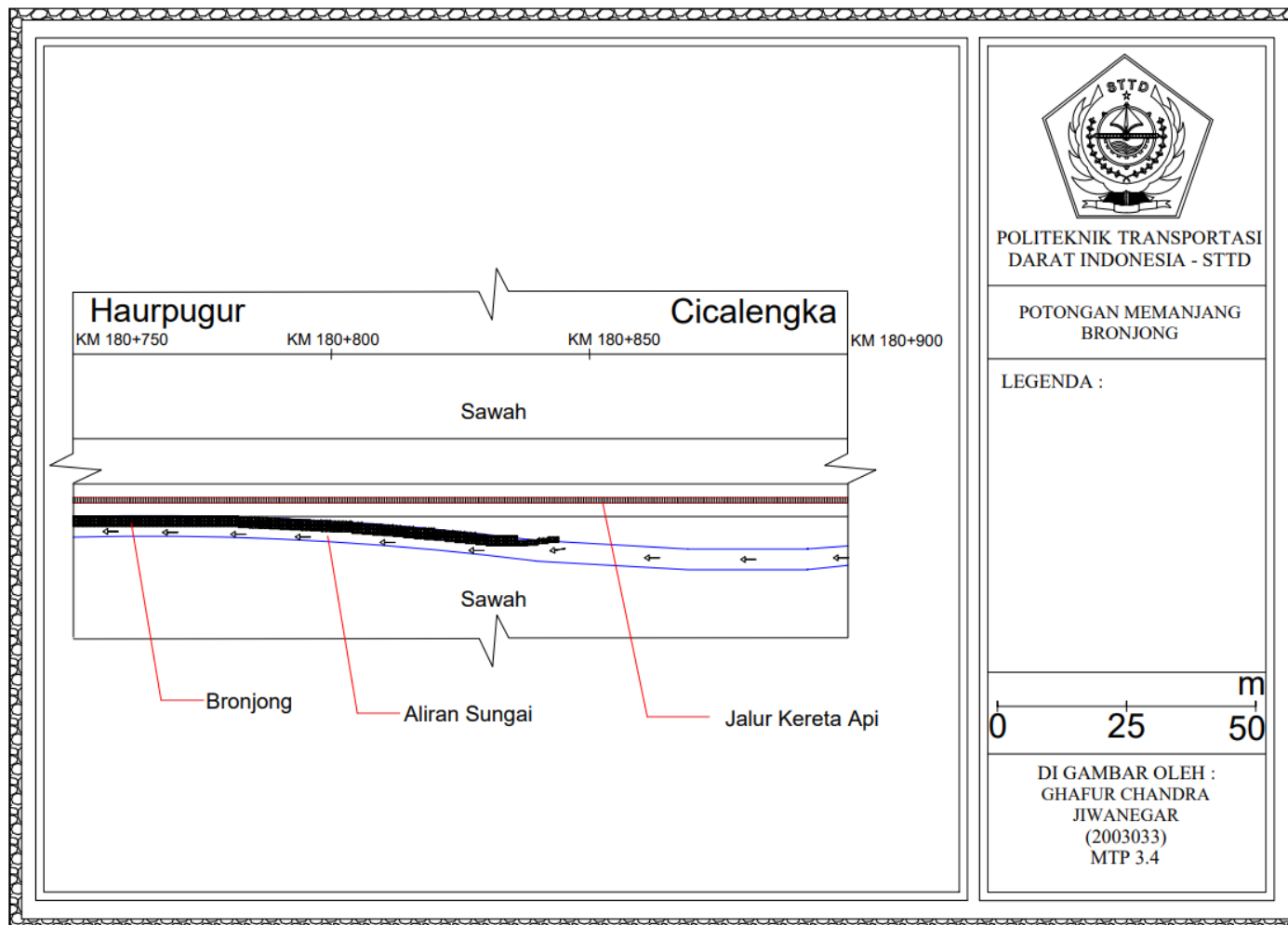
$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} = \frac{616,52}{334,18} = 1,8$$

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

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 V. 11 Desain Perencanaan Bronjong



Gambar V. 12 Tampak Atas Perencanaan Bronjong

Metode pemasangan sebagai berikut:

- 1) Pemasangan bronjong dimulai dengan melakukan pembersihan lokasi, pengukuran dan pematokan area kerja.
- 2) Anyaman kawat baja berlapis zenk direntangkan yang telah ditentukan ukuran lebar panjang tingginya untuk memperoleh bentuk serta posisi yang sudah ditentukan.
- 3) Kemudian anyaman yang berbentuk kubus tersebut dapat diisi dengan batu kali dengan ukuran ± 30 cm. Bronjong harus padat tetapi dapat mengalirkan air melalui sela-sela batu.
- 4) Setelah batu disusun dan diperoleh dimensi bronjong yang sudah diteapkan maka dilakukan uji kepadatan jika setelah dibebani dan digeser tetap kokoh maka bronjong dinyatakan telah kuat terhadap beban dan dorongan.
- 5) Selanjutnya dilakukan penutupan anyaman bronjong dengan penguncian kawat penutup dengan menyulam tepi-tepi kawat penutup
- 6) Pada setiap penyusunan bronjong dari mulai bawah sampai atas dilakukan pengurukan tanah timbunan pada celah antar lereng dengan bronjong.