

# PERENCANAAN ABUTMENT JEMBATAN, OPRIT, DAN PERKUATAN TANAH DASAR DI BAWAH OPRIT JEMBATAN SUNGAI BABAKAN PROYEK JALAN TOL PEJAGAN PEMALANG STA 270+469

Siti Nurlita Fitri , Noor Endah , Putu Tantri Kumala Sari

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: noormochtar@gmail.com; tantrigeoteknik@gmail.com

*Abstrak - Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan perekonomian dipulau Jawa mengakibatkan bertambahnya volume kendaraan pada arah jalur pantura sehingga perlunya dilakukan pembangunan jalan baru yaitu Jalan Tol Pejagan Pemalang, yang Trase rencana tersebut berpotongan dengan Sungai Babakan yang memiliki lebar 72 meter dengan ketinggian oprit jembatan 4.6-7.1m di bagian Barat sedangkan dibagian timur memiliki ketinggian 4.4-6.2m. Maka dari itu dibutuhkan perencanaan timbunan jalan, oprit jembatan, dan pondasi jembatan di kedua sisinya.*

*Dalam perencanaan ini tanah asli membutuhkan waktu puluhan tahun untuk mencapai konsolidasi hingga 90%. Maka dari itu, dibutuhkan bantuan vertical drain berupa PVD untuk mempercepat waktu konsolidasi. Alternatif yang digunakan untuk timbunan jalan adalah Geotextile Wall yang berada dibelakang abutment serta Geogrid+multiblock pada arah melintang oprit dan perencanaan micropile. Dari masing-masing alternatif tersebut dihitung biaya material yang dibutuhkan. Pondasi jembatan harus direncanakan mampu berdiri melawan gaya-gaya luar yang bekerja. Diameter tiang pancang yang dihitung antara lain diameter 40cm dan 50cm. Dari masing-masing diameter tiang pancang tersebut dihitung biaya material yang paling sedikit, dan kemudian disimpulkan menjadi alternatif perkuatan yang dipakai.*

*Dari hasil perhitungan disimpulkan bahwa PVD yang digunakan menggunakan pola segitiga dengan jarak 1,00m. Untuk perkuatan arah melintang oprit dengan Geogrid+Multiblock, digunakan geogrid RE 580. Pada sisi barat dibutuhkan sebanyak 23-36 lembar geogrid. Sedangkan Pada sisi timur dibutuhkan Geogrid sebanyak 23-31 lembar geogrid, setiap lapis dipasang geogrid dengan jarak Sv 0.2 meter. Pada perkuatan oprit di belakang Abutment digunakan Geotextile UW250 sebanyak 10 lembar dengan jarak antar geotextile sebesar 0.4m. Sedangkan pada konstruksi micropile digunakan micropile dimensi 0.2x0.2m untuk kedua sisi Oprit. Untuk perkuatan dibelakang abutment dibutuhkan 2 buah micropile per meter dan pada arah melintang dibutuhkan 4-8 buah di sisi barat maupun sisi timur dengan panjang micropile 5 meter. Sedangkan diameter tiang pancang yang digunakan untuk kedua sisi abutment adalah tiang pancang beton dengan diameter 40cm dengan kedalaman 25m baik untuk sisi barat maupun sisi timur.*

*Kata Kunci: Oprit jembatan, PVD, Geotextile, Geogrid, Multiblock, Micropile, Pondasi jembatan*

## I. PENDAHULUAN

### LATAR BELAKANG

Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan perekonomian dipulau Jawa mengakibatkan bertambahnya volume kendaraan pada arah jalur pantura. Hal ini tentu saja berpengaruh pada arus lalu lintas yang semakin padat dan kemacetan yang luar biasa timbul di titik tertentu, terlebih saat arus mudik lebaran. Mengingat jalur pantura tidak dapat dilakukan pelebaran lagi karena banyaknya aktivitas perekonomian masyarakat yang tersebar di sekitarnya, maka

solusi terbaik sebagai upaya pemerintah untuk menghindari kemacetan tersebut yaitu membangun alternatif jalur baru yang merupakan Jalan Tol Trans Jawa. Jalan Tol Trans Jawa yang menghubungkan kota Surabaya dengan Jakarta ini memiliki banyak bagian, salah satunya adalah Jalan Tol Pejagan-Pemalang dengan panjang 57,5 km.

Pada Proyek Jalan Tol Pejagan-Pemalang Seksi I STA 270+000 – STA 284+000 trase jalannya melewati beberapa sungai, salah satunya adalah Sungai Babakan. Oleh sebab itu dibutuhkan bangunan perlintasan yang dapat melewatkan arus lalu-lintas untuk menyeberang sungai yaitu jembatan. Jembatan ini dibangun melintasi jurang yang memiliki kedalaman  $\pm 8$  m dan panjang  $\pm 72$  m, sehingga dibutuhkan abutment untuk menopang struktur jembatan ini. Selain itu, hal lain yang perlu diperhatikan adalah tepat di sisi kanan kiri jembatan merupakan tanah bekas persawahan dimana elevasinya lebih rendah dari pada jembatan itu sendiri, maka dibutuhkan konstruksi timbunan agar elevasi tanah dasar dapat sesuai dengan elevasi pelat lantai jembatan yang direncanakan.

Namun, berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan, kondisi tanah dasar merupakan tanah lunak. Sebagai pemecahan permasalahan tersebut, pada tugas akhir ini akan direncanakan sistem perkuatan tanah pada oprit jembatan menggunakan Geotextile Wall (belakang abutment) dan dengan Multiblock+geogrid (potongan melintang timbunan) dan abutment serta pondasi jembatan. Perbaikan tanah dasar dilakukan dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD) dan menggunakan micropile/cerucuk, Lalu dihitung jumlah biaya material yang akan digunakan.

### RUMUSAN MASALAH

Dari uraian di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan pada Tugas Akhir ini :

1. Berapakah Tinggi timbunan awal (H initial) yang diperlukan untuk mendapatkan tinggi timbunan akhir (H final) yang diinginkan?
2. Berapa besar dan berapa lama pemampatan tanah akibat beban timbunan, beban perkerasan dan beban lalu lintas yang bekerja diatas tanah dasar timbunan?
3. Jika waktu pemampatan yang akan terjadi lama maka, berapa jarak dan bagaimana tipe pemasangan PVD ?
4. Jika tanah dasar tidak cukup kuat untuk menahan tanah diatasnya, bagaimana merencanakan perkuatan tanah dengan micropile?
5. Apabila stabilitas tanah timbunan tidak cukup kuat, bagaimana merencanakan perkuatan oprit timbunan dengan Geotextile Wall (belakang abutment) dan multiblock+geogrid pada arah melintang oprit ?
6. Bagaimana perencanaan abutment serta pondasi Jembatan Sungai Babakan?

**BATASAN MASALAH**

Beberapa batasan masalah yang didefinisikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain:

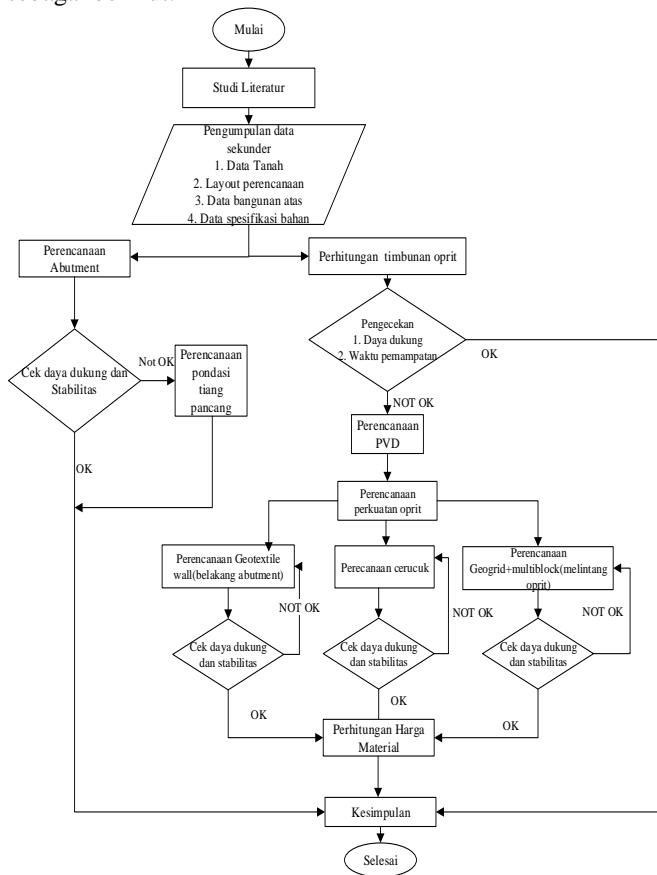
1. Tidak membahas perhitungan struktur atas jembatan
2. Tidak membahas drainase jalan
3. Tidak membahas metode pelaksanaan.
4. Pangkal jembatan diasumsikan tegak lurus dengan jalan
5. Tidak menghitung pilar jembatan

**MANFAAT**

Perencanaan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat sebagai alternatif perbaikan tanah maupun struktur bawah jembatan Sungai babakan yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk para pengambil keputusan di Proyek Jalan Tol Pejagan-Pemalang STA 270+000 – STA 284+000.

**II. METODOLOGI**

Metode yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Perencanaan

**III. DATA PERENCANAAN**

**ANALISA PARAMETER TANAH**

Metode yang digunakan untuk menganalisa parameter tanah untuk mendapatkan data tanah yang digunakan dalam perencanaan timbunan badan jalan adalah cara statistik selang pendek dengan derajat kepercayaan 90%. Hasil rekap sebaran data parameter tanah setiap kedalamannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Parameter Tanah Dasar

Kealaman (m)	Cu kg/cm <sup>2</sup>	γ t/m <sup>3</sup>	Gs	LL %	Cv (cm <sup>2</sup> /s)	Cc	IP(%)	Wn(%)	eo
0-2	0.148	1.615	2.600	81.141	0.0002	0.543	46.032	73.091	1.786
2-4	0.148	1.615	2.600	81.141	0.0002	0.543	46.032	73.091	1.786
4-6	0.156	1.642	2.525	72.81	0.000244	0.436	43.447	65.942	1.551096
6-8	0.156	1.642	2.525	72.81	0.000244	0.436	43.447	65.942	1.551096
8-10	0.148	1.615	2.600	81.14	0.000209	0.543	46.032	73.091	1.786182
10-12	0.148	1.615	2.600	81.14	0.000209	0.543	46.032	73.091	1.786182
12-14	0.148	1.615	2.600	81.14	0.000209	0.543	46.032	73.091	1.786182
14-16	0.407	1.658	2.517	59.93	0.000299	0.451	20.957	60.827	1.442307
16-18	0.407	1.658	2.517	59.93	0.000299	0.451	20.957	60.827	1.442307

**DATA TANAH TIMBUNAN**

Material timbunan yang digunakan berasal dari daerah dari lokasi proyek. Spesifikasi teknis dari material adalah sebagai berikut :

- Sifat fisik tanah timbunan :

$C = 0,5 \text{ KN/m}^2$

$\gamma_{\text{sat}} = 1,9 \text{ t/m}^2$

$\phi = 25^\circ$

- Geometri timbunan

Lebar timbunan atas = 27m (timbunan direncanakan sebagai timbunan tegak)

Untuk tinggi timbunan barat dan timur mempunyai variasi ketinggian pada masing-masing segment diberikan pada Tabel 2

Tabel 2. Tinggi Timbunan untuk Setiap Segment

Segment	Tinggi (m)	Lokasi
270+300 - 270+350	7.1	Barat
270+350 - 270+400	6.5	Barat
270+400 - 270+450	4.6	Barat
270+450 - 270+500	Jembatan	
270+500 - 270+550	4.4	Timur
270+550 - 270+600	5,8	Timur
270+600 - 270+650	6,2	Timur

**DATA JEMBATAN**

Jembatan direncanakan menggunakan jenis girder tipe-I dengan bentang pinggir masing-masing 15,5m, dan bentang tengah 41,1m. Perencanaan girder menggunakan Girder Wika Beton, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tinggi girder = 90 cm untuk bentang pinggir

**DATA TIANG PANCANG**

Tiang Pancang direncanakan menggunakan tiang pancang (spun piles) produksi WIKA BETON. Diameter spun piles yang dihitung yakni diameter 40cm dan 50 cm

**DATA GEOTEXTILE**

Pada perencanaan ini menggunakan *geotextile* unwoven yang diproduksi PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan Tensile Strength 52 Kn/m'.

**DATA GEOGRID**

Pada perencanaan ini menggunakan *geogrid* RE580 dengan Long Term Strength 59.17 Kn/m'.

**DATA MULTIBLOK**

*Multiblok* yang digunakan mempunyai dimensi P =400mm, L= 205mm, dan t=200mm

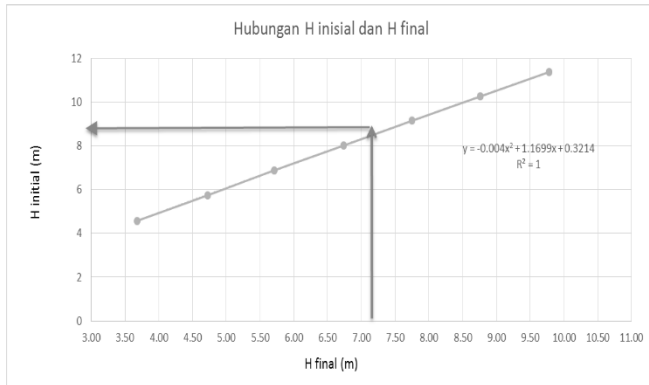
**DATA MICROPILE**

*Micropile* direncanakan menggunakan *micropile* dengan Spesifikasi segi empat dengan dimensi 20x20 cm.

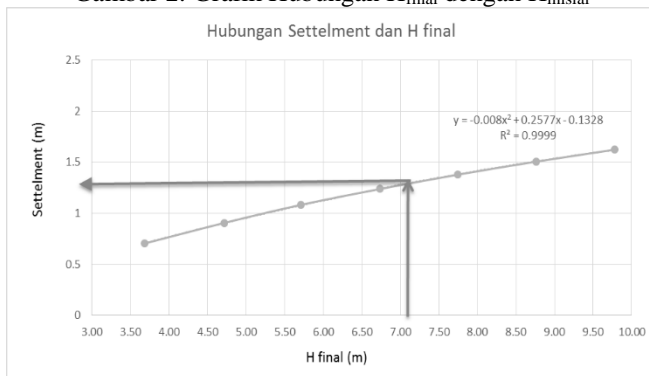
IV. PERENCANAAN PERKUATAN TANAH DASAR

PERHITUNGAN  $H_{INISIAL}$

$H_{initial}$  diketahui dengan menghitung *settlement* yang terjadi. Beban *traffic* diperhitungkan menggunakan grafik JRA yang menampilkan hubungan tinggi timbunan dengan besar pengaruh beban *traffic*. Hasil perhitungan  $h$  initial pada setiap Segment diberikan pada Tabel 3. Grafik hubungan  $H$  initial dan  $H_{final}$  diberikan pada Gambar 2, sedangkan Grafik hubungan  $H_{final}$  dan *Settlement* diberikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Hubungan  $H_{final}$  dengan  $H_{initial}$



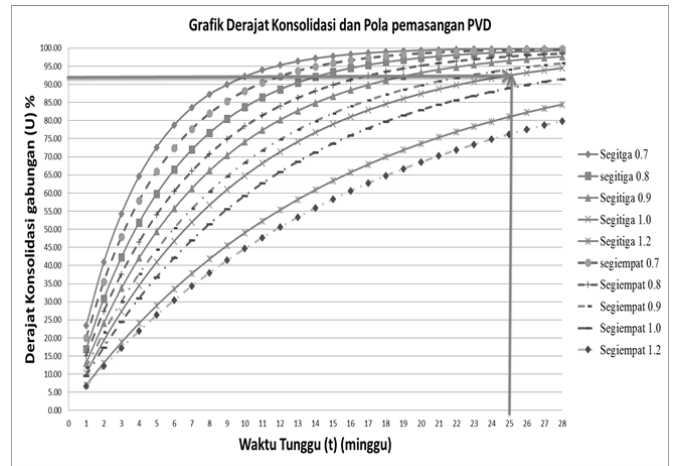
Gambar 3. Grafik Hubungan  $H_{initial}$  dengan *Settlement*

Tabel 3 Hasil Perhitungan  $H$  Inisial Untuk Kedua Sisi Oprit

No	Barat		Timur	
	$H_{final}(m)$	$H_{initial}(m)$	$H_{final}(m)$	$H_{initial}(m)$
1	4.6	5.6	4.4	5.4
2	6.5	7.8	5.8	7.0
3	7.1	8.4	6.2	7.4

PERENCANAAN PVD

Grafik hubungan derajat konsolidasi ( $U$ ) dengan waktu timbunan antara pola segitiga dan pola segi empat diberikan pada Gambar 4. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, maka dipilih jarak dan waktu untuk mencapai  $U=90\%$  adalah dengan PVD pola segitiga dengan jarak 1m dengan waktu pemampatan selama 25 minggu.



Gambar 4. Rencana Pemasangan PVD dengan Pola Segitiga dan Pola Segiempat dengan Berbagai Variasi Jarak

V. PERENCANAAN PERKUATAN OPRIT JEMBATAN

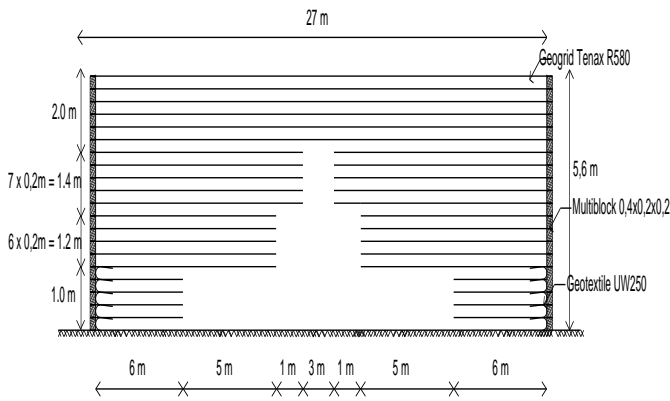
Adapun hasil perencanaan perkuatan oprit arah melintang diberikan pada Tabel 4, sedangkan untuk perkuatan di belakang abutment diberikan pada Tabel 5. Contoh Penggambaran sketsa perkuatan geogrid pada ketinggian 5,6 m diberikan pada Gambar 5, sedangkan untuk sketsa geotextile wall diberikan pada Gambar 6.

Tabel 4. Kebutuhan Perkuatan Timbunan Oprit arah Melintang

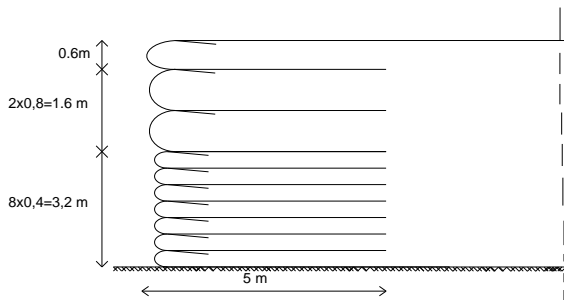
Mulai Sta	s/d Sta	$H_{initial}$ (m)	$H_{final}$ (m)	Jumlah pekuatan					
				Geogrid		Geotextile		Cerucuk (buah)/m	
				Jumlah lembar	Ket. Panjang	Jumlah lembar	Ket. Panjang		
270+300	270+350	8.4	7.1	36	7 lembar 24m 29 lembar 27m	6	6 lembar 6m +lipatan 1m	8	
270+350	270+400	7.8	6.5	33	11 lembar 22m 11 lembar 24m 11 lembar 27m	6	6 lembar 6m +lipatan 1m	6	
270+400	270+450	5.6	4.6	23	7 lembar 22m 6 lembar 24m 10 lembar 27m	5	5 lembar 6m +lipatan 1m	4	
270+450	270+500	Jembatan							
270+500	270+550	5.4	4.4	23	7 lembar 22m 6 lembar 24m 10 lembar 27m	4	4 lembar 6m +lipatan 1m	4	
270+550	270+600	7.0	5.8	30	10 lembar 22m 7 lembar 24m 13 lembar 27m	5	5 lembar 6m +lipatan 1m	6	
270+600	270+650	7.4	6.2	31	12 lembar 22m 6 lembar 24m 13 lembar 27m	6	6 lembar 6m +lipatan 1m	6	

Tabel 5. Kebutuhan Perkuatan *Geotextile* Timbunan Oprit di belakang Abutment

Layer ke	Sv(m)	Geotextile		Cerucuk	
		L sebelum perpanjang(m)	L setelah perpanjang(m)	sebelum perpanjang	setelah perpanjang
1	0.40	6.40	6.40	2	0
2	0.40	6.40	6.40		
3	0.40	6.40	7.40		
4	0.40	6.40	7.40		
5	0.40	6.40	7.40		
6	0.40	6.40	7.40		
7	0.40	6.40	7.40		
8	0.40	6.40	7.40		
9	0.80	6.80	8.80		
10	0.80	6.80	8.80		
jumlah		71.40	83.40	2	0



Gambar 5. Sketsa perkuatan arah melintang timbunan H Final 4,6m



Gambar 6. Sketsa perkuatan arah memanjang timbunan H Final 4,4m

PERHITUNGAN BIAYA MASING-MASING PERKUATAN TIMBUNAN

Dengan menggunakan brosur harga geotextile, harga Geogrid+Multiblock serta micropile dan berdasarkan jumlah perkuatan yang digunakan, maka didapat perhitungan masing-masing yang ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Harga Oprit Arah Melintang (Multiblock+Geogrid)

Stasioning	H initial (m)	Kebutuhan Geogrid (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Multiblock (m <sup>2</sup> )	Panjang jalan (m)	Harga Multiblock (Rp)	Harga Geogrid (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
270+300 - 270+350	8.4	51150	842.605	50	Rp 2,000,000.00	Rp 99,000.00	Rp 6,749,060,000.00
270+350 - 270+400	7.8	37950	775.675	50	Rp 2,000,000.00	Rp 99,000.00	Rp 5,308,400,000.00
270+400 - 270+450	5.6	25700	561.83	50	Rp 2,000,000.00	Rp 99,000.00	Rp 3,667,960,000.00
Jembatan							
270+450 - 270+500	5.4	28400	539.152	50	Rp 2,000,000.00	Rp 99,000.00	Rp 3,889,904,000.00
270+500 - 270+550	7.0	36950	697.226	50	Rp 2,000,000.00	Rp 99,000.00	Rp 5,052,302,000.00
270+550 - 270+600	7.4	35250	737.62016	50	Rp 2,000,000.00	Rp 99,000.00	Rp 4,964,990,320.00
					jumlah harga		Rp 29,632,816,320.00

Tabel 7. Hasil Perhitungan Harga Cerucuk 20x20cm Arah Melintang Oprit

Stasioning	H initial (m)	Kebutuhan cerucuk/	panjang jalan (m)	jumlah total	Harga per unit (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
270+300 - 270+350	8.4	8	50	400	Rp 185,000.00	Rp 74,000,000.00	
270+350 - 270+400	7.8	6	50	300	Rp 185,000.00	Rp 55,500,000.00	
270+400 - 270+450	5.6	4	50	200	Rp 185,000.00	Rp 37,000,000.00	
Jembatan							
270+450 - 270+500	5.4	4	50	200	Rp 185,000.00	Rp 37,000,000.00	
270+500 - 270+550	7.0	6	50	300	Rp 185,000.00	Rp 55,500,000.00	
270+550 - 270+600	7.4	6	50	300	Rp 185,000.00	Rp 55,500,000.00	
					jumlah harga		Rp 314,500,000.00

Tabel 8. Hasil Perhitungan Harga Perkuatan Timbunan dibelakang Abutment

Nama Perkuatan	Kombinasi	H initial (m)	Kebutuhan Geotextile (m)	Kebutuhan cerucuk (unit)	Harga Geotextile / m <sup>2</sup> (Rp)	Harga per unit cerucuk (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Geotextile	Tanpa cerucuk	5.4	2721.6		Rp 14,000.00	Rp 185,000.00	Rp 38,102,400.00
Cerucuk	Geotextile tanpa perpanjangan	5.4	1957.8	54	Rp 14,000.00	Rp 185,000.00	Rp 37,398,877.84

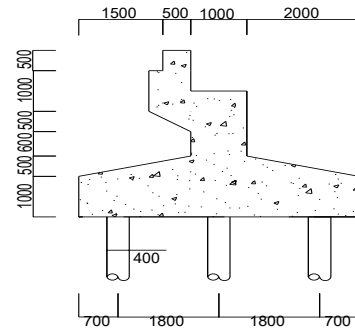
Dari tabel di atas didapat kesimpulan perkuatan yang paling ekonomis untuk di belakang Abutment adalah

perkuatan geotextile tanpa perpanjangan dan cerucuk dengan harga Rp 37.398.877,00 persisi sehingga biaya total perkuatan di belakang abutment adalah Rp. 74.797.756,00 untuk kedua sisi timbunan dibelakang abutment.

VI. PERENCANAAN ABUTMENT

Abutment

Direncanakan dimensi abutmen seperti gambar berikut:



Gambar 7. Desain Abutment

PERENCANAAN TIANG PANCANG ABUTMENT

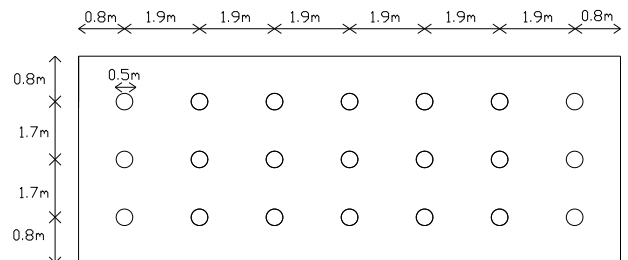
Berikut adalah hasil perhitungan jumlah tiang pancang pada kedua sisi abutmen dengan masing-masing diameter, Sketsa perencanaan tiang group diberikan pada Gambar 8 dan gambar 9:

Tabel 9. Kebutuhan Tiang Pancang Sisi Barat

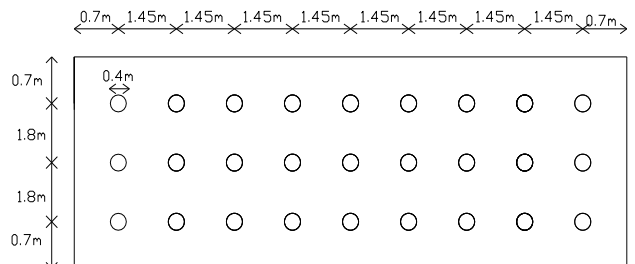
D (m)	Jumlah	Kedalaman (m)	Harga 1 tiang	Total Harga
0.5	21	25.00	Rp 11,000,000.00	Rp 231,000,000.00
0.4	27	25.00	Rp 7,600,000.00	Rp 205,200,000.00

Tabel 10. Kebutuhan Tiang Pancang Sisi Timur

D (m)	Jumlah	Kedalaman (m)	Harga 1 tiang	Total Harga
0.5	21	25.00	Rp 11,000,000.00	Rp 231,000,000.00
0.4	27	25.00	Rp 7,600,000.00	Rp 205,200,000.00



Gambar 8. Sketsa Perelatakan Tiang Pancang D50



Gambar 9. Sketsa Perelatakan Tiang Pancang D40

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diameter tiang pancang yang dipakai pada Abutment sisi barat dan timur

adalah tiang pancang diameter 40cm karena harga material yang digunakan lebih ekonomis.

**PERHITUNGAN PENULANGAN ABUTMENT**

Spesifikasi yang digunakan untuk penulangan abutment ini antara lain:

- diameter tulangan vertikal = 25 mm
- diameter tulangan horizontal = 22 mm
- kekuatan leleh tulangan (fy) = 290 MPa
- kekuatan beton (f'c) = K-300

Dari perhitungan yang dilakukan, didapat kebutuhan penulangan kedua sisi abutment sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Penulangan Abutment Barat dan Timur

Bagian.	Tulangan Utama	Tulangan Bagi
Breast Wall	D25-200	D16-140
Back Wall	D25-200	D16-100
Pilecap	D25-125	D16-220

**VII. PENUTUP**

**KESIMPULAN**

Berdasarkan keseluruhan hasil perencanaan yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Besar Hinisial yag diperhitungkan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 12. Hasil Perhitungan Hinisial dan H final disetiap Segment

No	Barat		Timur	
	Hfinal (m)	H initial(m)	H final (m)	H initial (m)
1	4.6	5.6	4.4	5.4
2	6.5	7.8	5.8	7.0
3	7.1	8.4	6.2	7.4

2. Besar Penurunan yag terjadi ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 13. Hasil Perhitungan Besar Penurunan disetiap Segment

No	Barat		Timur	
	Hfinal (m)	Settlement (m)	H final (m)	Settelemnt (m)
1	4.6	1.0	4.4	0.9
2	6.5	1.2	5.8	1.2
3	7.1	1.3	6.2	1.2

Waktu yang diperlukan untuk pemampatan tanah adalah selama 93,42 tahun

3. Karena waktu yang diperlukan sangat lama, sehingga digunakan PVD untuk mempercepat waktu pemampatannya, hasil perencanaan menggunakan PVD dengan pola segita dengan jarak 1,00 m.

4. Hasil perencanaan perkuatan timbunan jalan dan oprit tegak dengan menggunakan *geotextile* maupun *multiblock+geogrid*, serta penambahan cerucuk pada setiap segment ketinggian adalah sebagai berikut:

- Belakang abutment  
( *Geotextile* tanpa perpanjangan )  
jarak antar layer : 40 cm  
Panjang total per meter : 1957.8 m<sup>2</sup>  
Jumlah cerucuk : 54 buah  
Total biaya : Rp 37.398.877,84  
Persisi

- Arah melintang (Multiblock+Geogrid)

STA 270+300 - 270+350 :

- Jarak antar layer : 20 cm
- Panjang total *Geogrid* : 44850 m<sup>2</sup>
- Multiblock : 842,605 m<sup>2</sup>
- Total biaya :Rp 2.159.573.500,00
- STA 270+350 - 270+400 :
- Jarak antar layer : 20 cm
- Panjang total *Geogrid* : 37350 m<sup>2</sup>
- Multiblock : 775.675 m<sup>2</sup>
- Total biaya :Rp 1.850.222.500,00
- STA 270+400 - 270+450 :
- Jarak antar layer : 20 cm
- Panjang total *Geogrid* : 25700 m<sup>2</sup>
- Multiblock : 561,83 m<sup>2</sup>
- Total biaya : Rp1.292.781.000,00
- STA 270+500 - 270+550 :
- Jarak antar layer : 20 cm
- Panjang total *Geogrid* : 20900m<sup>2</sup>
- Multiblock : 539,152 m<sup>2</sup>
- Total biaya :Rp 1.108.906.400,00
- STA 270+550 - 270+600 :
- Jarak antar layer : 20 cm
- Panjang total *Geogrid* : 32900m<sup>2</sup>
- Multiblock : 697,226 m<sup>2</sup>
- Total biaya :Rp 1.639.558.200,00
- STA 270+600- 270+650 :
- Jarak antar layer : 20 cm
- Panjang total *Geogrid* : 35250m<sup>2</sup>
- Multiblock : 737.62 m<sup>2</sup>
- Total biaya :Rp 1.750.084.112,00
- STA 270+300 - 270+350 :
- Jumlah cerucuk : 8 buah
- Total biaya : Rp 74.000.000,00
- STA 270+350 - 270+400 :
- Jumlah cerucuk : 6 buah
- Total biaya : Rp 55.500.000,00
- STA 270+400 - 270+450 :
- Jumlah cerucuk : 4 buah
- Total biaya : Rp 37.000.000,00
- STA 270+500 - 270+550 :
- Jumlah cerucuk : 4buah
- Total biaya : Rp 37.000.000,00
- STA 270+550 - 270+600 :
- Jumlah cerucuk : 6 buah
- Total biaya : Rp 55.500.000,00
- STA 270+600 - 270+650 :
- Jumlah cerucuk : 6 buah
- Total biaya : Rp 55.500.000,00

5. Hasil dimensi abutmen ditampilkan pada Lampiran 6. Diameter tiang pancang dan harga material yang paling ekonomis adalah sebagai berikut:

- Abutment barat  
Diameter : 40 cm  
Kedalaman : 25 meter  
Jumlah : 27 buah  
Harga Total : Rp 205.200.000,00
- Abutment timur  
Diameter : 40 cm  
Kedalaman : 25 meter  
Jumlah : 27 buah  
Harga Total : Rp 205.200.000,00

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowles, J.E. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- [3] Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- [4] Mochtar, I.B. 2000., *Teknologi Perbaikan Tanah Dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah(Problematic Soils)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya, 2000
- [5] Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- [6] NAVFAC DM-7, 1971, *Design Manual, Soil Mechanis, Foundation dan Earth Structures*, Dept. Of the Navy Naval Facilities Engineering Command, Virginia, USA.
- [7] Naval Facilities. 1971. *Design Manual: Foundations, and Earth Structures (NACFAC DM-7)*. Alexandria: US Department of the Navy.
- [8] Rusdiansyah, I. B. Mochtar, and Noor E. Mochtar. 2015. (in Indonesian language),” *Studi Peningkatan Kuat Geser Tanah Lunak Akibat Perkuatan dengan Cerucuk Berdasarkan Pemodelan di Laboratorium*”. Disertasi Doktor pada FTSP ITS Surabaya.
- [9] Untung, Djoko. 2012. *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS