

PERENCANAAN ULANG *OPRIT* DAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH JEMBATAN SULIN - LOMBOK PADA RUAS JALAN GERUNG / PATUNG SAPI-BIL (KM. MTR 15+791)

Ari Pramudhito, Suwarno, dan Indrasurya B. Mochtar.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: suwarno_surabaya@gmail.com, indramochtar.mochtar@gmail.com

Abstrak-Jembatan Sulin merupakan salah satu jembatan di Pulau Lombok yang berperan penting untuk menghubungkan Kota Mataram dan BIL (Bandara Internasional Lombok). Saat hujan deras, Jembatan Sulin tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya karena sebagian perkerasan di area *oprit* jembatan terendam banjir. Selain itu, posisi pilar jembatan yang berada di tengah sungai dapat menghambat aliran air sungai dan kemungkinan terjadinya *scouring*. Oleh karena itu didalam Tugas Akhir ini akan dibahas perencanaan ulang *oprit* dan struktur bawah jembatan untuk kondisi tanpa pilar. Tanah dasar pada area *oprit* merupakan jenis tanah lunak. Sehingga untuk mempercepat konsolidasi settlementnya digunakan PVD dan diberikan *preloading*. Perencanaan perkuatan kombinasi *geotextile wall* dan *replacement* tanah dasar memerlukan biaya Rp. Rp.1.300.177.000,- sedangkan kombinasi *geotextile wall* dan cerucuk memerlukan biaya Rp.1.302.958.000,-. Alternatif terpilih adalah *geotextile wall* dan *replacement* tanah dasar. Menyesuaikan kondisi geometrik yang ada, tinggi *abutment* direncanakan dengan tinggi yang berbeda. Tinggi *abutment* pada BH-1 direncanakan setinggi 5 meter dan untuk *abutment* pada BH-2 direncanakan setinggi 7,7 meter. Pondasi *abutment* BH-1 menggunakan tiang pancang D50 sedangkan *abutment* BH-2 menggunakan D60. Panjang untuk kedua pondasi tersebut adalah 14 meter dan jumlah yang dibutuhkan adalah 15 tiang dengan konfigurasi 3x5.

Kata Kunci : *Abutment*, Cerucuk, *Geotextile Wall*, *Oprit*, *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*

I. PENDAHULUAN

A Latar Belakang

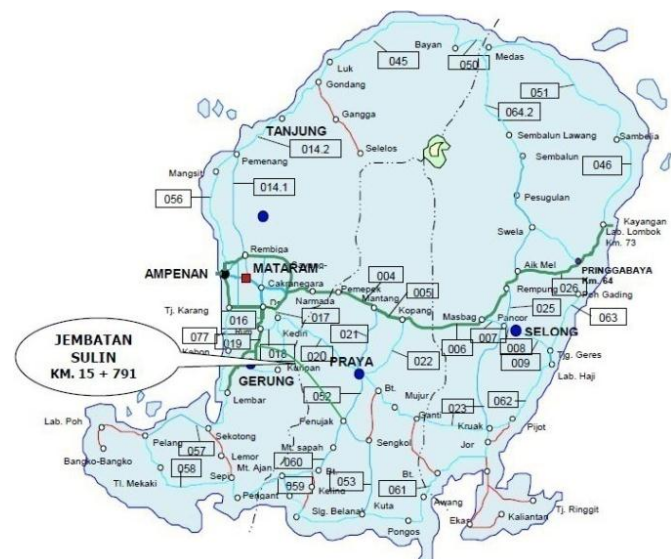
Jembatan Sulin adalah salah satu prasarana transportasi darat yang memiliki peranan penting terhadap perkembangan perekonomian, sosial, politik, pertahanan dan keamanan di Pulau Lombok, mengingat lokasinya yang berada pada ruas jalan Nasional. Melihat fungsi jembatan Sulin yang merupakan akses penghubung kota Mataram dengan BIL (Bandara Internasional Lombok), jembatan ini diharapkan memiliki tingkat layanan yang handal dan memadai.

Berdasarkan data kondisi eksisting, jembatan dengan ruas 4 lajur dan 2 arah ini dibangun menggunakan sistem struktur beton pratekan yang memiliki panjang bentang 60 meter dan lebar melintang 11 meter (7 meter ruas jalan dan trotoar @ 2 meter) serta memiliki satu pilar ditengah bentangnya. *Abutment* jembatan satu dengan yang lain didesain dengan tinggi yang

berbeda sehingga membentuk kemiringan $\pm 5\%$ pada arah memanjang. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengikuti kontur tanah yang sudah ada. *Abutment* dan timbunan *oprit* jembatan dibangun diatas tanah dasar yang memiliki lapisan tanah lunak hingga kedalaman ± 7 meter. sehingga diperlukan perhatian khusus terkait kemungkinan-kemungkinan yang dapat terjadi seperti penurunan tanah .

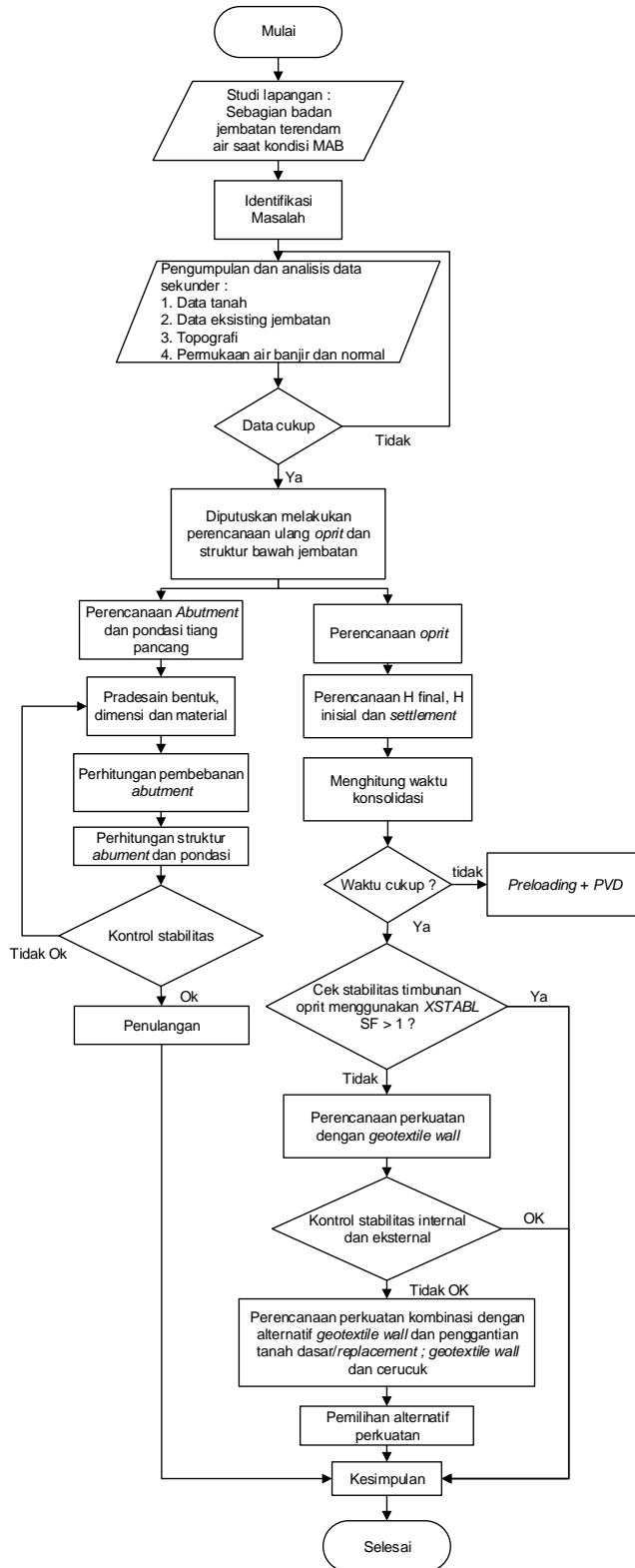
Pada akhir-akhir ini, curah hujan yang tinggi di area Jembatan Sulin menyebabkan tergenangnya sebagian *oprit* jembatan berkisar setinggi 1 meter. Pada saat banjir, maka akses dari dan menuju BIL tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Selain itu, posisi pilar jembatan yang berada di tengah sungai selain menjadi penghambat aliran air sungai, tanah yang berada disamping pilar juga rentan mengalami gerusan/*scouring*. Apabila *scouring* terjadi secara terus menerus, maka dapat membahayakan stabilitas konstruksi pilar atau bahkan membentuk alur sungai baru.

Sebagai pemecahan dari permasalahan yang ada, maka didalam Tugas Akhir ini akan dibahas perencanaan ulang *oprit* dan struktur bawah jembatan untuk kondisi jembatan tanpa pilar. Struktur atas jembatan akan dimodifikasi menggunakan struktur jembatan rangka baja bentang 60 meter tipe A standar Bina Marga. Perencanaan *abutment* harus dilakukan sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban struktur atas/*super structure* jembatan yang bekerja dan memenuhi nilai faktor keamanan stabilitas.



Gambar 1.1 Layout Lokasi Perencanaan

II. ALUR PERENCANAAN



Gambar 2.1 Bagan Alir Penyelesaian Masalah

III. ANALISA DATA

Didalam Tugas Akhir ini, parameter tanah dasar diperoleh hanya dengan cara pengujian langsung dilapangan berupa uji *Standard Penetration Test (SPT)* dan *Bore log* yang diperoleh dari data sekunder. Pengujian tersebut hanya menghasilkan

sebagian parameter tanah saja, sehingga untuk memperoleh parameter tanah lainnya penulis melakukan korelasi parameter tanah dari data *SPT* yang tersedia.

Hasil dari korelasi data *N-SPT* dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2 Berikut.

Tabel 3.1 Hasil Korelasi Parameter Tanah BH-1

No	Parameter Tanah	Kedalaman tanah, <i>D</i> (m)		
		0 – 3	3 - 6	6 – 7,5
		Lapis 1	Lapis 2	Lapis 3
1	Jenis Tanah	Lempung	Lempung	Lempung
2	<i>N-SPT</i>	3	4	10
3	γ_{sat} (kN/m ³)	18	16	16,89
4	<i>Cu</i> (kPa)	15,2	19,6	58,17
5	<i>Qc</i> (kPa)	840	1120	3483,33
6	<i>Rd</i> (%)	-	-	-
7	ϕ (°)	-	-	-
8	ω_{sat} (%)	44,17	68,55	62,83
9	<i>e</i>	1,19	1,85	1,7
10	<i>Cv</i> (cm ² /s)	0,0008	0,0004	0,0006
11	<i>Gs</i> (kN/m ³)	2,67	2,67	2,67
12	μ	0,17	0,21	0,5
13	<i>PI</i> (%)	30	30,1	30,2
14	<i>LL</i> (%)	54,06	54,14	54,23
15	<i>Cc</i>	0,41	0,67	0,6
16	<i>Cs</i>	0,1	0,14	0,13

Tabel 3.2 Hasil Korelasi Parameter Tanah BH-2

No	Parameter Tanah	Kedalaman tanah, <i>D</i> (m)		
		0 – 3	3 - 6	6 – 6,5
		Lapis 1	Lapis 2	Lapis 3
1	Jenis Tanah	Lempung	Lempung	Lempung
2	<i>N-SPT</i>	4	7	10
3	γ_{sat} (kN/m ³)	16	16,22	16,89
4	<i>Cu</i> (kPa)	19,6	41	58,17
5	<i>Qc</i> (kPa)	1120	2433,33	3483,33
6	<i>Rd</i> (%)	-	-	-
7	ϕ (°)	-	-	-
8	ω_{sat} (%)	68,55	72,66	62,83
9	<i>e</i>	1,85	1,96	1,7
10	<i>Cv</i> (cm ² /s)	0,0004	0,0005	0,0006
11	<i>Gs</i> (kN/m ³)	2,67	2,67	2,67
12	μ	0,21	0,33	0,5
13	<i>PI</i> (%)	30	30,1	30,2
14	<i>LL</i> (%)	54,06	54,14	54,23
15	<i>Cc</i>	0,67	0,73	0,6
16	<i>Cs</i>	0,14	0,15	0,13

Data parameter tanah timbunan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- γ timbunan : 1,85 t/m³
- Sudut geser dalam, ϕ : 30°
- Kohesi tanah, *C* : 0
- *H* timbunan : untuk *oprit* area BH-1 = 5,0 m, untuk *oprit* area BH-2 = 7,7 m.
- Lebar timbunan : 30 m
- Bentuk timbunan : Tegak

IV. PERENCANAAN TIMBUNAN TANAH PENDEKAT/OPRIT

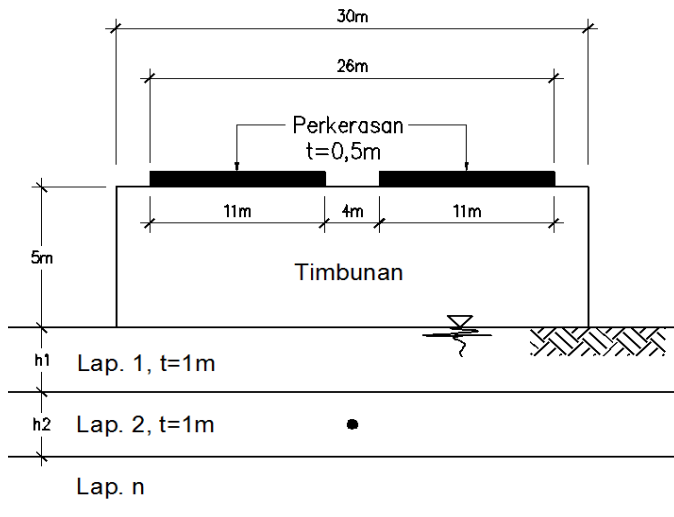
A Perhitungan Penurunan Tanah

Perhitungan besarnya penurunan tanah dilakukan dengan menggunakan timbunan yang bervariasi yaitu : 1 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, dan 7 m, dengan beban yang bekerja berasal dari beban timbunan, perkerasan dan lalu-lintas.

Berikut adalah contoh urutan perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada timbunan di area BH-1 dengan data parameter tanah seperti pada Tabel 3.1 dan tinggi timbunan awal 5 m ;

1) Membagi lapisan *compressible*.

Pembagian lapisan *compressible* (N-SPT<10) yaitu membagi lapisan tanah dasar dengan ketebalan lapisan lebih tipis. Dalam Tugas Akhir ini penulis membagi tebal (h) lapisan menjadi 1 meteran. seperti pada Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Sketsa Penampang Timbunan BH-1

2) Menghitung tegangan *overburden* (P_o') pada tiap lapisan

Pada perhitungan ini yang penulis uraikan yaitu tegangan *overburden* (P_o') pada lapisan 2.

Diketahui pada lapisan 1 dan 2 yaitu :

- Tebal lapisan (h_1 dan h_2) = 1 m
- Berat vol. tanah jenuh (γ_{sat}) = 1,8 t/m³
- Berat vol. air (γ_w) = 1 t/m³

$$P_o'_2 = (h_1 \cdot \gamma'_1) + (Z_2 \cdot \gamma'_2) = (1 \cdot 0,8) + (0,5 \cdot 0,8) = 1,2 \text{ t/m}^2$$

3) Mencari nilai tegangan pra konsolidasi (P_c')

Tinggi fluktuasi permukaan air tanah di area Jembatan Sulin diasumsikan sebesar 2,0 m, maka besarnya tambahan tegangan akibat fluktuasi muka air tersebut didefinisikan sebagai ΔP_f .

$$\Delta P_f = \gamma_w \cdot h_{fluktuasi} = 1 \cdot 2,0 = 2,0 \text{ t/m}^2$$

$$P_c' = P_o' + \Delta P_f = 1,2 + 2,0 = 3,2 \text{ t/m}^2$$

4) Mencari tambahan tegangan (ΔP)

Tambahan tegangan (ΔP) terjadi akibat 2 jenis beban, yaitu akibat beban timbunan dan lalu-lintas serta beban perkerasan. Besarnya ΔP akibat setiap beban dihitung terhadap tengah-tengah lapisan tanah dasar.

Diketahui data sebagai berikut:

- Tinggi timbunan (H) = 5 m
- Lebar timbunan (B timb) = 15 m

- Kemiringan timbunan (m) = 0,0001 : 1
- Berat volume timbunan (γ_{timb}) = 1,85 t/m³
- Lebar median jalan (B med) = 4 m
- Lebar perkerasan (B pav) = 11 m
- Tebal perkerasan (t) = 0,5 m
- Berat volume perkerasan (γ_{pav}) = 2,4 t/m³

ΔP akibat beban timbunan

$$q_o = \gamma_{timb} \cdot h_{timb} = 1,85 \cdot 5 = 9,25 \text{ t/m}^2$$

$$z = h_1 + 0,5h_2 = 1,5 \text{ m}$$

$$B_1 = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ m}$$

$$B_2 = 5 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\{(B_1+B_2)/z\} - \tan^{-1}(B_1/z) \text{ (radians)}$$

$$= 0^\circ$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}(B_1/z) \text{ (radians)}$$

$$= 84,289^\circ$$

Maka,

$$\Delta P = q_o / \pi [\{ (B_1 + B_2) / B_2 \} (\alpha_1 + \alpha_2) - B_1 / B_2 (\alpha_2)]$$

$$= 4,623 \text{ t/m}^2$$

Harga ΔP tersebut akibat beban timbunan kanan atau kiri saja, sehingga ΔP untuk timbunan kanan dan kiri yaitu :

$$\Delta P_{timb} = 2 \cdot 4,623 = 9,246 \text{ t/m}^2$$

5) Menghitung penurunan tanah dasar (S_c)

Pada Tugas Akhir ini S_c yang terjadi yaitu S_c over kondolidasi karena mengalami fluktuasi muka air setinggi 2,0 m Pada perencanaan ini yang penulis uraikan yaitu S_c akibat timbunan dan akibat perkerasan pada lapisan 2.

S_c akibat timbunan :

$$P'_o + P_c = 1,2 + 9,246 = 10,446 \text{ t/m}^2 > P'_c = 3,20 \text{ t/m}^2$$

$$S_{ci} = \left[\frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p'_c}{p'_o} + \frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_c} \right] \times H_i$$

$$= \left[\frac{0,10}{1+1,19} \log \frac{3,20}{1,2} + \frac{0,41}{1+1,19} \log \frac{10,446}{3,20} \right] \cdot 1$$

$$= 0,116 \text{ m}$$

6) Mencari besar penurunan tanah total (S_c total)

S_c total dihitung dengan cara menjumlahkan S_c pada tiap-tiap lapisan yang terjadi.

7) Mencari besar penurunan tanah (S_c total) untuk h timbunan bervariasi.

Setelah S_c total diperoleh untuk ketinggian tanah 5 m, dilakukan perhitungan S_c total untuk h timbunan yang bervariasi. Dalam Tugas Akhir ini variasi tinggi timbunan untuk masing-masing area yaitu :

- BH -1 : 1 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, dan 7 m
- BH -2 : 5 m, 7 m, 8 m, 9 m, 9 m, dan 11 m.

Rekap dari perhitungan penurunan total (S_c total) ini dapat dilihat pada Tabel 4.1, sedangkan untuk detail perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran B1 dan B2.

Tabel 4.1 Besar Penurunan Tanah Total (S_c total)

No	BH - 1		BH - 2	
	H timb (m)	S_c timb (m)	H timb (m)	S_c timb (m)
1	1	0,105	5	0,851
2	3	0,511	7	1,045
3	4	0,653	8	1,124
4	5	0,770	9	1,195
5	6	0,869	10	1,259
6	7	0,956	11	1,317

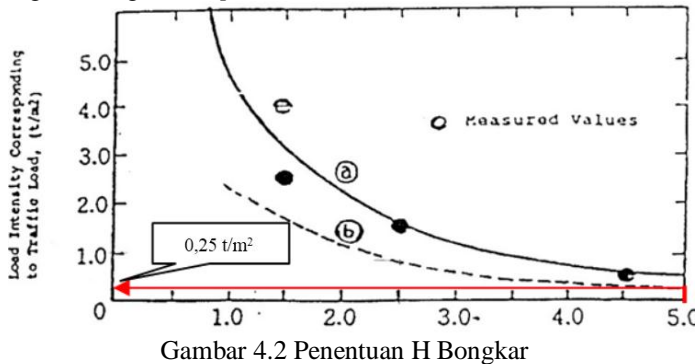
Sumber : hasil perhitungan

B Perhitungan Tinggi Timbunan

Besarnya H initial untuk BH-1 pada H Timb. 5 m adalah :

$$H_{initial} = \frac{q + S_c(\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}} = 5,416 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama, perhitungan tersebut dilakukan untuk variasi timbunan lainnya. Mengingat pada saat *preloading* beban lalu-lintas belum bekerja maka beban lalu-lintas ini perlu digantikan oleh beban lain, dalam hal ini digunakan tanah. Untuk memperoleh besarnya H bongkar dapat digunakan grafik *Japan Road Association* (1986) berikut.



Diperoleh besarnya beban yang dirasakan tanah dasar akibat beban lalu-lintas pada H=5 meter yaitu sebesar 0,238 t/m². Maka besarnya H bongkar adalah :

$$H_{bongkar} = \frac{q}{\gamma_{timb}} = \frac{0,250}{1,85} = 0,135 \text{ m}$$

Selanjutnya hasil rekapitulasi penurunan tanah diplotkan kedalam grafik hubungan H Initial dan H Final dan grafik hubungan H initial dan settelement sehingga diperoleh hasil pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Tinggi Timbunan

No	Tinjauan	BH - 1	BH - 2
1	H initial (m)	5,50	8,50
2	Sc total (m)	0,80	1,10
3	H Bongkar (m)	0,15	0,15
4	Tebal perkerasan (m)	0,50	0,50
5	H Final (m)	5,00	7,70

C Percepatan Pemampatan menggunakan PVD

Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pemampatan 90% sangatlah lama, yaitu 27,15 tahun untuk BH-1 dan 25,01 tahun untuk BH-2. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut digunakan PVD untuk mempercepat durasi pemampatan.

yang digunakan dalam perencanaan ini adalah tipe CT-822, Produk dari PT Geosistem. Hasil dari perhitungan PVD ini adalah menggunakan pola segiempat dengan jarak 1 meter sehingga diperoleh waktu pemampatan selama 13 minggu.

D Stabilitas Tanah Dasar

Perhitungan stabilitas tanah dasar dilakukan menggunakan program bantu XSTABL dengan hasil sebagai berikut :

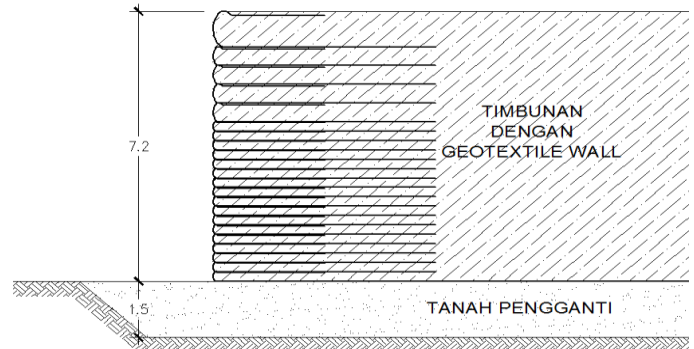
Tabel 4.3 Stabilitas Tanah Dasar

Area	SF sebelum pemasangan PVD	SF setelah pemasangan PVD	Keterangan.
BH-1	0,815	0,916	SF < 1,0.
BH-2	0,584	0,808	SF < 1,0.

Berdasarkan Tabel diatas, SF tanah dasar < 1,0 yang berarti belum memenuhi syarat stabilitas. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan memasang perkuatan tanah.

E Perkuatan Tanah Menggunakan Geotextile Wall dan Replacement Tanah Dasar.

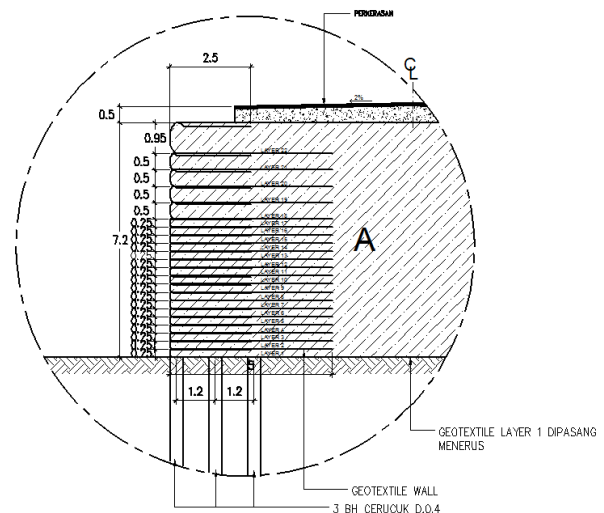
Dalam Tugas Akhir ini, *geotextile wall* didesain untuk mampu menerima *internal sliding* dan *replacement* tanah dasar didesain mampu menerima *external sliding*. Hasil dari perhitungan tersebut diperoleh untuk timbunan BH-1 diperoleh kebutuhan *geotextile* sebanyak 12 lapis dengan *replacement* tanah dasar sedalam 1,5 meter. Sedangkan untuk timbunan BH-2 diperoleh kebutuhan *geotextile* sebanyak 22 lapis dengan dengan *replacement* tanah dasar sedalam 1,5 meter.



Gambar 4.3 Sketsa Perkuatan Kombinasi *Geotextile wall* dan *Replacement* Tanah Dasar pada Timbunan BH-2

F Perkuatan Tanah Menggunakan Geotextile Wall dan Cerucuk.

Geotextile wall didesain untuk mampu menerima *internal sliding* dan cerucuk didesain mampu menerima *external sliding*. Hasil dari perhitungan tersebut diperoleh untuk timbunan BH-1 diperoleh kebutuhan *geotextile* sebanyak 12 lapis dengan kebutuhan cerucuk sebanyak 2 batang menggunakan D40 dengan panjang 8 meter. Pada timbunan BH-2 diperoleh kebutuhan *geotextile* sebanyak 22 lapis dengan dengan jumlah cerucuk sebanyak 3 batang menggunakan D40 dengan panjang 8 meter.

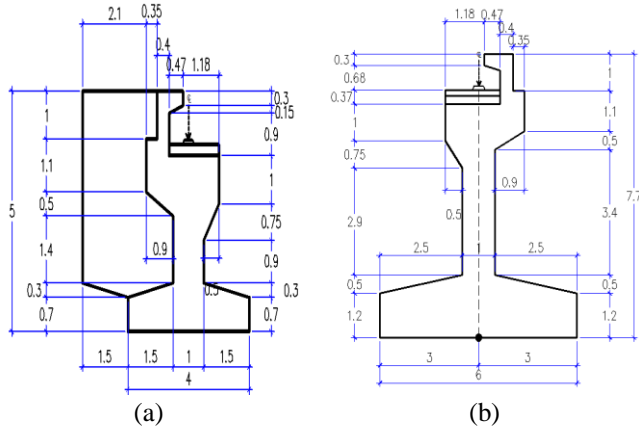


Gambar 4.4 Sketsa Perkuatan Kombinasi *Geotextile wall* dan Cerucuk pada Timbunan BH-2

V. PERENCANAAN ABUTMENT

A Umum

Abutment jembatan Sulin terletak pada kedua ujung jembatan direncanakan dengan tinggi yang berbeda. *Abutment* BH-1 direncanakan setinggi 5 meter seperti, sedangkan *abutment* BH-2 direncanakan setinggi 7,7 meter. Hal tersebut dilakukan karena menyesuaikan kontur tanah yang sudah ada.



Gambar 5.1 (a) Desain *Abutment* BH-1
(b) Desain *Abutment* BH-2

B Analisa Pembebanan

Analisis pembebanan yang bekerja pada *abutment* jembatan mengacu pada RSNI T-02-2005 tentang Standar Pembebanan untuk Jembatan dan SNI 2844:2008 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan. Rekapitulasi hasil pembebanan untuk masing-masing *abutment* adalah :

Tabel 5.1 Rekap Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan untuk Tegangan Kerja pada *Abutment* BH-1.

No	Kombinasi beban	k	P	Tx	Ty	Mx	My
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Kombinasi 1	100%	6704,2	270,0	0,0	0,0	-448,4
2	Kombinasi 2	125%	6704,2	283,5	0,0	0,0	-396,1
3	Kombinasi 3	125%	6704,2	270,0	149,5	946,2	-448,4
4	Kombinasi 4	140%	6704,2	283,5	149,5	946,2	-396,1
5	Kombinasi 5	150%	5080,5	1344,3	1344,3	3797,1	1512,6

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 5.2 Rekap Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan untuk Tegangan Kerja pada *Abutment* BH-2.

No	Kombinasi beban	k	P	Tx	Ty	Mx	My
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Kombinasi 1	100%	11168,5	270,0	0,0	0,0	-4421,0
2	Kombinasi 2	125%	11168,5	283,5	0,0	0,0	-4332,1
3	Kombinasi 3	125%	11168,5	270,0	149,5	1349,9	-4421,0
4	Kombinasi 4	140%	11168,5	283,5	149,5	1349,9	-4332,1
5	Kombinasi 5	150%	9544,8	2525,6	2525,6	9752,5	2766,5

Sumber : hasil perhitungan.

C Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.

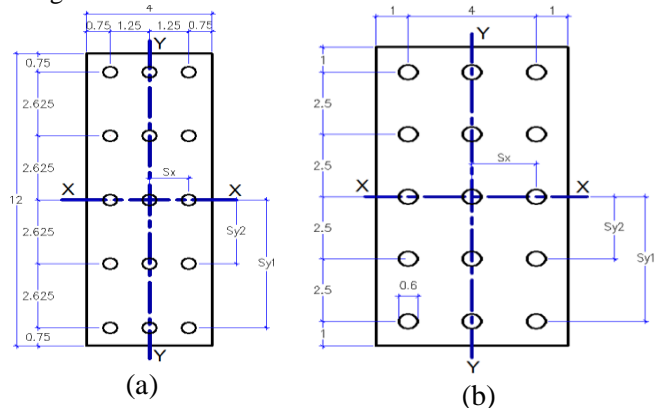
Mengingat *abutment* direncanakan diatas tanah lunak, maka *abutment* perlu diperkuat dengan pemasangan tiang pancang. Pondasi *abutment* yang digunakan adalah berupa tiang pancang dari PT Wika Beton dengan spesifikasi sebagai berikut :

Abutment BH-1

Abutment BH-2

Tipe	: D500 – Kelas C	: D600 – Kelas C
Diameter luar, d	: 50,0 cm	: 60,0 cm
Diameter dalam, d1	: 32,0 cm	: 40,0 cm
Panjang tiang	: 14 m	: 14 m

Dengan dimensi tiang pancang berikut, maka kebutuhan tiang pancang untuk pondasi masing-masing *abutment* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5.2 (a) Konfigurasi Tiang Pancang pada Pondasi *Abutment* BH-1

(b) Konfigurasi Tiang Pancang pada Pondasi *Abutment* BH-2

D Perhitungan Kebutuhan Tulangan *Abutment*

Dengan beban yang bekerja terhadap *abutment*, maka kebutuhan tulangannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 53 Kebutuhan Tulangan *Abutment*

Tulangan		<i>Abutment</i>	
		BH-1	BH-2
<i>Pile cap</i>	Tulangan lentur	D25-150	D25-75
	Tulangan bagi	D12-150	D16-150
<i>Breast wall</i>	Tulangan lentur	D25-150	D25-150
	Tulangan bagi	D16-250	D16-250
<i>Back Wall</i>	Tulangan lentur	D16-125	D16-125
	Tulangan bagi	D12-350	D12-350

VI. KESIMPULAN

Perencanaan timbunan *oprit* untuk timbunan BH-1 dan BH-2 menghasilkan sebagai berikut :

- 1) Timbunan BH-1 untuk H final 5 meter, diperoleh H initial sebesar 5,40 meter dan Sc sebesar 0,80 meter, sedangkan pada timbunan BH-2 untuk H final 7,7 meter, diperoleh H initial sebesar 8,45 meter dan Sc sebesar 1,10 meter.
- 2) Durasi untuk mencapai pemampatan dengan U 90% untuk timbunan BH-1 adalah 27,147 tahun dan BH-2 adalah 25,013 tahun.
- 3) PVD dipasang dengan pola segiempat dengan jarak 1 meter. Lamanya pemampatan dengan pola tersebut untuk U 90% adalah 13 minggu untuk area BH-1 dan 15 minggu untuk area BH-2.
- 4) Perkuatan tanah yang dipasang adalah :
 - Kombinasi 1 : *Geotextile wall* dipasang untuk area BH-1 dan BH-2 adalah masing-masing setinggi 4,5 meter dan 7,2 meter,

Kedalaman *replacement* tanah dasar untuk kedua area adalah sedalam 1,5 meter.

- Kombinasi 2 :
Geotextile wall dipasang untuk area BH-1 dan BH-2 adalah masing-masing setinggi 4,5 meter dan 7,2 meter. Jumlah cerucuk yang dibutuhkan adalah D40 sebanyak 2 tiang dengan panjang 8 meter untuk perkuatan BH-1 dan D40 sebanyak 3 tiang dengan panjang 8 meter untuk perkuatan BH-2.
- 5) Biaya perkuatan tanah kombinasi 1 dan 2 adalah masing-masing Rp.1.300.177.000,- dan Rp.1.302.958.000,-. Dengan dasar pemilihan paling ekonomis, maka perkuatan kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1 dengan selisih harga lebih murah sebesar Rp.2.781.000,-.
- 6) Tiang pancang *abutment* BH-1 menggunakan D50 Kelas C dengan panjang 14 meter dan pada *abutment* BH-2 adalah D60 Kelas C dengan panjang 14 meter. Kedua jenis tiang pancang tersebut merupakan produk dari PT. Wika Beton. Jumlah tiang pancang untuk *abutment* BH-1 dan BH-2 adalah 15 tiang dengan konfigurasi tiang 3 x 5.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Baequnie, Hafidh. 2015. **Perencanaan Abutment dan Badan Jalan Kereta Api Sta 180+500 Double Track Madiun-Paron**. Tugas Akhir, ITS Surabaya.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. **Standar Pembebanan untuk Jembatan**. RSNI T-02-2005. Jakarta : Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum Eks. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan**. SNI 2844:2008. Jakarta : Dewan Standarisasi Indonesia.
- Bowles, J.E. 1991. **Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah**. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. **Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I**. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. **Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II**. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 2011. **Principles of Foundation Engineering Seventh Edition**. Stamford : Cengage Learning.
- Hardiyatmo, Hary C. 2002. **Mekanikan Tanah 1**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary C. 2002. **Mekanikan Tanah 2**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Hasil Investigasi Jembatan Sulin**. Data Proyek Direktorat Jendral Bina Marga Provinsi NTB, 2015.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2014. **Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan**. PM. 78 Tahun 2014. Jakarta : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Mochtar, Noor E. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mochtar, I. B. **Perencanaan Tiang Pancang**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mochtar, I. B. 2000. **Pengaruh Penambahan Cerucuk terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah Lunak pada Pemodelan di Laboratorium**. Tesis Bidang Geoteknik, ITS Surabaya.
- Mochtar, I. B. 2015. **Studi Peningkatan Tahanan Geser Tanah Kohesif Akibat Adanya Perkuatan Tiang-tiang Vertikal Berdasarkan Pemodelan di Laboratorium**. Desertasi Bidang Geoteknik, ITS Surabaya.
- NAVFAC DM-7. 1971. **Soil Mechanics Design Manual**. Virginia : Naval Facilities Engineering Command.
- Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Sharma, S. 1990. **XSTABL Reference Manual**. Moscow : Interactive Software Designs, Inc.
- Vaza, Herry., et.al.2010. **Perencanaan Teknik Jembatan**. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.