

Perencanaan Pondasi Jembatan dan Perbaikan Tanah untuk Oprit Jembatan *Overpass* Mungkung di Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331

Prathisto Panuntun Unggul Listyono, Suwarno, dan Putu Tantri Kumala Sari.
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: soewarno@ce.its.ac.id, tantrigeoteknik@gmail.com

Abstrak – Mainroad jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono pada STA 150+331 terdapat perencanaan jembatan *overpass* Mungkung. Oprit jembatan *overpass* Mungkung berdiri di atas tanah dasar lempung lunak, sehingga tanah dasar memiliki daya dukung yang rendah yang dapat mengakibatkan kelongsoran pada oprit timbunan dan memiliki kemampuan yang tinggi. Pada Penelitian ini struktur bawah jembatan *overpass* Mungkung direncanakan memiliki 3 buah pilar dan 2 buah abutment. Untuk oprit timbunan jembatan akan direncanakan metode perbaikan tanah dasar menggunakan *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*. Untuk perkuatan oprit akan direncanakan 2 alternatif perkuatan yaitu dengan *geotextile wall* atau sistem *freyssisol*. Pada tahap akhir dilakukan analisis perbandingan dari 2 alternatif untuk sistem perkuatan oprit jembatan.

Dari hasil analisis didapatkan untuk alternatif 1 yaitu dengan *geotextile walls* diperoleh kebutuhan *geotextile* untuk H oprit 3 m – 8 m adalah 5 - 27 lapis. Pada perkuatan memanjang diperoleh kebutuhan *geotextile* sebanyak 27 lapis. Pada alternatif 2 yaitu dengan *freyssisol* diperoleh masing-masing kebutuhan *paraweb straps* untuk Tu 30 kN adalah 183,2 kg, untuk Tu 50 kN adalah 967,9 kg, dan untuk Tu 100 kN adalah 2587,1 kg. Untuk perkuatan memanjang diperoleh kebutuhan *geotextile* sebanyak 11 lapis.

Dari kedua alternatif dipilih alternatif 1 karena ketersediaan material *geotextile* di Indonesia dan kemudahan mendapatkan material dibanding *freyssisol* yang harus diimpor dari luar Indonesia. Pondasi pilar 1 (pilar tengah) adalah tiang pancang dengan diameter 60 cm sebanyak 25 buah dan kedalaman tiang 27,5 m. Pondasi pilar 2 adalah tiang pancang dengan diameter 60 cm sebanyak 16 buah dan kedalaman tiang 27,5 m. Pondasi abutment adalah tiang pancang dengan diameter 60 cm sebanyak 24 buah dan kedalaman tiang 27,5 m.

Kata kunci - Abutment, Geotextile Wall, Freyssisol, Pilar, Jembatan *Overpass* Mungkung, *Prefabricated Horizontal Drain*, *Prefabricated Vertical Drain*.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

JALAN Tol Solo-Ngawi-Kertosono memiliki panjang jalan 177,02 km. Di mana ruas Jalan Tol Solo-Ngawi adalah sepanjang 90 km dan ruas Jalan Tol Ngawi-Kertosono adalah sepanjang 87,02 km. Pada STA 150+331 terdapat perencanaan *mainroad* yang melewati perpotongan jalan antar Desa Mungkung, sehingga diperlukan perencanaan jembatan *overpass*.

Jembatan *overpass* Mungkung direncanakan memiliki 2 buah abutment dan 3 pilar dengan bentang total 86 m. Pilar

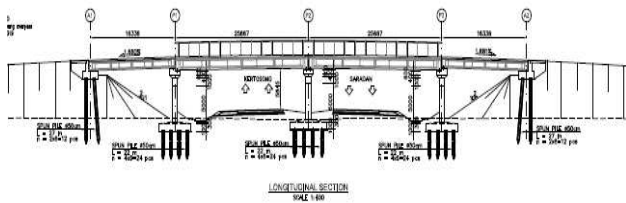
dan abutment jembatan direncanakan memiliki struktur yang kuat dalam memikul beban vertikal dan horizontal serta tahan terhadap gaya gempa pada zona gempa 4. Di bagian belakang masing-masing abutment akan direncanakan oprit jembatan. Oprit jembatan harus dibuat sepadat mungkin agar perkerasan jalan di atasnya dan struktur sambungan abutmennya tidak mengalami kerusakan. Sehingga penurunan (*settlement*) dapat dihindarkan agar tidak membahayakan bagi kendaraan yang melewati atau berhenti di jembatan *overpass* Mungkung.

Lokasi perencanaan dan potongan memanjang jembatan *overpass* Mungkung dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Rencana oprit jembatan dengan tanah timbunan paling tinggi adalah sebesar 8 m. Tanah dasar timbunan pada oprit jembatan memiliki nilai NSPT rata-rata = 8 yaitu termasuk *medium clay* sampai dengan kedalaman 16 m yaitu tanah dasar lunak yang lembek yang daya dukungnya rendah dan kemampuannya tinggi. Daya dukung tanah yang rendah akan menyebabkan terjadinya kelongsoran pada oprit jembatan yang menimbulkan bahaya pada konstruksi jembatan di sebelah oprit jembatan. Selain itu, kemampuan yang tinggi menyebabkan terjadinya perbedaan penurunan konsolidasi. Dibutuhkan alternatif metode perbaikan dan perkuatan tanah dasar timbunan agar mampu menahan beban sehingga kelongsoran dan perbedaan penurunan konsolidasi tidak terjadi.

Pada Penelitian ini akan direncanakan perbaikan tanah dasar untuk perencanaan oprit timbunan yaitu *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*. Untuk perkuatan oprit akan direncanakan 2 alternatif perkuatan yaitu alternatif pertama dengan *geotextile wall* sebagai perkuatan timbunan dan alternatif kedua yaitu dengan sistem tembok *freyssisol*. Dari 2 alternatif untuk metode perbaikan tanah dan 2 alternatif untuk perkuatan oprit timbunan tersebut akan dipilih masing-masing salah satu alternatif yang paling efisien dan efektif untuk dilaksanakan. Untuk struktur atas jembatan akan direncanakan dari *PCI girder* yaitu dari beton *precast* dan terdapat 3 buah pilar dan 2 buah abutment.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Proyek Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono



Gambar 2. Potongan Memanjang Perencanaan Jembatan *overpass* Mungkung

B. Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perencanaan pondasi jembatan untuk pilar dan abutment?
2. Bagaimana hasil perencanaan perbaikan tanah menggunakan *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*, apabila dari hasil analisis data tanah memerlukan metode tersebut?
3. Bagaimana hasil perencanaan perkuatan oprit timbunan dengan menggunakan *geotextile wall*?
4. Bagaimana hasil perencanaan perkuatan oprit timbunan dengan menggunakan sistem tembok *freyssisol*?
5. Alternatif perkuatan oprit timbunan mana yang lebih tepat diterapkan untuk oprit jembatan *overpass* Mungkung di jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penyusunan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang berasal dari kontraktor Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono.
2. Tidak membahas perhitungan geometri dan perkerasan jalan.
3. Tidak merencanakan drainase jalan.
4. Biaya yang diperhitungkan adalah biaya material.

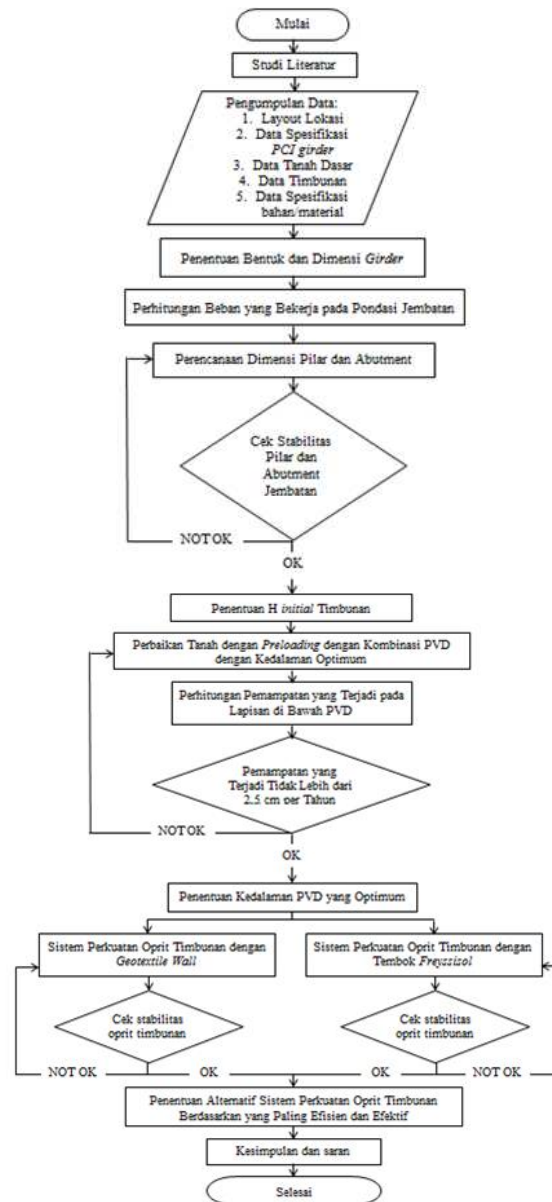
D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam Penelitian ini adalah merencanakan pondasi jembatan, perbaikan tanah dasar untuk oprit timbunan, dan perkuatan oprit timbunan agar mampu menerima beban sehingga tidak terjadi kelongsoran dan perbedaan penurunan pada oprit jembatan *overpass* Mungkung yang dapat menyebabkan kerusakan pada perkerasan jalan di atasnya dan struktur sambungan abutmentnya.

E. Manfaat Penelitian

Perencanaan dalam Penelitian ini adalah dimaksudkan agar dapat menjadi alternatif pondasi jembatan, perbaikan tanah dasar untuk oprit timbunan, dan perkuatan oprit timbunan pada oprit jembatan *overpass* Mungkung pada Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331 yang mungkin bisa dijadikan bahan pertimbangan oleh para pengambil keputusan di Proyek Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono.

II. METODOLOGI



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data Perencanaan

1. Data Tanah

Data tanah dasar yang diketahui dari hasil laboratorium untuk *borlog 1 (BH-1)* dan *borlog 2 (BH-2)* adalah nilai G_s , e , S_r , W_c , n , γ_t , γ_d , γ_{sat} , LL , PL , IP , dan C_u . Hasil rekap data tanah dasar BH-1 dan BH-2 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1.

Hasil Rekap Data Tanah Dasar BH-1

Kedalaman (m)	Nspt	γ_{sat} (kN/m ³)	e_o	G_s	LL (%)	IP (%)	C_u (kPa)	W_c (%)	C_c	C_s	C_v (cm ² /s)
0-4.5	2.25	16.201	1.527	2.567	62.37	31.73	33.89	59.49	0.547	0.121	0.0009
4.5-7.5	9.07	16.632	1.435	2.615	63.47	33.94	46.24	54.88	0.519	0.118	0.0008
7.5-10.5	8.38	16.894	1.418	2.667	66.85	38.06	37.25	53.17	0.532	0.124	0.0007
10.5-15.5	9.23	17.275	1.263	2.645	57.03	26.73	66.87	47.72	0.419	0.096	0.0015

Tabel 2.

Hasil Rekap Data Tanah Dasar BH-2

Kedalaman (m)	Nspt	γ_{sat} (kN/m ³)	e_o	G_s	LL (%)	IP (%)	C_u (kPa)	W_c (%)	C_c	C_s	C_v (cm ² /s)
0-4.5	2	16.291	1.629	2.654	63.47	33.32	23.46	61.38	0.596	0.13	0.0009
4.5-7.5	7	16.331	1.524	2.598	65.16	35.81	34.48	58.66	0.563	0.127	0.0008
7.5-10.5	10	16.619	1.437	2.613	48.75	16.29	55.37	54.99	0.431	0.089	0.002

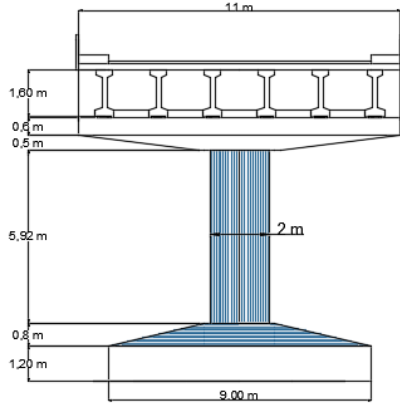
2. Spesifikasi PCI Girder

PCI Girder yang direncanakan ada 2 tipe yaitu untuk bentang tengah jembatan sepanjang 26 m adalah PCI H-160 cm dan bentang sepanjang 17 m adalah PCI H-125 cm.

B. Perencanaan Pilar 1 Jembatan (Pilar Tengah)

1. Perencanaan Kombinasi Tiang Pancang

Kombinasi pembebanan dalam perencanaan pilar 1 menggunakan RSNI T - 02 – 2005 [1]. Berikut adalah data perencanaan untuk perhitungan struktur pilar 1 jembatan :



Gambar 4. Perencanaan Pilar 1 Jembatan

Hasil perhitungan kombinasi tiang pancang untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan, yaitu D40, D50, dan D60 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.

Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, dan D60

Diameter Tiang Pancang (m)	m	n	Total	S _m (m)	S _n (m)	Jarak Pancang ke Tepi m (m)	Jarak Pancang ke Tepi n (m)
0,4	7	7	49	1,2	1,2	0,9	0,9
0,5	6	6	36	1,4	1,4	1	1
0,6	5	5	25	1,8	1,8	0,9	0,9

Setelah diketahui jumlah dan kedalaman tiang pancang yang digunakan, maka biaya material dapat dihitung. Berikut adalah hasil perhitungan biaya pada masing-masing diameter tiang pancang yang direncanakan:

Tabel 4.

Harga Tiang Pancang yang Direncanakan

D (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Kebutuhan Tiang Pancang			Total Biaya
			9 m	14 m	15 m	
0,4	30,5	49	196			Rp744.800.000
0,5	27,5	36		72		Rp396.000.000
0,6	27,5	25			50	Rp335.000.000

Jadi, diameter tiang pancang pada pilar 1 yang digunakan adalah diameter 60 cm.

2. Perhitungan Penulangan

Hasil perhitungan penulangan pada pilar 1 sebagai berikut :

Untuk bagian *pilecap* :

- Tulangan lentur = D25-125
- Tulangan bagi = D16-250

Untuk bagian *pier column* :

- Tulangan utama = 64D25 (dari PCA Column)

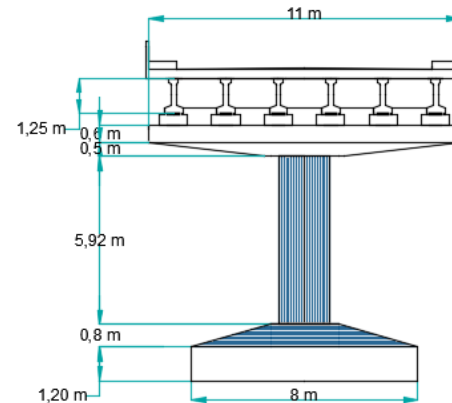
Untuk bagian *headstock* :

- Tulangan lentur = 82D25-130
- Tulangan tekan = 71D19-150
- Tulangan geser = 6D13-300

C. Perencanaan Pilar 2 Jembatan

1. Perencanaan Kombinasi Tiang Pancang

Kombinasi pembebanan dalam perencanaan pilar 2 menggunakan RSNI T - 02 – 2005 [1]. Berikut adalah data perencanaan untuk perhitungan struktur pilar 2 jembatan :



Gambar 5. Perencanaan Pilar 2 Jembatan

Hasil perhitungan kombinasi tiang pancang untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan, yaitu D40, D50, dan D60 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.

Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D50 dan D60

Diameter Tiang Pancang (m)	m	n	Total	S _m (m)	S _n (m)	Jarak Pancang ke Tepi m (m)	Jarak Pancang ke Tepi n (m)
0,5	5	5	25	1,5	1,5	1	1
0,6	4	4	16	1,8	1,8	1,3	1,3

Setelah diketahui jumlah dan kedalaman tiang pancang yang digunakan, maka biaya material dapat dihitung. Berikut adalah hasil perhitungan biaya pada masing-masing diameter tiang pancang yang direncanakan:

Tabel 6.

Harga Tiang Pancang yang Direncanakan

D (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Kebutuhan Tiang Pancang		Total Biaya
			12 m	15 m	
0,5	30,5	25	75		Rp412.500.000
0,6	27,5	16		32	Rp214.400.000

Jadi, diameter tiang pancang pada pilar 2 yang digunakan adalah diameter 60 cm.

2. Perhitungan Penulangan

Hasil perhitungan penulangan pada pilar 2 sebagai berikut :

Untuk bagian *pilecap* :

- Tulangan lentur = D25-125
- Tulangan bagi = D16-250

Untuk bagian *pier column* :

- Tulangan utama = 68D22 (dari PCA Column)

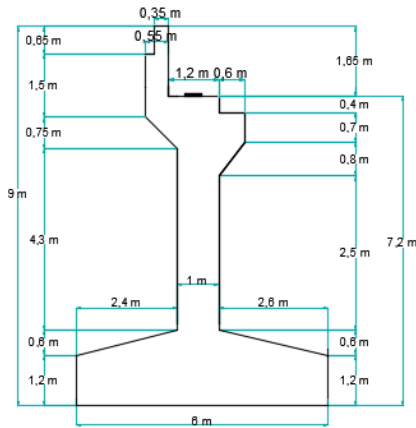
Untuk bagian *headstock* :

- Tulangan lentur = 75D25-140
- Tulangan tekan = 65D19-160
- Tulangan geser = 6D13-300

D. Perencanaan Abutment Jembatan

1. Perencanaan Kombinasi Tiang Pancang

Kombinasi pembebanan dalam perencanaan abutment menggunakan RSNI T - 02 – 2005 [1]. Berikut adalah data perencanaan untuk perhitungan struktur abutment jembatan :



Gambar 6. Perencanaan abutment Jembatan

Hasil perhitungan kombinasi tiang pancang untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan, yaitu D40, D50, dan D60 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7.

Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50 dan D60

Diameter Tiang Pancang (m)	m	n	Total	S _m (m)	S _n (m)	Jarak Pancang ke Tepi m (m)	Jarak Pancang ke Tepi n (m)
0,4	5	8	40	1,1	1,2	0,8	0,8
0,5	4	7	28	1,3	1,3	1	1
0,6	4	6	24	1,3	1,6	1	1

Setelah diketahui jumlah dan kedalaman tiang pancang yang digunakan, maka biaya material dapat dihitung. Berikut adalah hasil perhitungan biaya pada masing-masing diameter tiang pancang yang direncanakan:

Tabel 8.

Harga Tiang Pancang yang Direncanakan

D (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Kebutuhan Tiang Pancang			Total Biaya
			9 m	12 m	15 m	
0,4	30,5	40	160			Rp608.000.000
0,5	30,5	28		84		Rp462.000.000
0,6	27,5	24			48	Rp321.600.000

Jadi, diameter tiang pancang pada abutment yang digunakan adalah diameter 60 cm.

2. Perhitungan Penulangan

Hasil perhitungan penulangan pada abutment sebagai berikut :

Untuk bagian pilecap :

- Tulangan lentur = D25-125
- Tulangan bagi = D16-250

Untuk bagian breast wall :

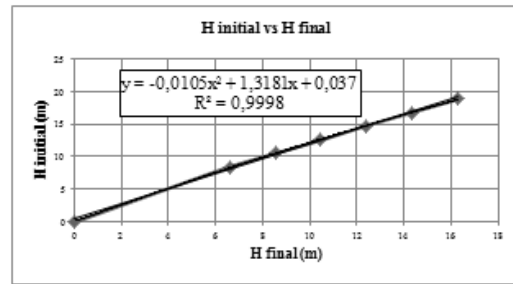
- Tulangan lentur = D25-150
- Tulangan bagi = D16-300

Untuk bagian backwall :

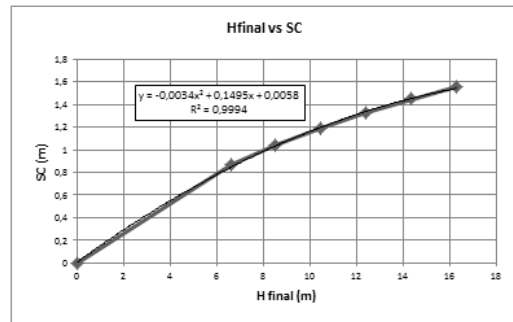
- Tulangan lentur = D16-115
- Tulangan bagi = D13-75

E. Perhitungan Besar Pemampatan (Sc) dan Tinggi Timbunan Awal (H_{inisial})

Formula dalam menghitung besar Sc menggunakan rumus Terzaghi (1942) [2]. Perhitungan besar pemampatan dilakukan untuk mencari tinggi timbunan awal yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi rencana setiap ketinggian oprit yaitu 8 m, 7 m, 6 m, 5 m, 4 m, 3 m. Perencanaan H_{inisial} dalam Penelitian ini memperhitungkan beban timbunan, beban traffic, dan beban perkerasan.



Gambar 7. Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{inisial}



Gambar 8. Grafik Hubungan H_{final} dengan Settlement

Dari grafik-grafik di atas dapat ditentukan H_{inisial} dan settlement yang terjadi pada setiap ketinggian oprit yang direncanakan, yaitu (Tabel 9) :

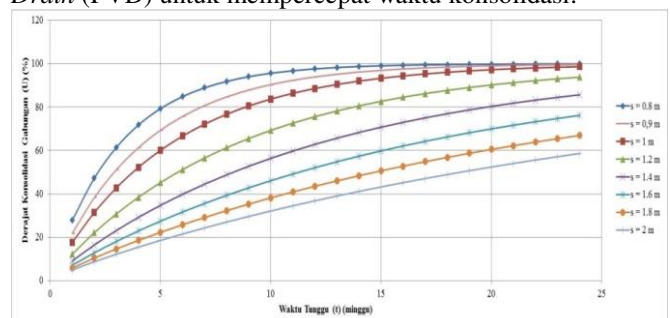
Tabel 9.

H_{inisial} (m) dan Sc (m)

H _{final} (m)	H _{inisial} (m)	Sc (m)
8	9,9	0,984
7	8,7	0,886
6	7,6	0,780
5	6,4	0,668
4	5,1	0,549
3	3,9	0,424

F. Perencanaan Perbaikan Tanah dengan PVD

Waktu konsolidasi alami yang terjadi cukup lama yaitu hingga 67 tahun, sehingga diperlukan Prefabricated Vertical Drain (PVD) untuk mempercepat waktu konsolidasi.



Gambar 9. Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi (U) dengan menggunakan PVD Pola Segiempat

PVD yang digunakan dalam perencanaan adalah menggunakan pola segiempat dengan jarak antar PVD adalah 1,2 m. karena kemudahan pelaksanaan pemasangan PVD di lapangan dan jika dibandingkan dengan jarak s = 1 meter, beda waktu yang terjadi sekitar 7 minggu. Karena waktu yang disediakan cukup untuk s = 1,2 meter, maka diputuskan untuk penggunaan spasi PVD adalah 1,2 meter. Dengan pertimbangan yang lain adalah mahalnya harga material PVD.

G. Perencanaan Geotextile Walls sebagai Perkuatan Oprit Timbunan (Alternatif 1)

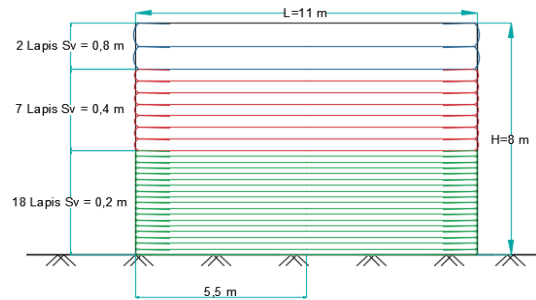
Geotextile yang digunakan pada perencanaan adalah UW-250 dengan T_{ult} 52 kN/m. Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan geotextile pada H oprit 8 m (Tabel 10).

Tabel 10.

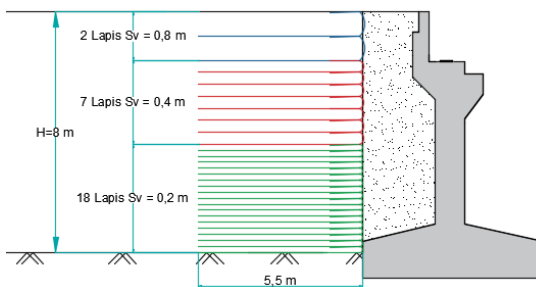
Perhitungan Kebutuhan Geotextile untuk H oprit 8 m

No	z (m)	σH total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	Lo pakai (m)	Ltotal (m)
1	0,8	10,53	1,00	1,20	0,8	0,81	1	4,16	1	7,3
2	1,6	15,33	1,00	0,82	0,8	0,59	1	3,70	1	7,3
3	2	17,73	1,00	0,71	0,4	0,27	1	3,46	1	6,9
4	2,4	20,13	1,00	0,63	0,4	0,26	1	3,23	1	6,9
5	2,8	22,53	1,00	0,56	0,4	0,25	1	3,00	1	6,9
6	3,2	24,93	1,00	0,51	0,4	0,24	1	2,77	1	6,9
7	3,6	27,33	1,00	0,46	0,4	0,23	1	2,54	1	6,9
8	4	29,73	1,00	0,42	0,4	0,23	1	2,31	1	6,9
9	4,4	32,13	1,00	0,39	0,4	0,22	1	2,08	1	6,9
10	4,6	33,33	1,00	0,38	0,2	0,11	1	1,96	1	6,7
11	4,8	34,53	1,00	0,37	0,2	0,11	1	1,85	1	6,7
12	5	35,73	1,00	0,35	0,2	0,11	1	1,73	1	6,7
13	5,2	36,93	1,00	0,34	0,2	0,11	1	1,62	1	6,7
14	5,4	38,13	1,00	0,33	0,2	0,11	1	1,50	1	6,7
15	5,6	39,33	1,00	0,32	0,2	0,11	1	1,39	1	6,7
16	5,8	40,53	1,00	0,31	0,2	0,11	1	1,27	1	6,7
17	6	41,73	1,00	0,30	0,2	0,11	1	1,15	1	6,7
18	6,2	42,93	1,00	0,29	0,2	0,11	1	1,04	1	6,7
19	6,4	44,13	1,00	0,29	0,2	0,11	1	0,92	1	6,7
20	6,6	45,33	1,00	0,28	0,2	0,11	1	0,81	1	6,7
21	6,8	46,53	1,00	0,27	0,2	0,11	1	0,69	1	6,7
22	7	47,73	1,00	0,26	0,2	0,10	1	0,58	1	6,7
23	7,2	48,93	1,00	0,26	0,2	0,10	1	0,46	1	6,7
24	7,4	50,13	1,00	0,25	0,2	0,10	1	0,35	1	6,7
25	7,6	51,33	1,00	0,25	0,2	0,10	1	0,23	1	6,7
26	7,8	52,53	1,00	0,24	0,2	0,10	1	0,12	1	6,7
27	8	53,73	1,00	0,23	0,2	0,10	1	0,00	1	6,7

Analisis overall stability menggunakan metode Bishop [3]. Berikut adalah sketsa pemasangan geotextile walls arah melintang dan memanjang jembatan untuk ketinggian oprit timbunan 8 m :



Gambar 10. Sketsa Pemasangan Geotextile Wall untuk Ketinggian Oprit 8 m



Gambar 11. Sketsa Pemasangan Geotextile Wall Arah Memanjang

H. Perencanaan Freyssisol sebagai Perkuatan Oprit Timbunan (Alternatif 2)

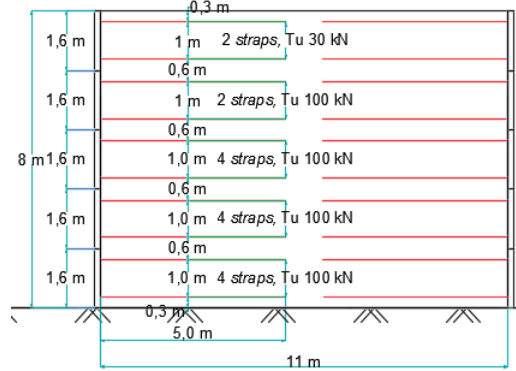
Paraweb straps yang digunakan pada Penelitian ini memiliki T_u sebesar 30 kN, 50 kN, dan 100 kN [4]. Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan paraweb straps pada H oprit 8 m (Tabel 3.11).

Tabel 11.

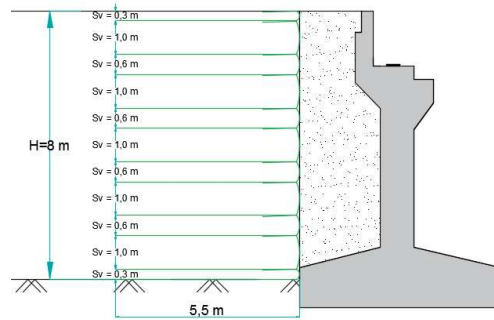
Perhitungan Kebutuhan Paraweb Strps, H oprit 8 m

No	z (m)	h dinding panel (m)	σH (kN/m ²)	σH_q (kN/m ²)	σH total (kN/m ²)	Gaya Horizontal (kN)	Jumlah Paraweb 2S strap $T_u = 100$ kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap $T_u = 50$ kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap $T_u = 30$ kN / 1 dinding	T _{Gaya Tarik} (kN)	Keterangan
1	1,6	1,6	9,6	5,733	15,33	27,35			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	19,2	5,733	24,93	71,84	2			103,66	OK
3	4,8	1,6	28,8	5,733	34,53	106,09	4			207,32	OK
4	6,4	1,6	38,4	5,733	44,13	140,34	4			207,32	OK
5	8	1,6	48	5,733	53,73	174,59	4			207,32	OK

Berikut adalah sketsa pemasangan freyssisol untuk ketinggian oprit timbunan 8 m dan geotextile wall arah memanjang jembatan :



Gambar 12. Sketsa Pemasangan Freyssisol untuk Ketinggian Oprit 8 m



Gambar 13. Sketsa Pemasangan Geotextile Wall Arah Memanjang

I. Perhitungan Biaya Material

Total kebutuhan dan biaya material pada alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Total Kebutuhan dan Biaya Material pada Alternatif 1

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Timbunan	15840	m ³	Rp230.000	Rp3.643.200.000
2	PVD	44640	m	Rp3.500	Rp156.240.000
3	PHD	3520	m	Rp117.000	Rp411.840.000
4	Geotextile (melintang)	43720	m ²	Rp17.000	Rp743.240.000
5	Geotextile (memanjang)	4037	m ²	Rp17.000	Rp68.629.000
6	Dinding Penutup	1440	m ²	Rp198.000	Rp285.120.000
Σ					Rp5.308.269.000

Perhitungan harga paraweb straps yang dibutuhkan dalam perencanaan pada setiap ketinggian oprit timbunan dapat dilihat pada Tabel 13 dan total kebutuhan dan biaya material pada alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 13.
Perhitungan Harga *Paraweb Straps* pada Setiap Ketinggian Oprit Timbunan

Tu (kN)	H (m)	Berat (kg)	Total (kg)	Harga Satuan	Total Harga
30	8	30,53	183,20	Rp68.422	Rp12.534.715
	7	30,53			
	6	30,53			
	5	30,53			
	4	30,53			
50	8	-	967,87308	Rp68.026	Rp65.840.534
	7	184,19			
	6	184,19			
	5	184,19			
	4	231,12			
100	8	960,76	2587,10	Rp68.817	Rp178.036.491
	7	665,58			
	6	590,37			
	5	370,39			
	4	-			
Σ					Rp256.411.740

Tabel 14.
Total Kebutuhan dan Biaya Material pada Alternatif 2

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Timbunan	15840	m ³	Rp230.000	Rp3.643.200.000
2	PVD	44640	m	Rp3.500	Rp156.240.000
3	PHD	3520	m	Rp117.000	Rp411.840.000
4	<i>Paraweb 2S Straps (Freyssisol)</i>	-	-	-	Rp512.823.480
5	<i>Precast Concrete Wall (Freyssisol)</i>	230,4	m ³	Rp820.000	Rp188.928.000
6	<i>Geotextile (memanjang)</i>	1749	m ²	Rp17.000	Rp29.733.000
Σ					Rp4.942.764.480

J. Metode Pelaksanaan Perbaikan dan Perkuatan Tanah

1. Metode Pelaksanaan *Geotextile Walls* (Alternatif 1)

- Pekerjaan Persiapan.
- Penggalian dan pengurugan kembali tanah dasar sedalam 1 m dengan tanah yang memiliki nilai c tertentu.
- Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*.
- Pemasangan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*.
- Pekerjaan *Sloof*.
- Pemasangan panel beton segmental (dinding sebagai *facing*).
- Pengurugan sirtu (tanah timbunan) .
- Pemasangan *geotextile*.
- Penggalian *finishing*.

2. Metode Pelaksanaan *Freyssisol* (Alternatif 2)

- Pekerjaan Persiapan
 - Penggalian dan pengurugan kembali tanah dasar sedalam 1 m dengan tanah yang memiliki nilai c tertentu.
 - Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*.
 - Pemasangan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*.
 - Pekerjaan *Sloof*.
 - Pemasangan dinding *precast*
 - Pemasangan *paraweb straps*
- Pekerjaan pemasangan *paraweb straps* dengan dinding *precast* dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pemasangan *Paraweb Straps*

- Pengurugan sirtu (tanah timbunan)
- Pekerjaan *finishing*

IV. KESIMPULAN

Dalam perencanaan Penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berikut adalah hasil perencanaan pondasi pada pilar dan abutment jembatan (Tabel 15).

Tabel 15.

Rekap Hasil Perencanaan Pondasi pada Pilar dan Abutment Jembatan

No	Perencanaan	Diameter tiang (cm)	Jumlah tiang	Kedalaman (m)	Biaya Material
1	Pilar 1	60	25	27,5	Rp335.000.000
2	Pilar 2	60	16	27,5	Rp214.400.000
3	Abutment	60	24	27,5	Rp321.600.000

Berikut adalah hasil perhitungan penulungan pada pilar dan abutment jembatan (Tabel 16 dan Tabel 17).

Tabel 16.

Rekap Hasil Perhitungan Penulungan pada Pilar Jembatan

No	Pilar	Pilecap		Pier Column	Headstock		
		Tul. Lentur	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Lentur	Tul. Tekan	Tul. Geser
1	Pilar 1	D25-125	D16-250	64D25	82D25-130	71D19-150	6D13-300
2	Pilar 2	D25-125	D16-250	68D22	75D25-140	65D19-160	6D13-300

Tabel 17.

Rekap Hasil Perhitungan Penulungan pada Abutment Jembatan

No	Perencanaan	Pilecap		Breast Wall		Back Wall	
		Tul. Lentur	Tul. Bagi	Tul. Lentur	Tul. Bagi	Tul. Lentur	Tul. Bagi
1	Abutment	D25-125	D16-250	D25-150	D16-300	D16-115	D13-75

2. Pola pemasangan PVD adalah segiempat dengan jarak antar PVD adalah 1,2 m. Kedalaman PVD yang direncanakan adalah 15,5 m. Pola pemasangan PHD adalah selebar oprit timbunan dan jarak horisontal antar PHD adalah 1,2 m.
3. Pada perencanaan perkuatan timbunan alternatif 1 yaitu dengan *geotextile wall* didapatkan luas total *geotextile* yang diperlukan sebagai berikut :
 - *Geotextile* arah melintang = 43720 m²
 - *Geotextile* arah memanjang = 4037 m²
4. Pada perencanaan perkuatan timbunan alternatif 2 yaitu dengan *freyssisol* didapatkan total kebutuhan *paraweb straps* dan *geotextile* yang diperlukan sebagai berikut :
 - *Paraweb straps* = 3738,17 kg
 - *Geotextile* arah memanjang = 1749 m²
5. Penulis memilih alternatif 1 sebagai perkuatan timbunan. Alasan Penulis memilih alternatif 1 adalah ketersediaan material *geotextile* lebih mudah didapat di Indonesia daripada alternatif 2 yaitu menggunakan *freyssisol*. Selain itu, Penulis juga mempertimbangkan kesalahan dalam asumsi harga yang digunakan. Karena dalam Penelitian ini, harga satuan untuk *paraweb straps* pada alternatif 2 adalah asumsi dengan menggunakan harga di luar Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional (BSN). *Standar Pembebanan untuk Jembatan* (RSNI T - 02 - 2005).
- [2] Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- [3] Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- [4] Terre Armée, 2007. *Specificatii Tehnice-Pamant Armant Cu Ziduri Tip Freyssonol*. <URL: <http://www.proidea.ro/terre-armee-romania-srl229102/freyssonol-pamant-armatizidarie-352525.shtml>>.