PERENCANAAN ABUTMENT JEMBATAN DAN PERBAIKAN TANAH UNTUK OPRIT JALAN LAYANG (*OVERPASS*) KOMODOR LAUT YOS SOEDARSO SEMARANG

Iqbal Yasianto. Suwarno, dan Yudhi Lastiasih
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: qobulz1@gmail.com

Jalur Pantura adalah jalur negara yang memiliki tingkat kemacetan yang tinggi khususnya pada musim mudik. Untuk mengurangi kemacetan pada jalur tersebut maka di bangunlah sebuah jalur alternatif di daerah pesisir Semarang yang terhubung dengan Semarang jalan Komodor Laut Yos Soedarso. Pada perencanaan untuk menghubungan Jalan tersebut memiliki beberapa hal yang harus di perhatikan. Kondisi pertama jalan Alternatif memotong jalan Komodor Laut Yos Soedarso oleh karena itu jalan Komodor Laut yos Soedarso membutuhkan overpass. Kondisi kedua jalan terletak pada daerah tambak yang memiliki tanah dasar relatif lunak sehingga dalam perencanaan dilakukan perbaikaan tanah agar tanah tidak mengalami *differential settlement* yang merusak jalan tersebut.

Perbaikan tanah yang dilakukan pada perencanaan tersebut dengan menggunakan PVD pola segitiga dengan jarak 1,6 m. Perencanaan jalan ini menggunakan pendekat/oprit untuk *overpass* yang akan dibangun nantinya. Overpass akan di bangun di atas tanah lunak dengan timbunan yang tinggi, karena itu timbunan membutuhkan perkuatan. Perkuatan timbunan menggunakan *geotextile* type stabilenka dengan kuat tarik maksimal sebesar 120/120 kN/m dengan biaya yang dibutuhkan Rp1.159.757.917,00 dan *micropile* yang digunakan dengan ukuran 25 cm x 25 cm memiliki P_{ijin} sebesar 50 ton dipasang pada timbunan ketinggian 10 sampai ketinggian 2,5 m dengan total biaya Rp 1.069.596.000,00. Dan perencanaan abutment menggunakan pondasi tiang pancang 60 cm dengan total biaya Rp 1.246.357.723,00

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Semarang merupakan kota metropolitan terbesar kelima di Indonesia. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan kota Semarang mengalami peningkatan yang cukup pesat. Hal ini ditandai dengan munculnya beberapa gedung pencakar langit di beberapa sudut kota. Kota Semarang juga memegang peranan penting sebagai pusat bisnis, perdagangan, industri dan pendidikan di kawasan Jawa Tengah. Sebagai kota metropolitan yang dihuni oleh jutaan penduduk, maka kota Semarang perlu memiliki fasilitas-fasilitas yang memadai, sehingga dapat menunjang berbagai sektor penting yang merupakan faktor penting untuk perkembangan kota Semarang selanjutnya. Perkembangan kota Semarang diikuti dengan meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Sehingga dengan pesatnya peningkatan jumlah penduduk ini membuat kemacetan lalu lintas di dalam Kota Semarang semakin parah. Hal ini di perburuk dengan adanya jalur negara yang melewati Semarang-Demak-Jepara yaitu jalur Pantura. Jalur Pantura mengalami peningkatan aktifitas lalu lintas yang tinggi ketika arus mudik, untuk mengatasi masalah-masalah lalu lintas di atas maka dibutuhkan jalan alternatif baru yang dapat membantu aktifitas lalu lintas jalan Pantura agar tidak terlalu macet. Jalan alternatif ini menghubungkan kota Semarang–Jepara dan terletak didaerah pesisir lihat **Gambar 1.1**. Jalan alternatif baru ini juga diletakan di daerah pesisir untuk menghindari jalur perkotaan yang cukup padat dan macet.

Jalan alternatif yang akan di bangun adalah Jalan pesisir Semarang-Jepara. Jalan ini menghubungkan Jalan Raya Komodor Laut Yos Soedarso yang berada di Kota Semarang dengan jalan Soekarno Hatta yang berada di Kota Jepara. Jalan Raya Komodor Laut Yos Soedarso dan Jalan Pesisir Semarang-Jepara merupakan jalan bebas hambatan, karena itu dalam perencanaan jalan pesisir Semarang-Jepara ini sendiri terdapat beberapa kondisi yang perlu diperhatikan. Kondisi pertama jalan Alternatif memotong jalan Komodor Laut Yos Soedarso oleh karena itu jalan Komodor Laut yos Soedarso membutuhkan overpass. Kondisi kedua jalan terletak pada daerah tambak yang memiliki tanah dasar relatif lunak sehingga dalam perencanaan dilakukan perbaikaan tanah agar tanah tidak mengalami *differential settlement* yang merusak jalan tersebut. Dalam merencanakan overpass sendiri perlu adanya jalan oprit untuk menghubungkan jalan overpass dengan jalan yang ingin direncanakan.

Metode perbaikan tanah yang akan dilakukan antara lain dengan memberikan beban awal (*preloading*) dikombinasikan dengan PVD (*Prefabricated Vertical Drain).* Perbaikan tanah ini sendiri dilakukan untuk mempercepat waktu

konsolidasi untuk tanah dasar dibawahnya, sehingga saat jalan diatasnya dibangun tidak terjadi *differential settlement* yang dapat merusak jalan tersebut. Pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lunak khususnya lempung berlangsung sangat lambat. Oleh sebab itu pemakaian PVD dapat mempercepat waktu pemampatan dengan membuat air pori tanah dapat keluar secara vertical juga horizontal.

Selain perbaikan terhadap tanah dasar dengan PVD dan *Preloading*, akan direncanakan juga perkuatan-perkuatan yang diperlukan bagi timbunan yang akan direncanakan nantinya. Hal ini di lakukan untuk menghindari kelongsoran akibat tingginya timbunan. Perkuatan timbunan yang akan direncanakan dapat menggunakan geotextile agar timbunan yang direncanakan tidak mengalami kelongsoran. Selain itu untuk menahan geser terhadap tanah dasar dapat juga diperkuat dengan pemasangan cerucuk (*micropile*). Maka perencanaan *overpass* dengan penggunaan cerucuk dan geotextile dapat memperkuat timbunan dan juga tanah dasar. Sehingga dapat menghindari tarjadinya longsor dan pergeseran tanah

Oleh karena itu, perencanaan oprit untuk Jalan *Overpass* Komodor Laut Yos ini sangat penting, karena dapat menentukan metode mana yang dapat digunakan dalam merencanakan oprit jalan layang tersebut terhadap kondisi yang ada di lapangan. Selain itu perencanaan oprit ini dapat menemukan metode perbaikan tanah yang lebih ekonomis untuk pembangunan overpass pada jalan Komodor Laut Yos Semarang. Sehingga dapat dibangun overpass yang kuat dengan harga yang ekonomis

I.2. Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, maka masalah yang dibahas di tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah perencanaan perbaikan tanah sehingga menjadi lebih efisien dan ekonomis untuk perencanaan oprit *overpass* Jalan Komodor Laut Yos Soedarso Semarang ini?
2. Untuk timbunan sebagai badan jalan, berapa tinggi timbunan yang perlu dibuat dan bagaimanakah stabilitas timbunan yang direncanakan?
3. Jika stabilitas timbunan yang direncanakan tidak memenuhi syarat, bagaimanakah perkuatan yang diperlukan untuk timbunan oprit itu sendiri?
4. Bagaimana perencanaan abutment yang dibutuhkan untuk oprit jembatan jalan layang tersebut?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah dapat merencanakan oprit jalan layang Komodor Laut Yos Semarang dengan perbaikan tanah dasar serta alternatif perbaikan tanah dasar guna mencegah terjadinya penurunan setempat pada permukaan jalan akibat beban perkerasaan jalan diatasnya sehingga jalan tidak bergelombang.

I.4 Batasan Masalah

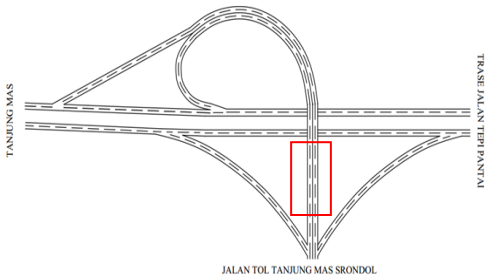
Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penyusunan tugas akhir ini disebabkan karena keterbatasan dana dan waktu antara lain sebagai berikut:

1. Perencanaan tinggi awal jalan
2. Data tanah dan lalu lintas menggunakan data skunder
3. Tidak membahas perhitungan geometri jalan
4. Tidak membahas perhitungan *upperstructure* jalan *overpass*
5. Tidak merencanakan drainase jembatan

I.5 Lokasi proyek

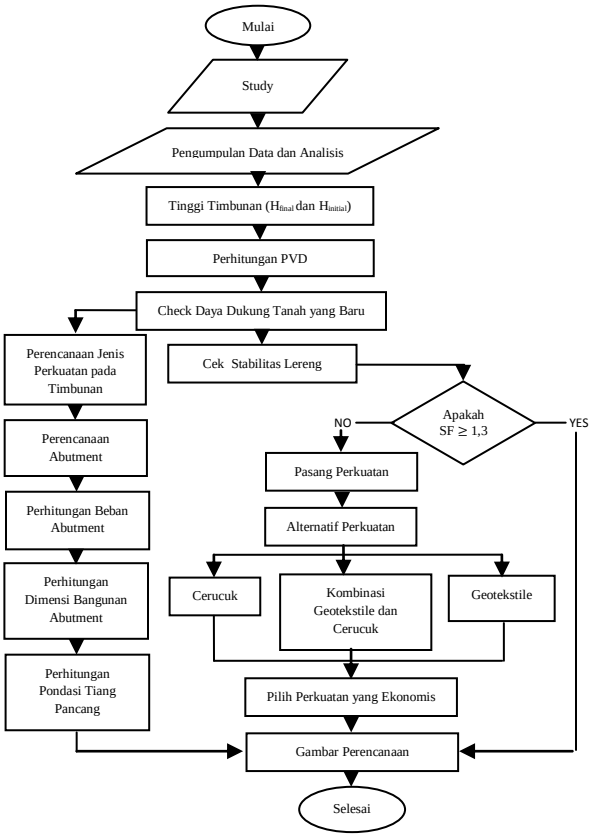
Pembangunan jembatan layang pada Jalan Komodor Laut Yos untuk menghubungkan jalan pesisir Semarang-Jepara di daerah Semarang, Jawa Tengah .

Gambar 1 Jalan Pesisir Semaran-Jepara



Gambar 2 Overpass Komodor Laut Yos Soedarso

II.METODOLOGI



Gambar 3. Flowchart prosedur pengerjaan Tugas Akhir

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data

Data Tanah Dasar

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data hasil penyelidikan tanah sekitar lokasi perencanaan Jalan Komodor Laut Yos Soedarso Semarang. Data tanah berasal dari Laboratorium PT. GEO Sarana Guna Penyelidikan tanah dilakukan pada Tanah Sisi Udara Bandara Ahmad Yani Semarang elevasi 0.00 LWS. Dari analisis data tanah di pakai data tanah pada titik BM-1

Tabel 1 Data Tanah pada BM-1

deep	eo	Wc	Gs	LL	PL	PI	LI	Sr	γt	γd
m		%		%	%	%	%	%	gr/cc	gr/cc
0-3	1.51	41.59	2.69	NON PLASTIC				74.3	1.52	1.07
3-6	1.67	52.67	2.66	72.53	57.34	0.15	-30.7	83.81	1.52	1
6-9	1.89	73.62	2.48	96.44	30.87	0.66	65.2	91.8	1.49	0.86
9-12	2.12	76.36	2.69	96.42	33.1	0.63	68.3	93.43	1.52	0.86
12-15	1.48	57.68	2.64	75.24	21.72	0.54	67.2	70.76	1.68	1.07
15-18	1.58	42.62	2.61	96.1	35.52	0.61	11.7	87.19	1.44	1.01

Tabel 2 Data Tanah pada BM-1

deep	γsat	γ'	ϕ	c	Cc	Cv	σ_v	Cu mochtar	Cc mochtar
meter	t/m^3	t/m^4	°	kg/cm^2		cm2/s	t/m2	kg/cm2	
0-3	1.67	0.67	26.86	0.12	0.425	3.6E-02	1.01	0.093	0.17
3-6	1.62	0.62	11.14	0.013	0.63	9.8E-04	2.95	0.130	0.67
6-9	1.51	0.51	9.71	0.094	0.73	5.7E-04	4.65	0.162	0.91
9-12	1.54	0.54	9.61	0.033	1.2	6.2E-04	6.23	0.191	1.03
12-15	1.66	0.66	5.62	0.11	0.92	7.2E-04	8.04	0.226	0.61
15-18	1.62	0.62	1.98	0.041	0.74	7.2E-04	9.97	0.262	0.77

Data Timbunan

Data timbunan tanah terdiri dari fisik material timbunan serta dimensi timbunan per titik stationing. Sifat fisik material timbuan yaitu:

γt : 1,7 t/m^3
γsat : 1,9 t/m^3
ϕ : 30°
Cu : 0
Fluktuasi: 1,8 meter

Data Spesifikasi Bahan

1. *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)
   PVD yang digunakan dalam perencanaan adalah PVD *Nylex Floadrain* dengan spesifikasi lebar 100 mm dan ketebalan 5 mm
2. *Geotextille*
   Geotextille yang digunakan dalam perencanaan adalah tipe *Stabilenka high strength woven* dengan kekuatan tarik 120/120 dari *Huesker*
3. Pondasi tiang pancang
   Pondasi tiang pancang pada abutment direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang silinder dengan diameter 60 cm dan 80 cm dari PT. WIKA BETON.
4. Micropile yang digunakan berdimensi 25 cm x 25 cm dan memiliki P_{ijin} sebesar 50 ton dari produk PT. Beton Elemen indo Perkasa.

B. Analisa Perhitungan

Perencanaan Consolidation Settlement

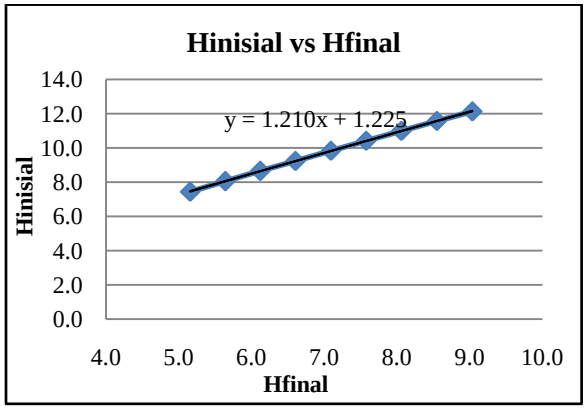
Perhitungan pemampatan untuk tanah menggunakan *overconsolidated* karena tekanan tanah prakonsolidasi kurang dari tekanan vertikal efektif pada saat tanah itu di selidiki. Pada persamaan tersebut, terdapat penambahan nilai tegangan vertikal akibat adanya timbunan di atas tanah dasar (Δσ). Beban timbunan yang digunakan untuk mendapatkan Δσ adalah 11 t/m^2, 12 t/m^2, 13 t/m^2, 14 t/m^2,15 t/m^2, 16 t/m^2, 17 t/m^2, 18 t/m^2. Melalui perhitungan tersebut didapat besarnya penurunan akibat konsolidasi

Dari hasil perhitungan akibat konsolidasi (Sc) maka didapatkannya besar tinggi awal timbunan yang harus di bangun untuk tiap beban yang telah di tentukan. Kemudian setelah menemukan tinggi awal

dan besarnya konsolidasi maka didapatkan tinggi akhir untuk tiap-tiap beban lihat **Tabel 3** Tinggi awal untuk tinggi perencanaan dicari dari rumus dari **Gambar 3.**

Tabel 3 Hasil Perhitungan S_c, H_{awal}, Dan H_{akhir} Timbunan

No	Beban Timbunan q [t/m2]	Settlement Akibat q Sc [m]	$H_{INITIAL}$ [m]	H_{FINAL} [m]
1	11	2.3	7.4	5.2
2	12	2.4	8.0	5.6
3	13	2.5	8.6	6.1
4	14	2.6	9.2	6.6
5	15	2.7	9.8	7.1
6	16	2.8	10.4	7.6
7	17	2.9	11.0	8.1
8	18	3.0	11.6	8.5
9	19	3.1	12.1	9.0



Gambar 4 H_{final} vs $H_{inisial}$

Perencanaan di dapatkan tinggi awal timbunan dengan rumus $H_{inisial} = 1.210(H_{final}) + 1.225$ dari **Gambar 4** untuk hasil lihat **Tabel 4**.

Tabel 4 Nilai $H_{inisial}$

$H_{INITIAL}$ [m]	H_{FINAL} [m]	Sc [m]
4.9	3	1.9
6.1	4	2.1
7.3	5	2.3
8.5	6	2.5
9.7	7	2.7

Perhitungan Waktu Konsolidasi

Waktu konsolidasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t_{90\%} = \frac{T_{90} \times (Hdr)^2}{C_v}$$

$$t_{90\%} = \frac{0{,}788 \times 18^2}{0{,}058}$$

$$= 4402 \text{ minggu} = 91 \text{ tahun}$$

Karena waktu yang dibutuhkan untuk sampai pada derajat konsolidasi 90% sangat lama, maka perlu digunakan *Prefabricated Vertical Drain* untuk mempercepat proses konsolidasi.

Penggunaan PVD Untuk Mempercepat Waktu Konsolidasi

Jarak Pemasangan PVD adalah 1,6 m dengan pola pemasangan. Dimana waktu rencana PVD direncanakan 24 minggu sehingga didapat derajat konsolidasi sebesar 90,83%. Pola pemasangan segitiga dipilih karena dapat mencakup luas daerah yang tercover oleh PVD lebih besar daripada dengan pola pemasangan segiempat.

Perhitungan Sistem Perkuatan Tanah

a) *Perkuatan dengan geotextile Wall*

Kebutuhan cerucuk untuk tiap-tiap STA dari ketinggian timbunan 9,7 m hingga di ketinggian timbunan 3 m dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Geotextile

STA	0+550 to 0+588		0+588 to 0+621		0+588 to 0+655		0+655 to 0+690		0+690 to 0+738		0+738 to 0+234	
H	10		8.5		7.5		6		5		3	
z	Sv	L	Sv	L	Sv	L	Sv	L	Sv	L	Sv	L
9.75	0.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.5												
9.25	0.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9												
8.75	0.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5			0.5	4.5								
8.25	0.5	5.5			-	-	-	-	-	-	-	-
8			0.5	4.5								
7.75	0.5	5.5			-	-	-	-	-	-	-	-
7.5			0.5	4.5	0.5	5.5						
7.25	0.5	5.5					-	-	-	-	-	-
7			0.5	4.5	0.5	5.5						
6.75	0.5	5.5					-	-	-	-	-	-
6.5			0.5	4.5	0.5	5.5						
6.25	0.5	5.5					-	-	-	-	-	-
6			0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5.5				
5.75	0.5	5.5							-	-	-	-
5.5			0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5.5				
5.25	0.5	5.5							-	-	-	-
5			0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5.5	0.5	5.5		
4.75	0.5	5.5									-	-
4.5			0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5.5	0.5	5.5		
4.25	0.5	5.5									-	-
4			0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5	0.5	5		
3.75	0.75	7									-	-
3.5			0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5	0.5	5		
3.25											-	-
3	0.75	7	0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5	0.5	5	1	5
2.75												
2.5			0.5	4.5	0.5	5.5	0.5	5	0.5	5		
2.25	0.75	7										
2			1	6.6	0.5	5.5	0.5	5	0.5	5	1	5
1.75												
1.5	0.75	7			0.5	5.5	0.5	5	0.5	5		
1.25												
1			1	6.6	0.5	5.5	0.5	5	0.5	5	1	5
0.75	0.75	7										
0.5					0.5	5.5	0.5	5	0.5	5		
0.25												

b) Perkuatan dengan micropile terhadap kelongsoran sliding

Dengan perhitungan yang sama, dihitung kebutuhan cerucuk untuk tiap-tiap STA dari ketinggian timbunan 10 m hingga di ketinggian timbunan 2,5 m (Hkritis) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6 Perhitungan kebutuhan micropile terhadap kelongsoran

No	Tinggi	SF	Circle Center (m)		Radius	MR	ΔMR
	m		Titik X	Titik Y	m	kN/m	kN/m
1	10.00	0.66	48.61	35.91	25.83	22460	22049
2	10.00	0.65	48.52	35.83	25.71	22780	22710
3	9.00	0.71	48.52	36.74	26.35	22570	18697
4	8.00	0.66	51.52	33.83	22.87	16210	15963
5	7.00	0.61	54.29	31.93	19.96	11030	12671
6	6.00	0.68	54.48	32.12	20.23	10920	9865
7	5.00	0.77	54.62	32.92	20.89	10540	7348
8	4.00	0.85	56.00	31.63	19.54	8908	4780
9	3.00	1.02	56.24	32.19	20.11	8856	2464

Perencanaan Abutment

Desain Abutment

Data Perencanaan

$L_{abutmen}$ ` = 14 m

$B_{abutmen}$ = 6 m

$H_{abutment}$ = 8,5 m

Perencanaan Tiang Pancang

Perancanaan membandingkan perhitungan tiang pancang 0,5 m dan 0,6 m. Pada perencanaan tiang pancang 0,6 menggunakan jumlah tiang = 45 buah. Dimana jarak antar tiang arah X sebesar 1,2 m dan arah Y adalah sebesar 1,625 m. sedangkan jarak tiang dengan sisi terluar dari pile cap adalah 0,5 m.

Jumlah tiang arah X (m) = 5 buah

Jumlah tiang arah Y (n) = 9 buah

$L_{pilecap}$ arah X = 6m

$L_{pilecap}$ arah Y = 14 m

Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan Tiang Pancang

No	Diameter Tiang	Tebal Tiang	Panjang Tiang	Jumlah Tiang	Mutu Beton
	cm	cm	m	Buah	
1	50	9	30	60	K-500
2	60	12	30	45	K-500

7.4 Biaya Alternatif

Tabel 7 Alternatif Pertama

No	Pekerjaan	Harga
1	Penimbunan	Rp 5,477,472,000
2	Geotextile	Rp 1,159,757,917
3	micropile	Rp 1,069,596,000
4	Abutment	Rp 219,232,723
5	Pondasi Tiang Pancang 60 cm	Rp 663,300,000
Jumlah		Rp 8,589,358,640

Tabel 8 Alternatif Kedua

No	Pekerjaan	Harga
1	Penimbunan	Rp 5,477,472,000
2	Geotextile	Rp 1,159,757,917
3	Micropile	Rp 1,069,596,000
4	Abutment	Rp 219,232,723
5	Pondasi Tiang Pancang 50 cm	Rp 778,800,000
Jumlah		Rp 8,704,858,640

V. KESIMPULAN

Dalam perencanaan tugas akhir ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan timbunan yang direncanakan setinggi 7 meter perlu tinggi awal 9,7 meter. Sehingga total penimbunan yang diperlukan adalah

Tabel 8.1 Rekap Perhitungan H_{final}, $H_{initial}$ & Sc

No	STA	Hfinal	Hinisial	Sc
		m	m	m
1	0+550	7	9.695	2.695
2	0+588	6	8.485	2.485
3	0+621	5	7.275	2.275
4	0+655	4	6.065	2.065
5	0+690	3	4.855	1.855
7	0+738	1.5	3.04	1.54

Stabilitas timbunan di cek dengan program STABEL didapatkan tinggi kritis yaitu 2,5 meter dengan SF rencana sebesar 1,3. Untuk melakukan penimbunan maka dibutuhkan perkuatan

2. Perkuatan yang direncanakan antara lain dengan menggunakan *geotextile* yang berguna sebagai menahan kelongsoran pada tanah timbunan dan *micropile* yang berguna untuk menahan *Overall*. *Geotextile* yang digunakan adalah tipe *Stabilenka high strength woven* dengan kekuatan tarik 120/120 dari *Huesker* yang dipasang 2 lapis pada STA 0+550-STA 0+800 dengan total biaya Rp 1.159.757.917,00 dan *micropile* yang digunakan dengan ukuran 25 cm x 25 cm memiliki P_{ijin} sebesar 50 ton dipasang pada timbunan ketinggian 9,7 sampai ketinggian 2,5 m dengan total biaya Rp 1.069.596.000,00
3. Dinding abutment direncanakan setinggi 8,5 meter dan ditopang oleh 45 buah pondasi tiang pancangkedalaman 30 meter, dimana pondasi tiang pancang yang digunakan berdiameter 60 cm. total biaya yang diperlukan untuk kebutuhan abutment adalah sebesar Rp 1.246.357.723,00

DAFTAR PUSTAKA

Das, B.M., *Principles of Foundation Engineering*, sixth edition, America.

Mochtar, I.B., *Teknologi Perbaikan Tanah Dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah(Problematic Soils)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya, 2000.

NAVFAC DM-7, 1971, *Design Manual, Soil Mechanis, Foundation dan Earth Structures*, Dept. Of the Navy Naval Facilities Engineering Command, Virginia, USA.

Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dangkal***.** Surabaya

Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam***.** Surabaya