

## ANALISIS PERKUATAN TUBUH BAAN JALAN KERETA API MENGUNAKAN GABION DAN GEOTEXTILE PADA KM 109+850 s/d 110+000 ANTARA BARON-SUKOMORO LINTAS SURABAYA-SOLO

**Ahmad Luthfil Hakim<sup>1</sup>, Siswoyo<sup>2\*</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email: <sup>1</sup> [luthfil.cremona@gmail.com](mailto:luthfil.cremona@gmail.com) & <sup>2</sup> [siswoyosecure@gmail.com](mailto:siswoyosecure@gmail.com)\*

(\*) Penulis Koresponden

**ABSTRAK:** Kondisi tanah pada ruas jalan KA km 109+850 s/d 110+000 antara Baron – Sukomoro lintas Surabaya – Solo merupakan tanah kohesif. Salah satu permasalahan yang sering timbul pada lereng timbunan akibat tanah dasar dengan jenis tanah kohesif tersebut adalah pergeseran tanah (*sliding*) secara rotational. Hal ini dibutuhkan perhatian khusus karena dapat mengakibatkan kegagalan struktur pada struktur di atasnya. Untuk mengantisipasi hal tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan perkuatan struktur pada lereng timbunan dengan jenis tertentu yang dianggap efektif dan dapat diaplikasikan di lapangan.

Penambahan perkuatan yang akan dilakukan pada lereng tubuh baan ini dengan penambahan *gabion* sebagai penahan di sisi luar timbunan. Penentuan metode perbaikan tanah dilakukan berdasarkan kondisi geologi pada lapisan tanah, karakteristik tanah, ketersediaan material, biaya dan pengalaman. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dinding penahan tanah *gabion* dan dikombinasikan dengan *geotextile* sebagai perkuatan lereng di ruas jalan KA km 109+850 s/d 110+000 antara Baron – Sukomoro lintas Surabaya – Solo. Dilakukan analisa menggunakan program bantu Plaxis 2D v20 terhadap perkuatan tersebut, didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,048 dimana hasil tersebut dibawah persyaratan SNI 8460:2017 pasal 7.5.5 sehingga dapat disimpulkan bahwa tubuh baan jalan KA pada lokasi tersebut tidak stabil jika hanya menggunakan perkuatan dinding *gabion* dan *geotextile*. Untuk itu digunakan alternatif perkuatan dengan penambahan minipile persegi dengan ukuran 30x30cm panjang 6m dengan jarak pemancangan 1m. Dengan penambahan perkuatan tersebut didapatkan nilai factor keamanan timbunan meningkat menjadi 3,117 > 1.5 yang disyaratkan oleh SNI 8460:2017 pasal 7.5.5.

**KATA KUNCI:** Faktor Keamanan, *Gabion*, *Geotextile*, Pergeseran Tanah (*Sliding*), Perkuatan Tubuh baan, Tanah Kohesif

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara dengan jumlah penduduk terbanyak didunia, jumlah penduduk Indonesia per-Juni 2022 sebanyak 275.361.267 Jiwa. Masyarakat Indonesia pada umumnya melakukan perjalanan dengan tujuan berbeda dan memerlukan sarana penunjang perjalanan seperti kendaraan pribadi ataupun kendaraan/angkutan umum. Angkutan umum berdasarkan jadwal dan ruti ada dua macam, pertama yaitu angkutan umum masstransit adalah angkutan yang mempunyai jadwal dan rute yang tetap dengan pemberhentian yang pasti atau jelas, sedangkan angkutan umum paratransit yaitu jenis angkutan yang tidak mempunyai jadwal dan rute yang tetap dalam beroperasi.

Angkutan umum sangat dibutuhkan masyarakat khususnya di Indonesia sebagai sarana transportasi masal untuk memenuhi perekonomian, karena sebagian besar masyarakat tidak mempunyai kendaraan pribadi dan tingkat perekonomian rendah, sehingga sangat diperlukan pembangunan atau

peningkatan kualitas pelayanan transportasi masal. Salah satu transportasi masal yang mengalami peningkatan penumpang dan sering digunakan oleh masyarakat yaitu kereta api.

Pembangun dan pengembangan jalur ganda Kereta Api (KA) untuk beberapa rute perjalanan sedang dilaksanakan oleh pemerintah saat ini. Pembangunan jalur ganda KA sudah dimulai sejak tahun 2012. Pada saat ini jalur untuk rute Jakarta - Surabaya sudah menggunakan jalur ganda dan beroperasi sejak 2014. Jalur ganda merupakan jalur kereta api yang berjumlah dua atau lebih dengan maksud supaya setiap jalur digunakan untuk arah yang berbeda untuk meningkatkan atau menambah kapasitas lintas dan menghindari resiko kecelakaan kepala dengan kepala. Selain itu dapat menjadi solusi jika terjadi gangguan pada salah satu jalur (Wikipedia, 2014).

Berdasarkan data inventarisasi prasarana daerah rawan yang dimiliki oleh Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Timur pada Km 109+850 s/d Km 110+000 antara Baron

# ANALISIS PERKUATAN TUBUH BAAN JALAN KERETA API MENGGUNAKAN GABION DAN GEOTEXTILE PADA KM 109+850 s/d 110+000 ANTARA BARON-SUKOMORO LINTAS SURABAYA-SOLO

(Ahmad Luthfil Hakim, Siswoyo)

– Sukomoro Lintas Surabaya – Solo merupakan daerah rawan gangguan perjalanan kereta api (Peta daerah rawan Daop 7 Madiun, 2016). Pada daerah tersebut pada tubuh baan eksisting telah dipasang penahan tanah berupa pasangn batu bronjong dan diperkuat dengan terucuk rel. dari kondisi tersebut maka pada daerah tersebut memerlukan penanganan khusus pada tubuh baan. Berikut merupakan letak lokasi KM 109+850 s/d KM 110+000 antara Baron – Sukomoro Lintas Surabaya – Solo

Kendala pembangunan konstruksi yang sering dihadapi salah satunya kondisi tanah lunak atau tanah keras yang terlalu dalam, salah satunya pada jalur KA km 109+850 s/d 110+000 antara Baron – Sukomoro lintas Surabaya - Solo. Konstruksi yang dibangun pada tanah lunak tersebut seperti timbunan, embakment, ataupun bangunan sering terjadi permasalahan waktu konsolidasi lama, pemadatan tanah sulit, timbunan tidak setabil dan tingkat penurunan tinggi.

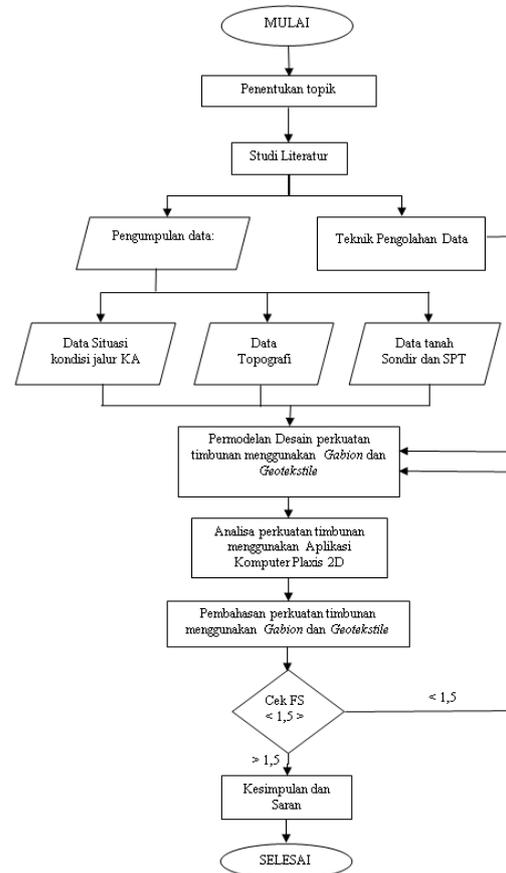
Penambahan perkuatan yang akan dilakukan pada lereng tubuhbaan ini akan dilakukan dengan penambahan gabion sebagai penahan di sisi luar timbunan. Hal ini untuk mengurangi lebar kaki timbunan yang dibutuhkan terlalu lebar sehingga dapat di minimalisir denagan struktur gabion. Sedangkan utntuk menahan besaran momen guling akibat pergeseran tanah pada bidang longsornya akan ditambahkan material berupa geotextile perkuatan pada setiap layer struktur timbunannya.

Penentuan metode perbaikan atau perkuatan tanah harus mempertimbangkan karakteristik tanah, kondisi geologi pada lapisan tanah, ketersediaan material, pengalaman, dan biaya. Hasil analisa dipresentasikan pada beberapa alternatif penanganan untuk selanjutnya dibandingkan supaya mendapatkan solusi terbaik sesuai kondisi dan situasi yang ada, baik secara segi teknis maupun biaya. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dinding penahan tanah gabion dan dikombinasikan dengan geotextile sebagai alternatif perkuatan lereng di ruas jalan KA km 109+850 s/d 110+000 antara Baron – Sukomoro lintas Surabaya - Solo, yang selanjutnya akan diperdalam kembali realisasinya ke dalam tugas akhir yang meliputi analisa perkuatan tubuh baan menggunakan *Gabion* dan *Geotextile*.

## 2. METODE PERENCANAAN

Perencanaan ini bersifat deskriptif yang bertujuan untuk membuktikan bahwa perkuatan tubuh baan menggunakan gabion dan geotextile stabil dalam menahan timbunan jalur ganda jalan KA km

09+850 s/d 110+000 antara Baron – Sukomoro lintas Surabaya – Solo. data diolah dengan menggunakan analisa perhitungan kestabilan timbunan. Adapun metodologi perencanaan yang digunakan adalah studi kasus, dan alur perencanaan dapat dilihat pada Gambar 1.



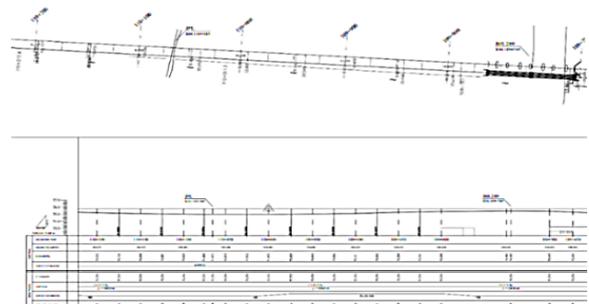
Gambar 1. Diagram Alir

## 1. HASIL DAN PEMBAHASAN

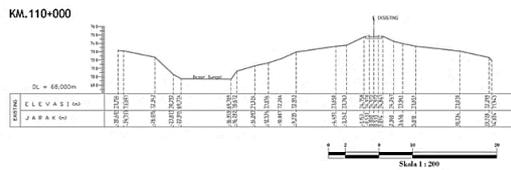
### 3.1 Data Perencanaan

#### 1) Data penampang Eksisting

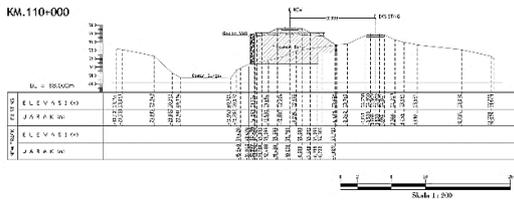
Pada tahap perencanaan diperlukan beberapa data eksisting jalur kereta api KM 109+850 s/d 110+000 antara Baron – Sukomoro lintas Surabaya – Solo.



Gambar 2. Potongan Long Section KM 109+800 s/d 110+200



**Gambar 3.** Potongan Cross Section KM 110 Eksisting



**Gambar 4.** Potongan Cross Section KM 110 Rencana

2) Data Timbunan

Pekerjaan timbunan yakni sirtu padat dengan parameter sebagai berikut:

- $\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma'_{sat} = 21 - 10 = 11 \text{ kN/m}^3$
- $\phi = 35^\circ$
- $\phi' = 25,02^\circ$
- $E_s = 200000 \text{ kN/m}^2$
- $\nu = 0,25$
- $K = 8,64 \cdot 10^2 \text{ m/day}$

3) Data Gabio Wall

Spesifikasi parameter yang digunakan untuk pekerjaan gabion wall yakni:

- Ukuran =  $50 \times 50 \text{ cm}$
- $\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\phi = 40^\circ$
- $\phi' = 29,22^\circ$
- $C_u = 100 \text{ kN/m}^3$
- $C' = 66,67 \text{ kN/m}^3$
- $E_s = 8000 \text{ kN/m}^2$
- $\nu = 0,3$
- $k = 8,64 \cdot 10^4 \text{ m/day}$

4) Data Geotextile

Pada perencanaan ini direncanakan menggunakan geotextile produk dari PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi dan kapasitas aktual sebagai berikut:

- $T_{ult} = 55 \text{ kN/m}$
- Penggunaan = Timbunan
- $SF_{ID} = 1,5$
- $SF_{CR} = 2,5$
- $SF_{CD} = 1,25$
- $SF_{BD} = 1,15$

$$SF_{geotex} = \frac{1}{SF_{ID} \times SF_{CR} \times SF_{CD} \times SF_{BD}}$$

$$SF_{geotex} = \frac{1}{1,5 \times 2,5 \times 1,25 \times 1,15} = 0,1855$$

$$T_{allow} = T_{ult} \times SF_{geotex} = 55 \times 0,1855 = 10,20 \text{ kN/m}$$

3.2 Data Tanah Lapangan

Data tanah lapangan berupa data pengujian sondir (CPT) pada KA km 109+850 s/d 110+000 antara Baron – Sukomoro lintas Surabaya – Solo hanya terdapat di km 110+000 pada titik borehole 3.

**Tabel 1.** Hasil Pengolahan Data Sondir pada Titik Borehole 3 km 110+000

Kedalaman	$q_c$	$q_s$	FR
(m)	$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	(%)
0 - 6	14,07	0,47	3,32
6 - 7,5	33,63	0,88	2,60
7,5 - 8,5	54,80	1,00	1,82
8,5 - 9,5	165,00	1,88	1,14

3.3 Korelasi Jenis Tanah

Dari hasil analisa jenis dan konsistensi tanah, dapat direkapitulasi hasil korelasi yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Korelasi Jenis dan Konsistensi Tanah

Kedalaman	$q_c$	FR	Jenis Tanah	Tipe Tanah	Konsistensi Tanah
(m)	$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	(%)			
0 - 6	14,07	3,32	4. Silty clay to clay	Kohesif	Lunak (Soft)
6 - 7,5	33,63	2,60	6. Sandy silt to clayey silt	Kohesif	Menengah (Medium)
7,5 - 8,5	54,80	1,82	7. Silty sand to sandy silt	Kohesif	Kaku (Stiff)
8,5 - 9,5	165,00	1,14	9. Sand	Granular	Padat (Dense)

3.4 Analisis Parameter Tanah

Adapun rekapitulasi korelasi parameter data tanah dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Korelasi Parameter Tanah

Kedalaman	$q_c$	FR	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah
(m)	$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	(%)	(Robertson et al, 1986)	
0 - 6	14,07	0,03	Silty clay to clay	Soft
6 - 7,5	33,63	0,03	Sandy silt to clayey silt	Medium
7,5 - 8,5	54,80	0,02	Silty sand to sandy silt	Stiff
8,5 - 9,5	165,00	0,01	Sand	Dense

# ANALISIS PERKUATAN TUBUH BAAN JALAN KERETA API MENGGUNAKAN GABION DAN GEOTEXTILE PADA KM 109+850 s/d 110+000 ANTARA BARON-SUKOMORO LINTAS SURABAYA-SOLO

(Ahmad Luthfil Hakim, Siswoyo)

**Tabel 4.** Rekapitulasi Korelasi Parameter Tanah (lanjutan)

Kedalaman (m)	$N_{SPT}$ ( $\frac{kg}{cm^2}$ )	$\gamma_{sat}$ ( $\frac{kN}{m^3}$ )	$\gamma_{unsat}$ ( $\frac{kN}{m^3}$ )	$\gamma_{dry}$ ( $\frac{kN}{m^3}$ )	$\phi$ ( $^{\circ}$ )
0 - 6	4	16,00	6,00	9,5	-
6 - 7,5	8	16,44	6,44	10,23	-
7,5 - 8,5	14	17,77	7,77	12,28	-
8,5 - 9,5	41	18,10	8,10	12,83	42,00

**Tabel 5.** Rekapitulasi Korelasi Parameter Tanah (lanjutan)

Kedalaman (m)	$\phi'$ ( $^{\circ}$ )	$C_u$ ( $\frac{kN}{m^2}$ )	$C'$ ( $\frac{kN}{m^2}$ )	$e$ ( $\frac{kN}{m^3}$ )	$n$
0 - 6	-	17,50	11,67	1,85	0,65
6 - 7,5	-	42,00	28,00	1,64	0,62
7,5 - 8,5	-	71,10	47,40	1,20	0,55
8,5 - 9,5	30,98	-	-	1,11	0,53

**Tabel 6.** Rekapitulasi Korelasi Parameter Tanah (lanjutan)

Kedalaman (m)	$w_c$ (%)	$E_s$ ( $\frac{kN}{m^2}$ )	$E_s'$ ( $\frac{kN}{m^2}$ )	$\nu$ ( $\frac{kN}{m^3}$ )	$K$ ( $\frac{m}{day}$ )
0 - 6	68,55	984,67	656,44	0,40	$8,640 \cdot 10^7$
6 - 7,5	60,88	2353,75	1569,17	0,35	$8,640 \cdot 10^7$
7,5 - 8,5	44,49	3836,00	2557,33	0,30	$8,640 \cdot 10^7$
8,5 - 9,5	$w_c$	$E_s$	$E_s'$	0,35	$8,640 \cdot 10^7$

### 3.5 Ilustrasi Stratifikasi Tanah

Dari data korelasi tersebut dapat dibuat ilustrasi stratifikasi tanah untuk titik sondir 3 pada KM 110+000 yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

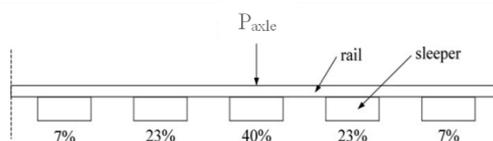


**Gambar 5.** Stratifikasi Tanah Titik Sondir 3 KM 110+000

### 3.6 Pembebanan

#### 3.6.1 Beban Gandar Kereta

Beban gandar statis maksimum yang diijinkan ( $P_s$ ) untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton.



**Gambar 6.** Distribusi Beban Gandar KA

(Sumber: V.A. Profillidis 2014)

$$q_{gandar} = \frac{18}{2} \times 40\% = 17,64 \text{ kN/m'}$$

#### 3.6.2 Beban Rel Kereta

Tipe rel kereta yang digunakan di Indonesia yakni tipe rel R54. Beban rel kereta api dapat dimodelkan sebagai point load yakni sebesar:

$$P_{rel} = 54,43 \text{ kg/m' } = 0,53 \text{ kN/m'}$$

$$q_{rel} = 0,53 \times 40\% = 0,21 \text{ kN/m'}$$

#### 3.6.3 Beban Bantal Rel Kereta

Beban sendiri bantalan rel kereta untuk tipe lebar jalan rel 1067 mm yakni sebesar 190 kg. bantalan rel kereta api dapat dimodelkan sebagai line load dengan pembebanan sebesar:

$$W_{bantalan} = 190 \text{ kg} = 1,86 \text{ kN}$$

$$d_{antar\ bantalan} = 0,6 \text{ m}$$

$$B_{bantalan} = 2 \text{ m}$$

$$q_{bantalan} = W_{bantalan} / (d_{bantalan} \times B_{bantalan})$$

$$q_{bantalan} = 1,86 / (0,6 \times 2) = 1,55 \text{ kN/m/m'}$$

#### 3.6.4 Baban Balas

Pada perencanaan geometri balas memiliki dimensi lebar atas yakni 2,9 m, lebar bawah 4,9 m, dan tebal 0,5m. Berat jenis bahan untuk balas gravel atau batu pecah yakni sebesar  $19 \text{ kN/m}^3$ . Sehingga balas rel kereta api dapat dimodelkan sebagai line load dengan pembebanan sebesar:

$$\gamma_{balas} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$B_{atas} = 2,9 \text{ m}$$

$$B_{bawah} = 4,9 \text{ m}$$

$$t_{balas} = 0,5 \text{ m}$$

$$A_{balas} = 0,5(B_{atas} + B_{bawah}) \cdot t_{balas}$$

$$A_{balas} = 0,5 \cdot (2,9 + 4,9) \cdot 0,5 = 1,95 \text{ m}^2$$

$$q_{balas} = \gamma_{balas} \cdot A_{balas}$$

$$q_{balas} = 19 \cdot 1,95 = 37,05 \text{ kN/m'}$$

### 3.7 Analisa Kestabilan Lereng dengan Perkuatan Gabion dan Geotextile

3.7.1 Analisa Stabilitas terhadap Sliding Perkuatan lereng menggunakan gabion dan geotextile juga perlu diperhitungkan terhadap gaya geser yang mengenainya. Gaya pendorong ( $F_D$ ) dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

**Tabel 7.** Rekapitulasi Gaya Pendorong ( $F_D$ ) pada Perkuatan Gabion dan Geotextile

Gaya Penyebab	Gaya ( $kN$ )
$P_{H-as}$	72,40
$P_{LL}$	6,57
$P_{Ballas}$	17,96
$F_D$	<b>96,93</b>

- Resisting Force Sliding ( $F_R$ )

$$\begin{aligned} \text{Gaya Reaksi akibat Beban Gravitasi } (R_V) \\ R_V = W_G + P_{V-as} = 36,75 + 12,77 \\ = 49,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi' = 0^\circ$$

$$C' = 11,67 \text{ kN/m}^2$$

$$F_R = F_{geotex} + R_V \tan \phi' + (C' \times B_G)$$

$$\begin{aligned} F_R = 234,6 + 49,52 \tan 0^\circ + (11,67 \times 0,5) \\ = 240,435 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Perhitungan *Safety Factor* terhadap *Sliding*

$$SF_{sliding} = \frac{F_R}{F_D} = \frac{240,435}{96,93} = 2,48$$

$$SF_{sliding} = 2,48 > 1,5 \text{ [OK]}$$

3.7.2 Analisa Stabilitas terhadap Overturning  
Berikut perhitungan momen guling ( $M_D$ ) terhadap titik D dapat dilihat pada Tabel 8. Perhitungan momen resistance ( $M_R$ ) terhadap titik D dapat dilihat pada Tabel 9. Sehingga dapat diperhitungkan safety factor sebagai berikut:

$$SF_{overturning} = \frac{M_R}{M_D} = \frac{531,84}{142,56} = 3,73$$

$$SF_{overturning} = 3,73 > 1,5 \text{ [OK]}$$

**Tabel 8.** Rekapitulasi Momen Guling ( $M_D$ ) di Titik D pada Perkuatan Gabion dan Geotextile

Gaya Penyebab	Gaya (kN)	Jarak ke D (m)	Momen (kN.m)
$P_{H-as}$	72,40	1,42	103,06
$P_{LL}$	6,57	1,61	10,58
$P_{Ballas}$	17,96	1,61	28,92
$M_D$			<b>142,56</b>

**Tabel 9.** Rekapitulasi Momen Resistance ( $M_R$ ) di Titik D pada Perkuatan Gabion dan Geotextile

Gaya Penyebab	Gaya (kN)	Jarak ke D (m)	Momen (kN.m)
$P_{V-as}$	12,77	0,5	6,38
$W_G$	36,75	0,25	9,19
$M_{R,geotex}$	-	-	516,27
$M_R$			<b>531,84</b>

3.7.3 Analisa Stabilitas Tanah Terhadap Daya Dukung

- Kapasitas daya dukung tanah ultimit

$$q_{ult} = 123,9 \text{ kN/m}^2$$

- Luas penampang timbunan

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{B + W}{2} x H \\ &= \frac{10,10 + 6,5}{2} x 3,68 \\ &= 30,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Beban maksimum dengan *geotextile*

$$P_{avg} = \frac{A_g \cdot \gamma_t + (q_{LL} + q_{ballas}) \cdot W}{B}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{30,54 x 20 + (19,4 + 37,05) x 6,5}{10,1} \\ &= 96,80 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

- Perhitungan *Safety Factor* terhadap daya dukung

$$\begin{aligned} SF &= \frac{q_{ult}}{P_{Avg}} \\ &= \frac{123,9}{96,8} \\ &= 1,28 < 1,5 \text{ [NOT OK]} \end{aligned}$$

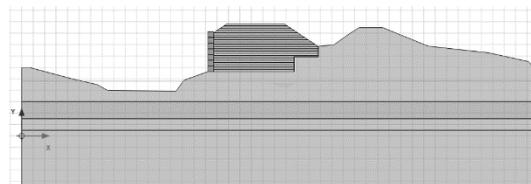
Dari hasil analisa stabilitas tanah terhadap daya dukung didapatkan hasil nilai *safety factor* sebesar  $1,28 < 1,5$  dari yang disyaratkan pada Pedoman dan Pelaksanaan perkuatan Tanah dengan Geosintetik Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Teknik sehingga dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanah asli tidak mampu menahan beban yang bekerja pada tubuh baan jalan KA.

### 3.8 Analisa Lereng Rencana dengan Program Bantu

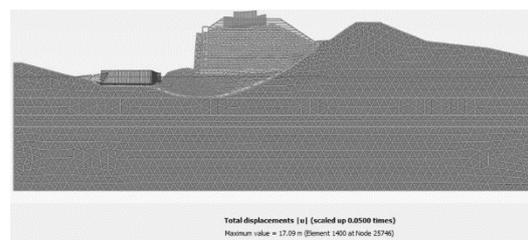
Hasil analisa kestabilan lereng berupa nilai SF (*Safety Factor*) yang dengan mengacu pada SNI 8460:2017 Pasal 7.5.5 nilai acuan sebagai berikut:

- Nilai SF  $< 1,5$  maka lereng membutuhkan perkuatan
- Nilai SF  $> 1,5$  maka tidak memerlukan perkuatan

Plaxis memiliki fitur Stage Construction dimana proses analisa dapat dilakukan menyesuaikan dengan rencana pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Berikut hasil analisa lereng dengan penambahan gabion dan timbunan dengan lapis geotextile didapatkan hasil pada Gambar 9.



**Gambar 7.** Pemodelan Timbunan dengan Perkuatan



**Gambar 8.** Hasil Displacement Pemodelan Timbunan dengan Perkuatan

# ANALISIS PERKUATAN TUBUH BAAN JALAN KERETA API MENGGUNAKAN GABION DAN GEOTEXTILE PADA KM 109+850 s/d 110+000 ANTARA BARON-SUKOMORO LINTAS SURABAYA-SOLO

(Ahmad Luthfil Hakim, Siswoyo)

Reached values	
Reached total time	161.0 day
CSP - Relative stiffness	0.01859E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	962.2 kN/m <sup>2</sup>
DM <sub>stage</sub> - Reached phase proportion	0.000
DM <sub>weight</sub> - Reached weight proportion	1.000
DM <sub>sf</sub> - Reached safety factor	1.048

**Gambar 9** Hasil Faktor Keamanan Timbunan dengan Perkuatan

Dengan struktur timbunan jalur ganda sesuai desain rencana, didapatkan hasil safety factor yang dicapai sebesar  $1,048 < 1,5$  dari yang disyaratkan pada SNI 8460:2017 pasal 7.5.5. Dari hasil analisa tersebut maka dibutuhkan alternatif perkuatan tambahan untuk dapat membuat struktur timbunan tubuhbaan jalur ganda kereta api KM 110+000 stabil dan dapat dibangun sesuai untuk mencapai persyaratan yang berlaku.

### 3.9 Analisa Alternatif Perkuatan

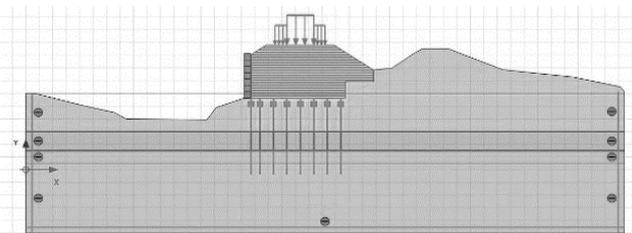
Alternatif desain yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesetabilan dan faktor keamanan salah satunya dengan penambahan pemancangan minipile pada area bawah timbunan. Minipile yang digunakan ukuran 30 X 30 dengan jarak antar mini pile 1 m dan kedalaman / panjang tiang pancang 6 m.

Propertis material pancang minipile:

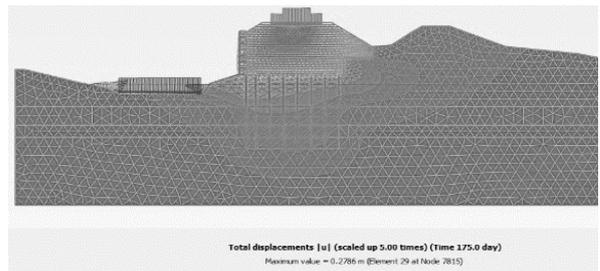
- Jenis Minipile = Square (persegi)
- Dimensi, b x h = 30 x 30 cm
- Panjang, L = 6 m
- Mutu Beton = K-500

#### 3.9.1 Analisa Stabilitas Alternatif Perkuatan Minipile Terhadap Sliding

Hasil analisa struktur menggunakan perkuatan minipile dapat dimodelakan seperti pada Gambar 10, 11 dan 12.



**Gambar 10.** Pemodelan setelah dilakukan timbunan tubuhbaan, Gabion Wall, Geotextile dan Mini Pile 30x30 cm



**Gambar 11.** Hasil Analisa Lereng Alternatif Desain Gabion Wall, Geotextile dan Mini Pile 30X30

Reached values	
Reached total time	175.0 day
CSP - Relative stiffness	0.1866E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	113.7 kN/m <sup>2</sup>
DM <sub>stage</sub> - Reached phase proportion	0.000
DM <sub>weight</sub> - Reached weight proportion	1.000
DM <sub>sf</sub> - Reached safety factor	3.117

**Gambar 12.** Hasil Nilai Angka Keamanan Lereng Alternatif Desain Gabion Wall, Geotextile dan Mini Pile 30X30

Didapatkan nilai faktor keamanan pada tubuhbaan baru jalur ganda kereta sebesar 3,117 dengan nilai displacement 27,86 cm. Dimana nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 8460:2017 pasal 7.5.5, yaitu lebih besar dari 1.5 dan aman terhadap sliding.

#### 3.9.2 Analisa Stabilitas Alternatif Perkuatan Minipile Terhadap Puncture

$$SF_{puncture} = \frac{q_{maks}}{q_{beban}} = \frac{V_u \cdot n}{\gamma \cdot h + q_{LL}}$$

dimana,

- V<sub>u</sub> : Kuat tekan minipile (KN)
- n : Jumlah minipile
- γ : Unit weight Timbunan
- h : Tinggi timbunan
- q<sub>LL</sub> : Beban merata (balas, bantalan, rel dan kereta)

$$SF_{puncture} = \frac{(36.4 \times 8)}{20,00 \text{ kN/m}^1 \times 3,68 \text{ m} + 56,457 \text{ KN}} = \frac{291,2 \text{ KN}}{162,34 \text{ KN}} = 2,23$$

Didapatkan nilai faktor keamanan pada struktur timbunan tubuhbaan baru jalur ganda kereta sebesar 2,23. Dimana nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 8460:2017 pasal 7.5.5, yaitu lebih besar dari 1.5 dan aman terhadap daya dukung tanah dasar.

### 3.9.3 Settlement pada Ujung Perkuatan Minipile

Settlement untuk penggunaan 8 titik pemancangan minipile uk.30x30 cm Panjang 6 meter dengan jarak pemancangan 1 m, sebagai berikut :

$$p = 8 \times 0.3 = 2,4 \text{ m}$$

$$l = 1 \times 0.3 = 0,3 \text{ m}$$

didapatkan,

$$m_1 = \frac{2,4}{0,3} = 8$$

Diperhitungakan untuk *influence factor*,

$$I_p = \frac{1}{\pi} \left[ 8 \cdot \ln \left( \frac{1 + \sqrt{8^2 + 1}}{8} \right) + \ln \left( 8 + \sqrt{8^2 + 1} \right) \right] = 1,2$$

Sehingga besaran penurunan yang terjadi pada ujung tiang menjadi,

$$p_i = p \times B \frac{1 - \mu^2}{E} \times I_p$$

$$p = \sigma_{vc} + q_{ballas} + q_{bantalan} + q_{rel} + q_{gandar} \\ p = 46,97 + 37,05 + 1,55 + 0,214 + 17,64 \\ = 103,424 \text{ KN/m}^2$$

$$p_i = 103,424 \times 0,3 \frac{1 - 0,35^2}{4950} \times 1,2 = 0,0066 \text{ m}$$

$$p_i = 6,6 \text{ mm}$$

Besaran penurunan Segera (*immediate settlement*) yang terjadi pada ujung tiang minipile adalah sebesar 6,6 mm.

## 2. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini. Kesimpulan yang dihasilkan terkait perencanaan perkuatan tubuh badan jalan KA KM 109+850 s/d 110+000 adalah sebagai berikut:

1. Kondisi tanah asli pada tubuh baan pada Km 110+000 termasuk kategori konsistensi tanah lunak dengan rincian pada kedalaman 0-6 m berupa jenis tanah *silty clay to clay* dengan  $\gamma_{sat}$  16 kN/m<sup>3</sup>,  $\gamma_{dry}$  9,5 kN/m<sup>3</sup>,  $C_u$  17,50 kN/m<sup>2</sup> dan  $q_c$  14,07 kN/m<sup>2</sup>; pada kedalaman 6-7,5 m berupa jenis tanah *sandy silt to clayey silt* dengan  $\gamma_{sat}$  16,44 kN/m<sup>3</sup>,  $\gamma_{dry}$  10,23 kN/m<sup>3</sup>,  $C_u$  42,00 kN/m<sup>2</sup> dan  $q_c$  33,63 kN/m<sup>2</sup>; pada kedalaman 7,5-8,5 m berupa jenis tanah *silty sand to sandy silt* dengan  $\gamma_{sat}$  17,77 kN/m<sup>3</sup>,  $\gamma_{dry}$  12,28 kN/m<sup>3</sup>,  $C_u$  71,10 kN/m<sup>2</sup> dan  $q_c$  54,80 kN/m<sup>2</sup>; dan pada kedalaman 8,5-9,5 m berupa jenis tanah *sand* dengan  $\gamma_{sat}$  18,10 kN/m<sup>3</sup>,  $\gamma_{dry}$  12,83 kN/m<sup>3</sup>, dan  $q_c$  165,00 kN/m<sup>2</sup>.
2. Hasil analisa perkuatan tubuh baan pada Km 110+000 menggunakan perkuatan gabion dan geotextile menggunakan perhitungan manual didapatkan hasil Stabilitas Terhadap Sliding

2,48 > 1,5 (Ok), Stabilitas Terhadap Overtuning 3,73 > 1,5 (Ok), dan Stabilitas Terhadap daya dukung 1,28 < 1,5 (Not Ok). Sedangkan hasil analisa menggunakan program bantu Plaxis 2D didapatkan hasil *Safety Factor* 1,048 dan displacements maksimum sebesar 17,09 m pada area di bawah gabion.

3. Pada analisa tubuh baan pada Km 110+000 dengan ditambahkan timbunan yang diperkuat dengan dinding *gabion* dan *geotextile* supaya dapat dibuat jalur ganda kereta api baru didapatkan hasil perhitungan *safety factor* stabilitas terhadap *sliding* 2,48 > 1,5 (Ok), stabilitas terhadap *overtuning* 3,73 > 1,5 (Ok), dan stabilitas terhadap daya dukung 1,28 < 1,5 (Not Ok) yang disyaratkan pada buku Pedoman dan Pelaksanaan perkuatan Tanah dengan Geosintetik Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Teknik. Sedangkan analisa menggunakan program bantu Plaxis 2D v20 adalah lereng tanah didapatkan nilai *safety factor* 1,048 < 1,5 yang disyaratkan pada SNI 8460:2017 pasal 7.5.5 sehingga dapat disimpulkan bahwa pada KM 110+000 tidak stabil untuk dibangun jalur ganda kereta menggunakan perkuatan dengan dinding *gabion* dan *geotextile*.

Dikarenakan hasil Analisa sebelumnya didapatkan timbunan yang tidak stabil, maka perlu ditambahkan alternatif perkuatan desain untuk menstabilkan struktur timbunan jalur ganda kereta. Alternatif yang digunakan adalah dengan menambahkan minipile persegi dengan ukuran 30x30cm panjang 6m dengan jarak pemancangan 1m. Dengan penambahan perkuatan tersebut didapatkan nilai faktor keamanan timbunan meningkat menjadi 3,117 untuk *sliding* dan didapatkan 2,23 terhadap *puncture* dimana angka kewanaman tersebut > 1.5 yang disyaratkan oleh SNI 8460:2017 pasal 7.5.5 dengan penurunan segera pada ujung tiang *minipile* sebesar 6,6 mm.

## 3. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan puji sukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan terima kasih kepada seluruh pihak yang sudah memberikan bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan ini dengan baik.

## 4. DAFTAR PUSTAKA

- Barron, R.A. 1948. *Consolidation of Fine Grained Soils by Drain Wells, Transcation ASCE*, vol. 113.

## ANALISIS PERKUATAN TUBUH BAAN JALAN KERETA API MENGGUNAKAN GABION DAN GEOTEXTILE PADA KM 109+850 s/d 110+000 ANTARA BARON-SUKOMORO LINTAS SURABAYA-SOLO

(Ahmad Luthfil Hakim, Siswoyo)

- Das, B.M. 1991. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*, edisi ke 7, *Cangege Learning*, Stanford, USA.
- Design Report for Morokrengan Boezem Improvement and Related Structure Works’, on The Consulting Service for Major and Minor Drainage Improvement Works in Surabaya Urban Development Project (SUDP), Nikken Consultants, Inc., Tokyo, Japan, September 1999.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Teknik.
- Fandisnata, S. 2014. *Studi Perbandingan Kapasitas Dukung Embankment Dengan Perkuatan Geotextile, Cerucuk Tegak Dan Cerucuk Miring Kayu Galam*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Gunawan. 2017. *Perencanaan Perkuatan Timbunan Lereng Bandar Udara Baru Buntutunik Tana Toraja Dengan Geogrids dan Gabion*. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Surabaya.
- Hansbo, S., 1979. “*Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains*,” *Ground Engineering*, vol 12, no 5, hal 16, 25 Juni 1979
- Hidayat, Irpan dan Suhendara, A . 2011. *Aplikasi Geofilm Sebagai Material Timbunan Di Atas Tanah Lunak*. Jurnal Ilmiah ComTech Vol. 2 No. 1 Juni 2011. Binus University.
- Hidayat, Deni, dkk. 2016. *Analisis Material Ringan Dengan Mortar Busa Pada Konstruksi Timbunan Jalan*. Jurnal Ilmiah Seminar Nasioanal Sains Dan Teknologi 2016. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Liong, Gouw Tjie, 1996. *Penggunaan Geosintetis Untuk Mempercepat Pelaksanaan Embankment Jalan*. Surabaya. Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM.60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur kereta Api*. Jakarta.
- Mochtar, Indrasurya B, 2000. *Teknologi Perbaikan Tanah Masa Kini*. Surabaya.
- Mochtar, Indrasurya B, 2000. *Teori Untuk Penanggulangan Masalah Daya Dukung Tanah Lunak di Bawah Embakment*. Surabaya.
- Muntohar, Agus S, 2006. *Mekanisme Keruntuhan Lereng Tegak Dan Teknik Perkuatannya Dengan Geotekstil*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta
- Salmani. \_\_\_\_\_. *Bahan Ajar Perbaikan Tanah /Tebing*. \_\_\_\_\_.
- Siahaan, L. P. 2017. *Alternatif Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Timbunan Pada Jalan Tol Palembang – Indralaya (STA 8+750 s/d STA 10+750)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Terzaghi, K. 1925. *Erdbaumechanik Auf Bodenphysikalischer Grundlage*, Deutchicke, Vienna.
- Terzaghi, K. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 1 Edisi Kedua*, Jakarta : Erlangga.
- Terzaghi, K. 1996. *Soil Mechanis in Engineering Practice*. John Wiley & Sons, Inc.
- <http://karya-ilmiah.um.ac.id/index.php/TS/article/view/7109> (online 7 mei 2018, pukul : 00.27)
- <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/8773/BAB%20II.pdf?sequence=2> (online, 22 Mei 2018, 22.10)
- <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdoc/Bab2HTML/2008200465SPBab2/body.html> (online, 22 Mei 2018, 00.45)
- <http://timur.ilearning.me/2016/03/03/apa-perbedaan-data-sekunder-dan-data-primer/> (online, 29 Mei 2018, 01.55)
1. [http://publikasi.ftsl.itb.ac.id/assets/repositori/2013\\_10\\_19/1/1\\_15009119\\_berkas.pdf](http://publikasi.ftsl.itb.ac.id/assets/repositori/2013_10_19/1/1_15009119_berkas.pdf) (online, 30 Mei 2018, 02.58).