

# Perencanaan Pondasi, Dinding Penahan Tanah, dan Oprit Jembatan yang Efisien

## Studi Kasus: Jembatan Ngabungan, Penghubung Ponco-Jatirogo STA 131+046

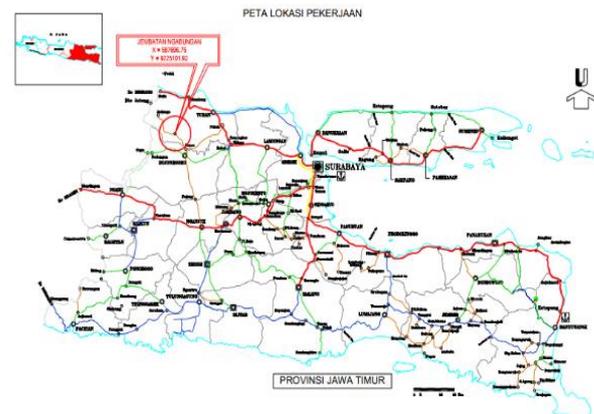
Septyana Ika Kusumaningrum, Noor Endah, dan Suwarno  
 Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail: noormochtar@gmail.com*

**Abstrak**—Jembatan Ngabungan yang terletak di Jalan Ahmad Yani KM 131+046 merupakan penghubung antara Ponco dan Jatirogo. Karena kondisi jembatan yang sudah tua dan adanya kerusakan akibat gerusan air sungai pada pangkal abutmentnya, maka dilakukan pembangunan jembatan baru di sisi selatan jembatan ekisting; panjang bentangnya 25,6 m dan lebar 8,5 m. Elevasi opritnya akan dipertinggi sekitar 1,5-2,3 m dari oprit ekisting yang tingginya 4,9-5,7 m dari dasar sungai; lebar jalannya 9,5 m. Kondisi lapisan tanah dibawah oprit jembatan didominasi oleh lanau kelepungan dengan nilai SPT sekitar 10 pada kedalaman sekitar 5 m. Pada Tugas Akhir (TA) ini, struktur bawah jembatan Ngabungan direncanakan terletak diatas dua abutment dengan menggunakan dua alternatif pondasi yaitu pondasi sumuran dan pondasi tiang. Dinding penahan tanah di bawah jembatan direncanakan menggunakan sheet pile beton. Sisi timbunan oprit jembatan direncanakan memiliki dua variasi kemiringan yaitu tegak dan miring. Timbunan oprit sisi tegak diperkuat dengan geotextile, sedangkan timbunan sisi tegak diperkuat dengan bronjong. Pemilihan alternatif perencanaan yang akan dipakai akan ditinjau berdasarkan biaya material yang ekonomis. Dalam (TA) ini, bangunan atas jembatan tidak direncanakan. Dari hasil perencanaan diketahui bahwa diperlukan 24 buah pondasi tiang dengan diameter 50 cm dan kedalaman 18 m. Apabila pondasi sumuran dipilih sebagai alternative maka diperlukan sumuran dengan diameter 200 cm sebanyak 8 buah dengan kedalaman 6 m. Perkuatan timbunan oprit miring perlu diperkuat dengan geotextile sebanyak 4 lapis, sedangkan untuk timbunan sisi tegak membutuhkan bronjong 27 buah dengan ukuran 2,0mx1,0mx0,5 m. Berdasarkan biaya material, perencanaan pondasi dan perkuatan timbunan oprit yang dipilih adalah masing-masing pondasi sumuran dan sisi timbunan tegak dengan perkuatan bronjong. Selain itu, sheet pile beton dengan kedalaman 9,1 m diperlukan sebagai dinding penahan tanah dibawah jembatan.

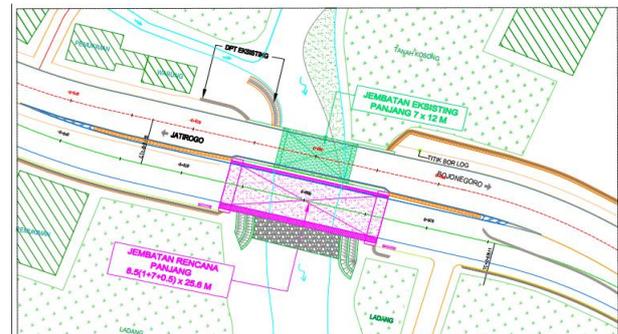
**Kata Kunci**—Abutment, Bronjong, Geotextile, Oprit, Pondasi Sumuran, Pondasi Tiang, Sheet Pile.

### I. PENDAHULUAN

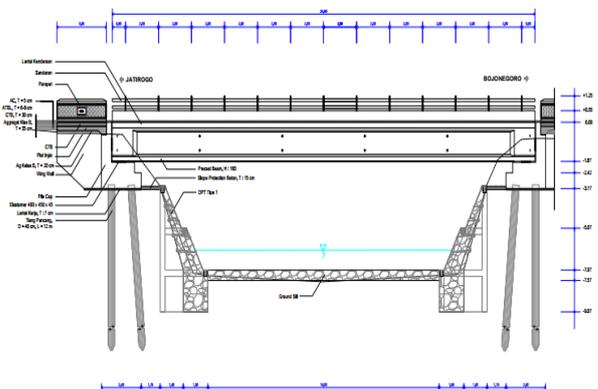
JEMBATAN-jembatan di Indonesia banyak yang umurnya sudah tua dan mengalami kerusakan sehingga kurang layak untuk dilewati. Faktor utama kerusakan jembatan tersebut sebagian besar diakibatkan oleh faktor usia. Menurut data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, sekitar 40% jembatan di Indonesia dalam keadaan rusak dan sebagian besar berlokasi di daerah-daerah pelosok. Jembatan rusak tersebut dikategorikan dalam keadaan rusak sedang sekitar 30% dan sisanya 10% dalam keadaan rusak berat. Guna mengatasi permasalahan tersebut diperlukan



Gambar 1. Lokasi perencanaan ulang proyek jembatan Ngabungan.

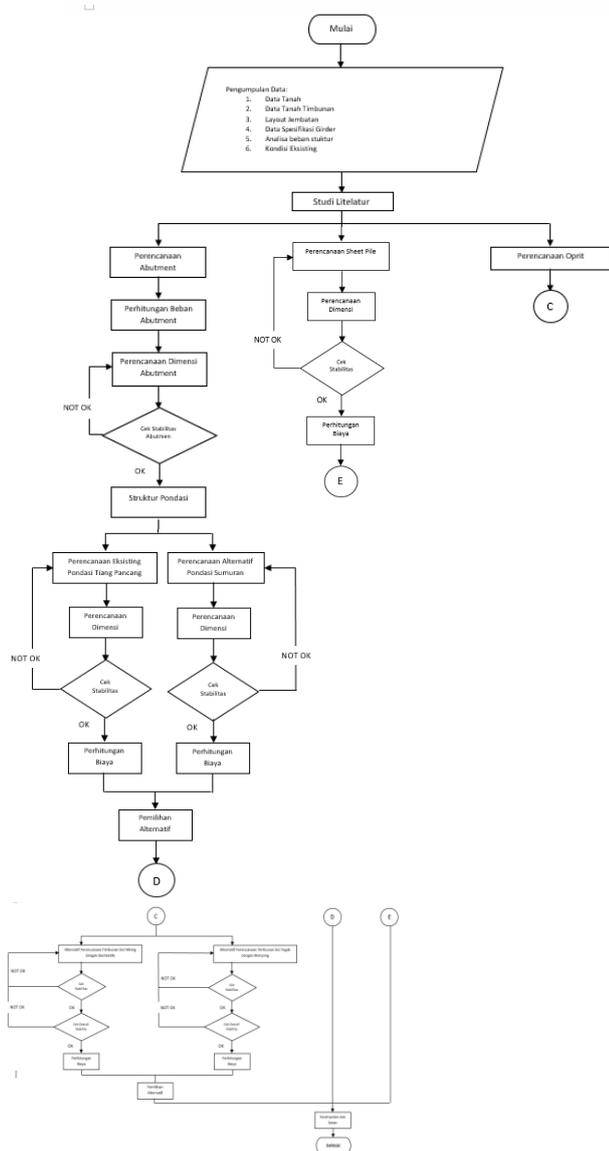


Gambar 2. Tampak atas jembatan Ngabungan lama dan rencana.



Gambar 3. Potongan memanjang perencanaan ulang jembatan Ngabungan.

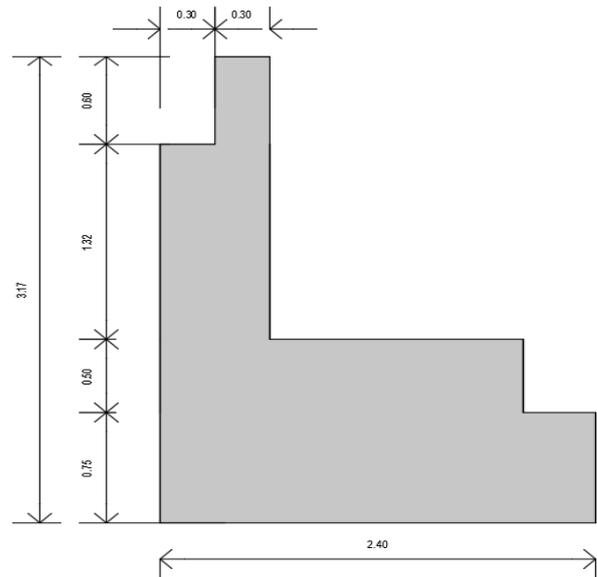
perbaikan jembatan yang merata untuk memperlancar arus barang dan jasa.



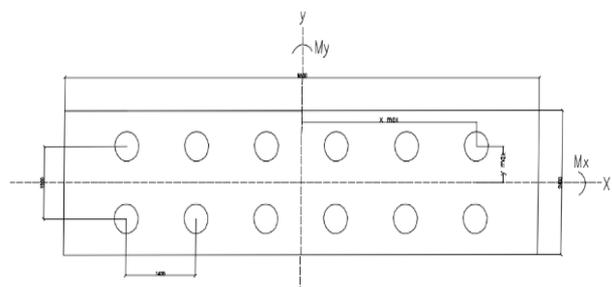
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.

Salah satu jembatan yang perlu diperbaiki adalah Jembatan Ngabungan di Desa Kedungjambe, Kecamatan Singgahan, Tuban. Jembatan tersebut berada di Jalan Ahmad Yani KM 131+046 yang merupakan jalan penghubung antara Ponco-Jatirogo yang dapat dilihat pada Gambar 1. Kondisi jembatan yang sudah tua dan adanya kerusakan pada konstruksi jembatan mengganggu arus lalu lintas yang melewati jembatan tersebut, untuk itu dilakukan pembangunan jembatan baru yang berada di sisi selatan jembatan tersebut. Selain itu, untuk mengantisipasi meningkatnya angka pertumbuhan lalu lintas, Jembatan Ngabungan yang semula mempunyai panjang 12 m dan lebar 7 m, direncanakan memiliki bentang total 25,6 m dan lebar 8,5 m yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan untuk potongan memanjang jembatan dapat dilihat pada Gambar 3.

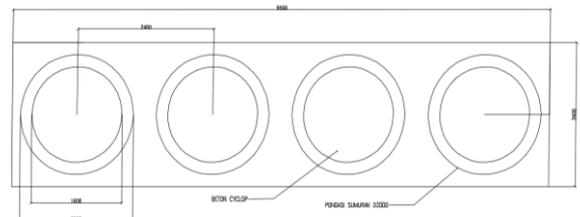
Jembatan Ngabungan baru direncanakan terletak diatas dua buah abument dan dibelakang masing-masing abutment sudah ada tanah eksisting setinggi 4,9 – 5,7 m dari dasar sungai; tinggi oprit direncanakan untuk dipertinggi dengan tambahan timbunan oprit setinggi 1,5 – 2,3 m dan lebar 9,5 m. Oprit jembatan sendiri berdiri diatas tanah dasar dominan lanau kelempanan dengan NSPT sekitar 10 pada kedalaman sekitar 5 m. Adanya daya dukung tanah dasar yang masih



Gambar 5. Perencanaan abutment jembatan



Gambar 6. Konfigurasi tiang pancang D50.



Gambar 7. Konfigurasi pondasi sumuran.

rendah, timbunan oprit dapat mengalami kelongsoran pada sisi oprit sehingga dapat menimbulkan bahaya pada konstruksi jembatan. Gerusan air secara terus menerus juga dapat mengakibatkan keruntuhan pada dinding penahan tanah di bawah struktur Jembatan Ngabungan. Selain itu, perlu diperhatikan terjadinya perbedaan penurunan (*settlement*) pada timbunan oprit.

Untuk itu, abutment jembatan perlu direncanakan dengan struktur yang kuat dan dapat memikul beban vertikal dan horizontal. Selain itu, dinding penahan tanah pada struktur bawah jembatan harus mampu menahan gaya tekanan aktif lateral dan harus aman terhadap gerusan air sungai. Dinding penahan tanah juga direncanakan di sisi selatan oprit agar tidak terjadi kelongsoran. Dalam hal ini, timbunan oprit perlu direncanakan dengan dua variasi kemiringan yaitu timbunan sisi tegak dan sisi miring untuk mengetahui bentuk timbunan yang lebih efisien. Pemampatan tanah dasar dibawah timbunan oprit perlu diperhatikan agar tidak terjadi perbedaan penurunan sehingga aman bagi kendaraan yang melewati Jembatan Ngabungan. Selain itu, alternatif

Tabel 1.  
Hasil Rekap Data Tanah Dasar BH-1

Kedalaman (m)	NSPT	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	e	Gs	Wc (%)	LL (%)	PL (%)	IP(%)
0-2 m	8	1,800	1,950	0,625	2,631	23,740	72,440	28,430	44,010
2-4 m	10	1,538	2,012	0,816	2,645	30,850	72,380	29,180	43,200
4-6 m	20	1,335	1,856	1,020	2,613	39,020	82,460	36,090	46,370
6-8 m	24	1,394	1,886	0,924	2,618	35,300	80,370	34,110	46,260
8-10 m	27	1,386	1,865	0,908	2,627	34,570	76,850	33,240	45,410

Tabel 2.  
Rekap Kombinasi Beban Kerja

No	Kombinasi Beban	Tegangan Berlebihan	P (kN)	TX (kN)	TY (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)
1	Kombinasi 1	0%	5225,695	112,500	0,000	-2958,160	0,000
2	Kombinasi 2	25%	5225,695	112,500	0,000	-2958,160	0,000
3	Kombinasi 3	25%	5225,695	112,500	96,077	-2958,160	392,394
4	Kombinasi 4	40%	5225,695	112,500	96,077	-2958,160	392,394
5	Kombinasi 5A	50%	3939,095	1575,638	0,000	1006,016	0,000
	Kombinasi 5B	50%	3939,095	0,000	1575,638	0,000	3964,176
	Kombinasi 5C	30%	5120,823	1575,638	472,691	1006,016	1189,253
6	Kombinasi 5D	30%	5120,823	472,691	1575,638	301,805	3964,176
	Kombinasi 6	30%	3939,095	0,000	0,000	-3517,285	0,000
7	Kombinasi 7	30%	5225,695	112,500	0,000	-2958,160	0,000

Tabel 3.  
Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D50 dan D60

Diameter (m)	m	n	Total	Sm (m)	Sn (m)
0,5	2	6	12	1,2	1,4
0,6	2	5	10	1,2	1,5

Tabel 4.  
Hasil Perhitungan Biaya Tiang Pancang

Diameter (m)	KeDalaman (m)	Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Kebutuhan Tiang Pancang (buah)	Total Biaya
0.5	18	24	14	48	Rp264.000.000
0.6	18	20	16	40	Rp268.000.000

Tabel 5.  
Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Arah X

No	Kombinasi Beban	% P ijin	P ijin (ton)	P max (ton)	Ke-terangan
1	Kombinasi 1	100.00%	86.291	84.633	OK
2	Kombinasi 2	125.00%	107.863	84.633	OK
3	Kombinasi 3	125.00%	107.863	84.633	OK
4	Kombinasi 4	140.00%	120.807	84.633	OK
5	Kombinasi 5A	150.00%	129.436	46.798	OK
	Kombinasi 5B	150.00%	129.436	0.000	OK
	Kombinasi 5C	130.00%	112.178	56.646	OK
6	Kombinasi 5D	130.00%	112.178	46.865	OK
	Kombinasi 6	130.00%	112.178	81.677	OK
7	Kombinasi 7	130.00%	112.178	84.633	OK

Tabel 6.  
Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Arah Y

No	Kombinasi Beban	% P ijin	P ijin (ton)	P max (ton)	Ke-terangan
1	Kombinasi 1	100.00%	86.291	0.000	OK
2	Kombinasi 2	125.00%	107.863	0.000	OK
3	Kombinasi 3	125.00%	107.863	45.549	OK
4	Kombinasi 4	140.00%	120.807	45.549	OK
5	Kombinasi 5A	150.00%	129.436	0.000	OK
	Kombinasi 5B	150.00%	129.436	53.051	OK
	Kombinasi 5C	130.00%	112.178	0.000	OK
6	Kombinasi 5D	130.00%	112.178	0.000	OK
	Kombinasi 6	130.00%	112.178	0.000	OK
7	Kombinasi 7	130.00%	112.178	0.000	OK

perencanaan pondasi, oprit dan dinding penahan tanah pada Jembatan Ngabungan harus ditinjau dari biaya material yang ekonomis.

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan sisi timbunan oprit dengan perkuatan bronjong untuk mengatasi kelongsoran pada timbunan dengan oprit tegak?
2. Bagaimana merencanakan sisi timbunan oprit dengan perkuatan *geotextile* untuk mengatasi kelongsoran pada timbunan dengan oprit miring?
3. Berapa besar dan lama waktu pemampatan yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar?
4. Bagaimana merencanakan konstruksi abutmen Jembatan Ngabungan agar kuat dan dapat memikul beban vertikal dan horizontal?

5. Bagaimana stabilitas dinding penahan tanah pada struktur bawah jembatan yang aman?
6. Alternatif perencanaan pondasi, dinding penahan tanah, dan sisi timbunan oprit manakah yang paling efisien untuk diterapkan pada pembangunan jembatan ditinjau dari biaya material yang ekonomis?

B. Batasan Masalah

Pada penulisan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi pada pokok-pokok pembahasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder
2. Tidak merencanakan struktur atas jembatan tetapi menghitung analisa pembebanan struktur atas untuk perencanaan pembebanan struktur bawah jembatan
3. Tidak membahas geometrik jalan
4. Tidak membahas drainase jalan
5. Tidak menghitung biaya pelaksanaan

Tabel 7.  
Perhitungan Defleksi Tiang Pancang D50

Kombinasi Beban	Px (kg)	Py (kg)	$\delta$ ijin (cm)	Terhadap X		Terhadap Y	
				$\delta$ (cm)	Keterangan	$\delta$ (cm)	Keterangan
Kombinasi 1	937.500	0.000	2.54	8.5E-08	OK	0.0E+00	OK
Kombinasi 2	937.500	0.000	2.54	8.5E-08	OK	0.0E+00	OK
Kombinasi 3	937.500	800.640	2.54	8.5E-08	OK	7.3E-08	OK
Kombinasi 4	937.500	800.640	2.54	8.5E-08	OK	7.3E-08	OK
Kombinasi 5A	13130.316	0.000	2.54	1.2E-06	OK	0.0E+00	OK
Kombinasi 5B	0.000	13130.316	2.54	0.0E+00	OK	1.2E-06	OK
Kombinasi 5C	13130.316	3939.095	2.54	1.2E-06	OK	3.6E-07	OK
Kombinasi 5D	3939.095	13130.316	2.54	3.6E-07	OK	1.2E-06	OK
Kombinasi 6	0.000	0.000	2.54	0.0E+00	OK	0.0E+00	OK
Kombinasi 7	937.500	0.000	2.54	8.5E-08	OK	0.0E+00	OK

Tabel 8.  
Perhitungan Kontrol Momen Tiang Pancang D50

Kombinasi Beban	Px (ton)	Py (ton)	Mp crack (t.m)	Terhadap X		Terhadap Y	
				Mp max (t.m)	Keterangan	Mp max (t.m)	Keterangan
Kombinasi 1	0.938	0.000	27.2	1.858	OK	0.000	OK
Kombinasi 2	0.938	0.000	27.2	1.858	OK	0.000	OK
Kombinasi 3	0.938	0.801	27.2	1.858	OK	1.587	OK
Kombinasi 4	0.938	0.801	27.2	1.858	OK	1.587	OK
Kombinasi 5A	13.130	0.000	27.2	26.019	OK	0.000	OK
Kombinasi 5B	0.000	13.130	27.2	0.000	OK	26.019	OK
Kombinasi 5C	13.130	3.939	27.2	26.019	OK	7.806	OK
Kombinasi 5D	3.939	13.130	27.2	7.806	OK	26.019	OK
Kombinasi 6	0.000	0.000	27.2	0.000	OK	0.000	OK
Kombinasi 7	0.938	0.000	27.2	1.858	OK	0.000	OK

Tabel 9.  
Hasil Perhitungan Biaya Pondasi Sumuran

Uraian Pekerjaan	HSPK	Satuan	Volume	Harga
Pekerjaan Pondasi Sumuran				
Bekisting	Rp	158.218	m <sup>2</sup>	Rp 47.717.425
Pembesian	Rp	14.579	kg	Rp 75.867.129
Pekerjaan Beton K-275	Rp	861.679	m <sup>3</sup>	Rp 46.777.778
Pekerjaan Beton K-225	Rp	815.948	m <sup>3</sup>	Rp 78.746.918
		Total		Rp 249.109.199

Tabel 10.  
Hasil Perhitungan Hinisial dan Hfinal

No.	q (t/m <sup>2</sup> )	Sci (m)	$\gamma$ timb (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_w$ (t/m <sup>3</sup> )	H inisial (m)	H pavement (m)	H final (m)
2	2	0,088	1,85	1	1,128	0,5	0,541
3	3	0,179	1,85	1	1,718	0,5	1,039
4	4	0,252	1,85	1	2,298	0,5	1,546
5	5	0,313	1,85	1	2,872	0,5	2,059
6	6	0,365	1,85	1	3,441	0,5	2,576

C. Tujuan Penelitian

Dari permasalahan diatas, tujuan yang ingin dicapai pada penyusunan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan oprit jembatan yang stabil (tidak longsor), abutmen dan dinding penahan tanah yang aman.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah untuk masukan dan alternatif perencanaan abutment, dinding penahan tanah dan timbunan oprit dalam perencanaan lainnya yang mempunyai tipikal yang sama.

II. METODOLOGI

Adapun metode penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data Perencanaan

1) Data Tanah

Data tanah dasar yang diketahui dari hasil laboratorium

untuk borlog 1 (B-1) adalah nilai Gs, e, Sr, Wc, n,  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $\gamma_{sat}$ , LL, PL, IP, dan Cu. Hasil rekap data tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 1.

2) Spesifikasi PCI Girder

PCI Girder direncanakan menggunakan brosur dari WIKA BETON dengan tipe PCI H-160 cm.

3) Spesifikasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan jembatan Ngabungan adalah tiang pancang produksi WIKA BETON. Alternatif tiang pancang yang digunakan yaitu Diameter 50 cm dan 60 cm.

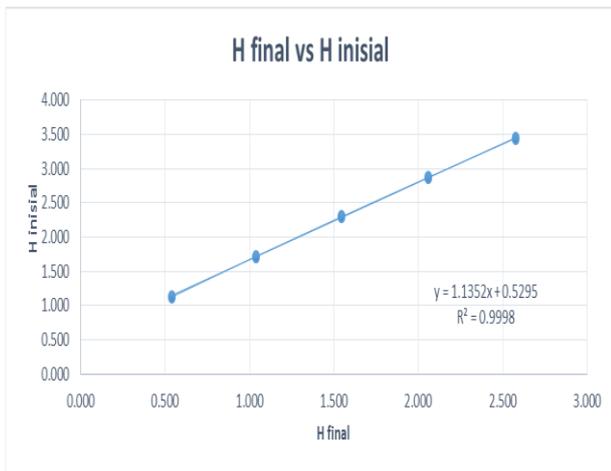
4) Spesifikasi Sheet Pile

Sheet pile yang digunakan dalam perencanaan dinding penahan tanah pada struktur bawah jembatan adalah sheet pile produksi WIKA BETON dengan tipe W 325.1000.A.

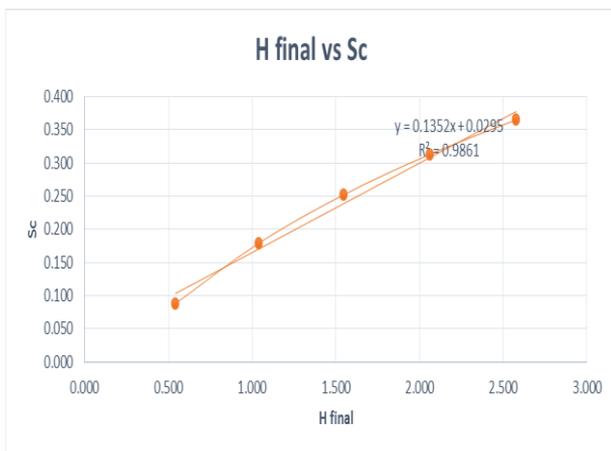
B. Perencanaan Abutment Jembatan

Data perencanaan abutment jembatan Ngabungan adalah sebagai berikut :

- Panjang Girder (L) = 25,6 m
- Tinggi Girder (hb) = 1,6 m
- Lebar Jalan (b) = 8,5 m



Gambar 8. Grafik hubungan antara Hinitial dan Hfinal.



Gambar 9. Grafik hubungan antara Hfinal dan *settlemen.t*

Tabel 11.  
Hinisial (m) dan Sc (m)

H <sub>final</sub> (m)	H <sub>inisial</sub> (m)	Sc (m)
1.9	2.686	0.286
1.4	2.119	0.219

- Tebal Plat Lantai Jembatan (ts) = 0,2 m
- Tebal Lapisan Aspal + Overlay (ta) = 0,1 m
- Lebar Abutment (B) = 9,5 m
- Tinggi Abutment = 3,17 m

Tanah dasar *Pile-cap*

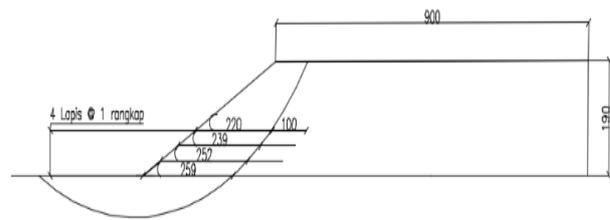
- Berat volume (yt) = 2,012 t/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (Φ) = 0°
- Kohesi (c) = 0,34 t/m<sup>2</sup>

Direncanakan abutment seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

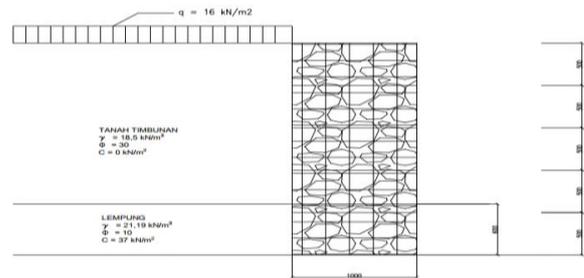
Pada perencanaan abutment jembatan akan direncanakan banyak gaya dan beban yang bekerja pada abutment tersebut. Perencanaan gaya yang bekerja sesuai dengan RSNI T-02-2005 [1], RSNI 2833-201X [2], dan SNI 1725-2016 [3]. Rekap kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil perhitungan penulangan pada abutment sebagai berikut:

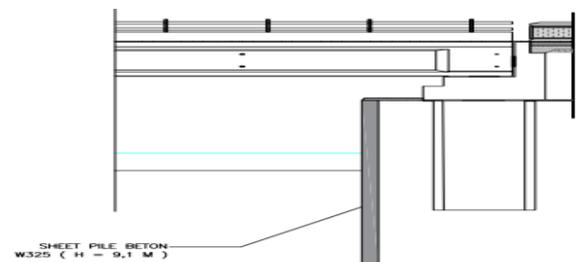
- Pile cap :
  - Tulangan Lentur X : D25 - 100
  - Tulangan Lentur Y : D29 - 200
- Back Wall :
  - Tulangan Lentur : D19 - 150
  - Tulangan Bagi : D16 --225
  - Tulangan geser : D10 - 300



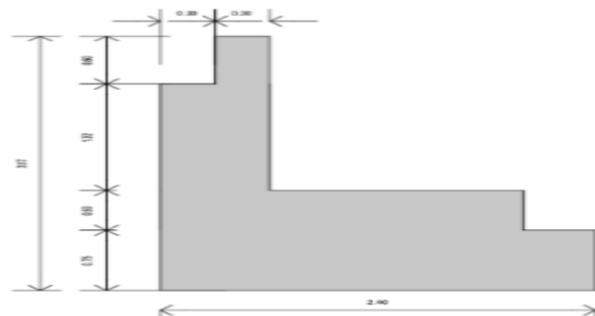
Gambar 10. Sketsa pemasangan *geotextile*.



Gambar 11. Sketsa pemasangan bronjong untuk ketinggian oprit 1,9 m



Gambar 12. Sketsa pemasangan *sheet pile*.



Gambar 13. Perencanaan *abutment*.

### C. Perencanaan Alternatif Pondasi

#### 1) Perencanaan Tiang Pancang

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

Setelah diketahui jumlah dan kedalaman tiang pancang yang digunakan, hasil perhitungan biaya pada masing-masing diameter tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 4.

Jadi, diameter tiang pancang pada abutment yang digunakan adalah diameter 50 cm, dengan konfigurasi tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil perhitungan kontrol daya dukung ijin tiang pancang dengan D50 dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Hasil perhitungan defleksi dan momen pada tiang pancang [4] pada setiap diameter tiang yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 12.  
Perhitungan Waktu Pemampatan

No	Kedalaman	Waktu Konsolidasi		Waktu Konsolidasi				Hdr	t(tahun)
		Cv (cm2/det)	Cvgab (cm2/detik)	Cvgab (m2/tahun)	Tv90%	Tipe Aliran			
1	0-1	0,001							
2	1-2	0,001							
3	2-3	0,001	0,0008	2,686	0,848	Single Drainage	4	5,051	
4	3-4	0,001							

Tabel 13.  
Perhitungan Kebutuhan Geotextile

No	Sv (m)	Hi (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	Lo (m)	L total (m)	L total pakai (m)
1	0,25	1,9	0,381	1	2,59	0,5	4,34	4,4
2	0,25	1,65	0,593	1	2,52	0,5	4,27	4,3
3	0,25	1,4	0,699	1	2,39	0,5	4,14	4,2
4	0,25	1,15	0,521	1	2,20	0,5	3,95	4,0
							Total	16,9

Tabel 14.  
Perhitungan Biaya Timbunan Oprit Miring

No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
1	Timbunan	167,72	m <sup>3</sup>	Rp 250.000	Rp 41.930.000
2	Geotextile	262,3	m <sup>2</sup>	Rp 17.000	Rp 4.459.100
Total					Rp 46.389.100

Tabel 15.  
Perhitungan Biaya Timbunan Oprit Tegak

No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
1	Timbunan	122,85	m <sup>3</sup>	Rp 250.000	Rp 30.712.500
1	Bronjong	37,5	m <sup>3</sup>	Rp 120.000	Rp 4.500.000
2	Batu Belah	37,5	m <sup>3</sup>	Rp 271.429	Rp 10.178.588
Total					Rp 45.391.088

Tabel 16.  
Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen

No	Momen (kNm)									
1	7.730	+	2.319	Do	+	0.000	Do <sup>2</sup>	+	0.000	Do <sup>3</sup>
2	19.412	+	9.706	Do	+	0.000	Do <sup>2</sup>	+	0.000	Do <sup>3</sup>
3	45.129	+	27.077	Do	+	0.000	Do <sup>2</sup>	+	0.000	Do <sup>3</sup>
4	16.786	+	33.573	Do	+	0.000	Do <sup>2</sup>	+	0.000	Do <sup>3</sup>
5	1.116	+	3.348	Do	+	0.000	Do <sup>2</sup>	+	0.000	Do <sup>3</sup>
6	0.000	+	0.000	Do	+	20.134	Do <sup>2</sup>	+	0.000	Do <sup>3</sup>
7	0.000	+	0.000	Do	+	0.000	Do <sup>2</sup>	+	2.678	Do <sup>3</sup>
8	1.667	+	1.667	Do	+	3.333	Do <sup>2</sup>	+	1.667	Do <sup>3</sup>
<b>ΣM aktif</b>	91.840	+	77.689	D	+	23.467	Do <sup>2</sup>	+	4.345	Do <sup>3</sup>
No	Momen (kNm)									
1	0.000	+	0.000	Do	+	20.707	Do <sup>2</sup>	+	0.000	Do <sup>3</sup>
2	0.000	+	0.000	Do	+	0.000	Do <sup>2</sup>	+	1.954	Do <sup>3</sup>
3	1.667	+	1.667	Do	+	5.000	Do <sup>2</sup>	+	1.667	Do <sup>3</sup>
<b>ΣM pasif</b>	1.667	+	1.667	Do	+	25.707	Do <sup>2</sup>	+	3.621	Do <sup>3</sup>

Tabel 17.  
Kebutuhan dan Biaya Sheet Pile

No	Type	L (m)	Jumlah		Harga Satuan (Rp/m)	Total Biaya
			Batang	m		
1	W 325.1000.A	10	28	280	Rp793.750	Rp222.250.000

2) Perencanaan Pondasi Sumuran

Perencanaan pondasi sumuran direncanakan menggunakan diameter 2 m dan diameter beton cyclop 1,6 m dengan panjang 6 m. Konfigurasi pondasi sumuran dapat dilihat pada Gambar 7.

Kebutuhan pondasi sumuran menentukan jumlah biaya yang dibutuhkan. Hasil perhitungan biaya pondasi sumuran dapat dilihat pada Tabel 9.

D. Perhitungan Besar Pemampatan (Sc) dan Tinggi Timbunan Awal (Hinisial)

Dalam perhitungan besar Sc menggunakan rumus Terzaghi (1942). Perhitungan besar pemampatan dilakukan untuk

mencari tinggi timbunan awal yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi rencana ketinggian oprit. Perencanaan Hinisial adalah perencanaan ini menghitungkn perhitungan beban timbunan. Perhitungan Hinisial dan Hfinal untuk masing-masing variasi beban q dapat dilihat pada Tabel 10.

Dari grafik-grafik pada Gambar 8 dan Gambar 9 dapat ditentukan Hinisial dan settlement yang terjadi pada setiap beban q yang direncanakan pada Tabel 11.

E. Perhitungan Waktu Pemampatan

Pada perhitungan sebelumnya diketahui bahwa tanah mempunyai settlement sebesar 0,286 m. Oleh karena itu, tanah membutuhkan waktu untuk menghilangkan settlement

tersebut. Perhitungan waktu konsolidasi tanah dapat dilihat pada Tabel 12, untuk nilai harga faktor ( $T_v$ ) dan derajat konsolidasi rata-rata dapat dihitung dengan rumus dari Das, 1985 [5].

#### F. Perencanaan Geotextile Arah Melintang Jembatan sebagai Perkuatan Timbunan

Pada perencanaan perkuatan timbunan arah melintang jembatan menggunakan *geotextile* [6] dengan tipe UW-250 dengan  $T_{ult}$  52 kN/m. Hasil perhitungan kebutuhan *geotextile* pada H oprit 1,9 m dapat dilihat pada Tabel 13.

Gambar 10 adalah sketsa pemasangan *geotextile* arah melintang jembatan untuk ketinggian oprit timbunan 1,9 m.

Hasil perhitungan kebutuhan dan biaya material untuk timbunan oprit miring dapat dilihat pada Tabel 14.

#### G. Perencanaan Bronjong sebagai Perkuatan Timbunan

Perencanaan bronjong sebagai perkuatan timbunan oprit bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar dibawah timbunan. Ukuran bronjong yang digunakan pada perencanaan ini adalah 2 m x 1 m x 0,5 m.

Gambar 11 adalah sketsa pemasangan bronjong untuk ketinggian oprit timbunan 1,9 m:

Hasil perhitungan kebutuhan dan biaya material untuk timbunan oprit tegak dapat dilihat pada Tabel 15.

#### H. Perencanaan Sheet Pile

Perencanaan dinding penahan tanah pada struktur bawah jembatan menggunakan *sheet pile* beton dari WIKA Beton dengan tipe W 325.1000.A yang mempunyai  $M_p$ -crack sebesar 19,38 tonm. Untuk menghitung kedalaman *sheet pile* perlu didapatkan nilai  $\Sigma M$  pasif dan  $\Sigma M$  aktif yang didapatkan pada Tabel 16.

Dari Tabel 16 didapatkan nilai  $\Sigma M$  total dengan cara mengurangi nilai keduanya. Untuk mendapatkan nilai D atau panjang turap yang masuk kedalam tanah dilakukan dengan trial and error, didapatkan hasil yaitu:

- $D_o = 4,22$  m
- $D = 1,2 \times D_o = 5,064$  m  $\approx 5,1$  m

Dikarenakan panjang turap diatas permukaan tanah adalah 4 m, sehingga panjang turap secara keseluruhan adalah 9,1 m. Sketsa pemasangan *sheet pile* beton dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil perhitungan biaya *sheet pile* dapat dilihat pada Tabel 17.

## IV. KESIMPULAN

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Perencanaan perkuatan tanah pada timbunan oprit sisi tegak digunakan bronjong; hasil perencanaan sebagai berikut: (a) Bronjong = 37,5 m<sup>3</sup>; Total Biaya = Rp 45.391.088,00; (2) Perencanaan perkuatan tanah pada timbunan oprit sisi miring digunakan *geotextile*; hasil perencanaan sebagai berikut: (a) *Geotextile* arah melintang = 262,3 m<sup>2</sup>; Total Biaya = Rp 46.489.100,00; (3) Hasil perencanaan yang dipilih pada Tugas Akhir ini adalah oprit dengan **Timbunan Tegak** karena total biaya material lebih ekonomis timbunan oprit dengan sisi miring; (4) Lama waktu pemampatan tanpa perbaikan tanah pada timbunan oprit miring dan timbunan oprit tegak yaitu 5 tahun dengan besar pemampatan 0,286 m; (5) Hasil perencanaan abutment jembatan dapat dilihat pada Gambar 13. Adapun penulangan abutment jembatan adalah: (a) Pile cap : Tulangan Lentur X : D25 - 100; Tulangan Lentur Y : D29 - 200; (b) Back Wall : Tulangan Lentur : D19 - 150; Tulangan Bagi : D16 - 225; Tulangan geser : D10 - 300; (6) Perencanaan pondasi tiang pancang dan pondasi sumuran adalah sebagai berikut: (a) Pondasi Tiang Pancang = D50 Kedalaman 18 m; Total Biaya = Rp 264.000.000,00; (b) Pondasi Sumuran = D200 Kedalaman 6 m; Total Biaya = Rp 249.109.199,00; (7) Hasil perencanaan pondasi yang dipilih pada Tugas Akhir ini adalah pondasi sumuran, dikarenakan total biaya material lebih ekonomis; (8) Turap dibawah jembatan digunakan *sheet pile* beton dengan tipe W 325.1000.A dengan kedalaman 9,1 m; turap tidak menggunakan anker karena panjang turap yang masuk kedalam tanah tidak terlalu panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S. Nasional, "RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan Untuk Jembatan," Jakarta, BSN, vol. 75, 2005.
- [2] S. N. Indonesia, "Pembebanan Untuk Jembatan," Badan Stand. Nasional, Jakarta, 2016.
- [3] B. S. Nasional, "Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833: 2016)," Badan Litbang Dep. Pekerj. Umum Republik Indones. Jakarta, 2016.
- [4] N. Facilities, "Design Manual: Foundations, and Earth Structures (NACFAC DM-7)," Alexandria US Dep. Navy Washington, D.C, 1971.
- [5] B. M. Das, *Mekanika Tanah 2: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*, Terjemahan. Surabaya: Erlangga, 1988.
- [6] R. Budiarto, "Perencanaan Abutment dan Perbaikan Tanah Dasar untuk Oprit Jembatan Tulang Bawang di Jalan Tol Terbanggi Besar-Kayu Agung STA 48+ 450," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.