ALTERNATIF PERENCANAAN JALAN LINGKAR LUAR TIMUR DENGAN VARIASI *SLAB ON PILE* DAN *PIER HEAD* STA 14+500 – 15+600, SURABAYA PROPINSI JAWA TIMUR

Indra Wahyu Utama, Ir. Suwarno, M. Eng, Musta'in Arif, ST. MT.
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
Email : suwarno.surabaya@gmail.com

Abstrak— Jalan Lingkar Luar Timur adalah jalan yang direncanakan akan menghubungkan Tambak Oso Juanda sampai ke Kenjeran dengan panjang jalan kurang lebih 18,61 kilometer. Adapun perencanaan jalan tersebut akan menghubungkan beberapa kawasan yang berada di wilayah sisi timur kota Surabaya dan untuk perencanaan pembangunannya akan dibangun secara bertahap dimulai dari sisi Tambak Oso Juanda hingga berakhir di Kenjeran. Adapun perencanaan jalan ini khususnya pada wilayah Rungkut Kelurahan Wonorejo akan direncanakan dengan tipe konstruksi jalan yang berada diatas muka jalan sebelumnya (jalan existing) dan tidak boleh ditimbun dikarenakan adanya hutan bakau atau mangrove di sekitar jalan tersebut. Alasan pemilihan tipe konstruksi jalan tersebut adalah agar tidak mengganggu aliran air sungai yang mengalir dan aktifitas pengemudi lalu lintas yang melewati sekitar jalan tersebut. Sehingga perencanaan jalan dengan tipe konstruksi jalan elevated (diatas muka tanah atau muka jalan) sangat cocok sebagai pemilihan metode perencanaan jalan dengan kondisi lokasi tersebut.

Mengacu dari latar belakang tersebut maka dalam tugas akhir ini penulis membahas mengenai perencanaan jalan lingkar luar timur dengan metode slab on pile dan pier head. Dalam pembahasan ini meliputi perencanaan strukturnya baik struktur atas dan bawah untuk slab on pile dan pier head yang mengacu pada peraturan RSNI T 02-2005 dan SNI 03 2833-2008, pembahasan kedua akan meliputi pemodelan strukturnya dengan program SAP 2000 versi 14.2, pembahasan ketiga akan membahas cek kontrol keamanan strukturnya baik struktur atas dan bawah, pembahasan keempat akan membahas perencanaan rencana anggaran biaya baik struktur slab on pile dan pier head dengan menggunakan HSPK Jawa Timur 2014.

Dari hasil perencanaan jalan lingkar luar timur ini dari perencanaan slab on pile didapatkan harga yang paling ekonomis dan kuat aman dalam strukturnya dengan kondisi I – A untuk bentang 4 m dan kondisi III-A untuk bentang 6 m sedangkan dari pier head didapatkan harga yang paling ekonomis dan kuat aman dalam strukturnya dengan kondisi V – B untuk bentang 4 m dan kondisi III – B untuk bentang 6 m.

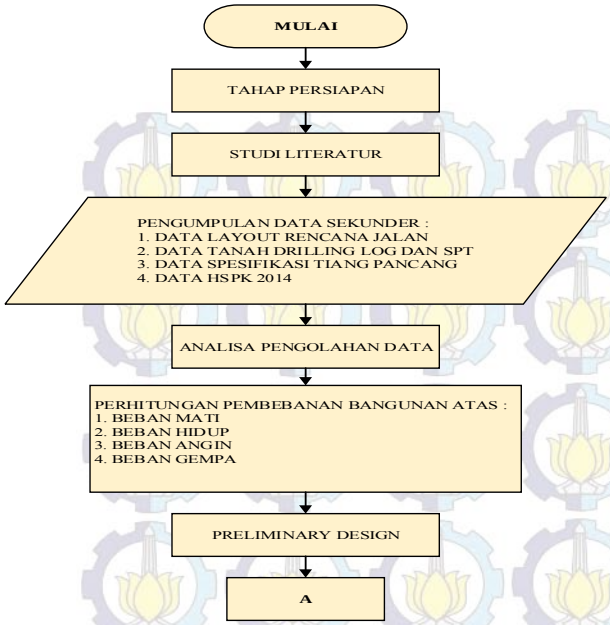
I. PENDAHULUAN

Jalan Lingkar Luar Timur adalah jalan yang direncanakan akan menghubungkan Tambak Oso Juanda sampai ke Kenjeran dengan panjang jalan kurang lebih 18,61 kilometer. Adapun perencanaan jalan tersebut akan menghubungkan beberapa kawasan yang berada di wilayah sisi timur kota Surabaya dan untuk perencanaan pembangunannya akan dibangun secara bertahap dimulai dari sisi Tambak Oso Juanda hingga berakhir di Kenjeran. Adapun perencanaan jalan ini khususnya pada wilayah Rungkut Kelurahan Wonorejo akan direncanakan dengan tipe konstruksi jalan yang berada diatas muka jalan sebelumnya (jalan *existing*) dan tidak boleh ditimbun dikarenakan adanya hutan bakau atau mangrove di sekitar jalan tersebut. Alasan pemilihan tipe konstruksi jalan tersebut adalah agar tidak mengganggu aliran air sungai yang mengalir dan aktifitas pengemudi lalu lintas yang melewati sekitar jalan tersebut. Sehingga perencanaan jalan dengan tipe konstruksi jalan *elevated* (diatas muka tanah atau muka jalan) sangat cocok sebagai pemilihan metode perencanaan jalan dengan kondisi lokasi tersebut.

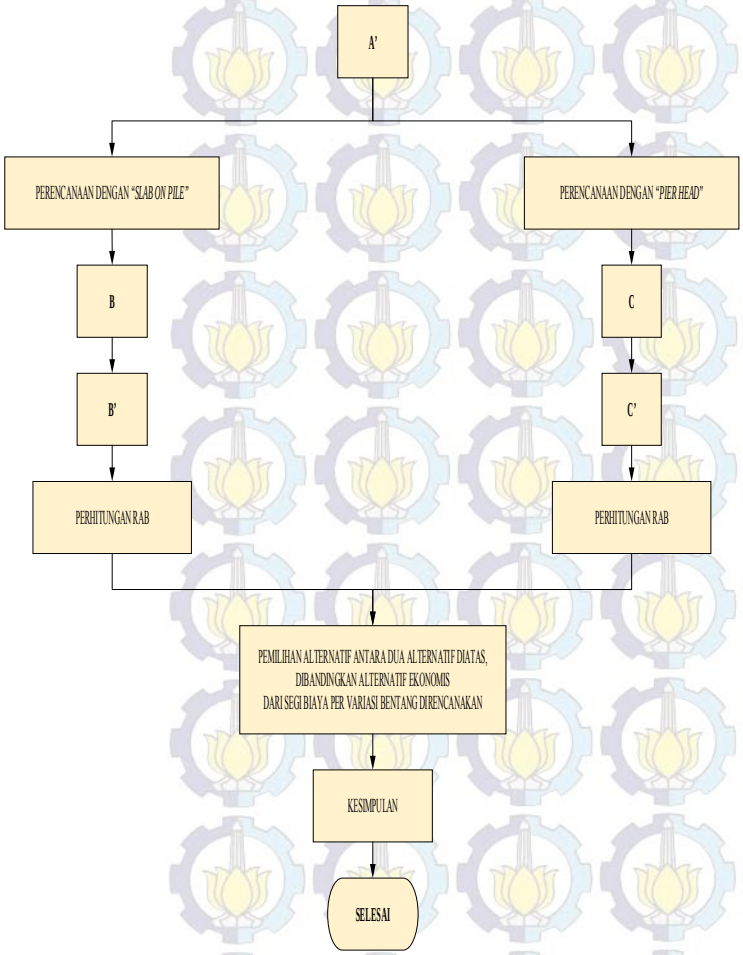
Secara umum tipe konstruksi yang cocok dengan model jalan yang direncanakan *elevated* ada beberapa macam yaitu *slab on pile*, *pier head*, pilar dengan dinding penuh, pilar dengan dua pilar, dan lain-lain. Akan tetapi mengingat perencanaan Jalan Lingkar Luar Timur ini menggunakan anggaran biaya dari negara, sehingga perencanaan yang ekonomis dan efisien menjadi solusi yang tepat untuk perencanaan jalan dengan tipe konstruksi *elevated*. Adapun dari permasalahan yang dijelaskan sebelumnya, hal tersebut menjadi suatu permasalahan yang menarik yang kemudian penulis menggunakannya sebagai bahan studi dalam Tugas Akhir. Dalam perencanaan tugas akhir ini, alternatif yang digunakan untuk perencanaan Jalan Lingkar Luar Timur adalah konstruksi jalan *elevated*. Adapun alternatif yang direncanakan yaitu menggunakan alternatif *slab on pile* yang dibandingkan dengan *pier head*.

II. METODOLOGI

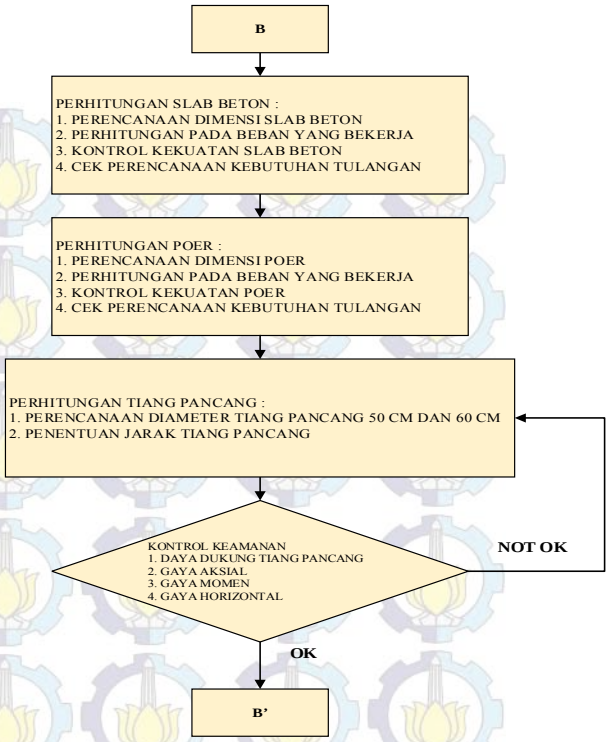
Langkah – langkah pengerjaan proyek akhir ini akan dilakukan seperti diagram alir berikut:



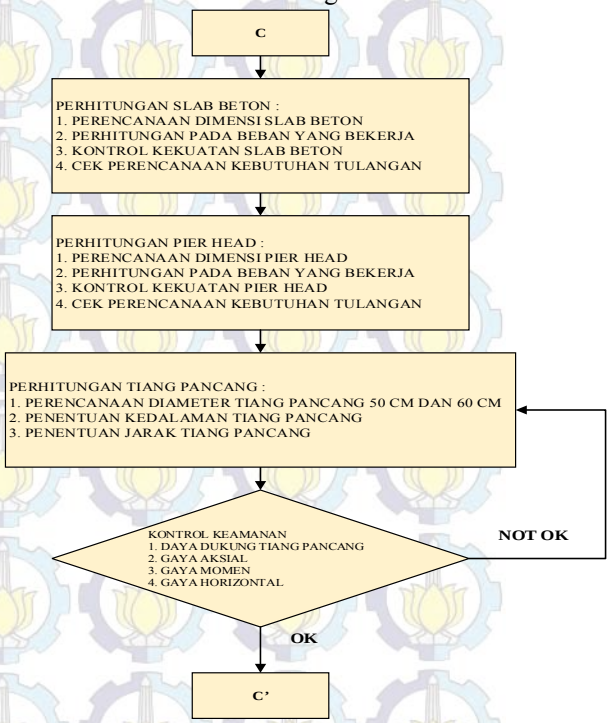
Gambar 2.1 Bagan Alir



Gambar 2.2 Bagan Alir



Gambar 2.3 Bagan Alir



Gambar 2.4 Bagan Alir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Teknis Rencana Jalan Lingkar Luar Timur

Dalam perencanaaan jalan lingkar luar timur STA 14+500 - STA 15+600, direncanakan jalan tersebut dengan spesifikasi perencanaan jalan sebagai berikut :

- Panjang jalan total = 1100 m
- Lebar jalan total yang direncanakan = 60 m
- Lebar jalan yang terbagi dua arah = 30 m
- Tipe rencana jalan yang direncanakan = 6/2 D
- Tebal lapisan aspal yang direncanakan = 0.08 m
- Tinggi genangan air hujan = 0.03 m

- Tinggi parapet = 1.1 m

B. Data Tanah Dasar

Dalam perencanaan jalan lingkar luar timur STA 14+500 – STA 15+600 menggunakan data tanah dasar berupa data *Drilling Log* atau SPT dari hasil test laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil ITS pada daerah di sekitar Kedung Baruk Surabaya. Adapun plotting data tanah terhadap kedalaman beserta keterangannya seperti yang diberikan sebagai berikut :

No	Kedalaman	N - SPT	Deskripsi	γ sat (t/m3)	γ' (t/m3)	Karakteristik Tanah
1	3	13	Pasir	1.44	0.44	Medium
2	4	10	Pasir	1.4	0.4	Medium
3	5	7	Lempung	1.62	0.62	Very soft - Soft
4	6	2	Lempung	1.63	0.63	Very soft - Soft
5	7	2	Lempung	1.63	0.63	Very soft - Soft
6	8	1	Lempung	1.55	0.55	Very soft - Soft
7	9	1	Lempung	1.55	0.55	Very soft - Soft
8	10	2	Lempung	1.63	0.63	Very soft - Soft
9	11	4	Lempung	1.6	0.6	Very soft - Soft
10	12	5	Lempung	1.7	0.7	Very soft - Soft
11	13	9	Lempung Berlanau	1.76	0.76	Medium
12	14	10	Lempung Berlanau	1.69	0.69	Medium
13	15	13	Lempung Berlanau	1.76	0.76	Medium
14	16	16	Pasir Berlanau	1.51	0.51	Medium - Dense
15	17	18	Pasir Berlanau	1.55	0.55	Medium - Dense
16	18	22	Pasir Berlanau	1.63	0.63	Medium - Dense
17	19	20	Pasir Berlanau	1.58	0.58	Medium - Dense
18	20	20	Pasir Berlanau	1.58	0.58	Medium - Dense
19	21	19	Pasir Berlanau	1.57	0.57	Medium - Dense
20	22	26	Pasir Berlanau	1.72	0.72	Medium - Dense
21	23	38	Pasir Berlanau	1.75	0.75	Medium - Dense
22	24	50	Pasir Berlanau	1.8	0.8	Medium - Dense
23	25	44	Pasir Berlanau	1.87	0.87	Medium - Dense
24	26	34	Pasir Berlanau	1.66	0.66	Medium - Dense
25	27	24	Pasir Berlanau	1.67	0.67	Medium - Dense
26	28	24	Pasir Berlanau	1.67	0.67	Medium - Dense
27	29	24	Pasir Berlanau	1.67	0.67	Medium - Dense
28	30	26	Pasir Berlanau	1.72	0.72	Medium - Dense
29	31	26	Pasir Berlanau	1.72	0.72	Medium - Dense
30	32	27	Pasir Berlanau	1.74	0.74	Medium - Dense
31	33	27	Pasir Berlanau	1.74	0.74	Medium - Dense
32	34	27	Lanau Berpasir	1.74	0.74	Medium - Dense
33	35	27	Lanau Berpasir	1.74	0.74	Medium - Dense
34	36	26	Lanau Berpasir	1.72	0.72	Medium - Dense

C. Data Spesifikasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan jalan lingkar luar timur ini adalah tiang pancang bulat berongga produksi milik PT. WIKA. Direncanakan menggunakan 2 macam diameter tiang pancang yaitu diameter 50 cm dan 60 cm.

D. Pembebanan pada *Slab on Piles* dan *Pier Head*

Data yang digunakan untuk menghitung pembebanan pada desain perencanaan *slab on piles* dan *pier head* pada jalan lingkar luar timur yaitu

1. Beban mati (MS)
2. Beban mati tambahan (MA)
3. Beban hidup (T)
4. Beban angin (Tew)
5. Beban gempa (Teq)

E. Penentuan Jarak Tiang Pancang *Slab on Piles* dan *Pier Head*

Pada perencanaan jalan lingkar luar timur digunakan alternatif *slab on piles dan pier head* akan tetapi dalam perencanaan ini ditinjau perencanaan yang aman, kuat tetapi ekonomis dan efisien. Maka untuk perencanaan struktur *slab on piles dan pier head* ini ditentukan jarak antar tiang pancangnya sehingga akan didapatkan jarak yang paling cocok, ekonomis, dan efisien serta sesuai dengan perencanaan jalan lingkar luar timur.

Tabel 3.1 Data Jarak Antar Tiang Pancang *Slab on Piles*

Diameter Tiang Pancang (cm)	Jarak Melintang (m)	Jarak Memanjang (m)
ø 50	5	4
		6
		8
ø 60	5	4
		6
		8

Tabel 3.2 Data Jarak Antar *Pier Head* dan Tiang Pancang

Diameter Tiang Pancang (cm)	Jarak Memanjang (m)	Diameter Tiang Pancang (cm)	Jarak Melintang (m)
ø 50	4	ø 50	5D
	6		5D
	8		5D
ø 60	4	ø 60	8D
	6		8D
	8		8D

F. Data Tiang Pancang yang digunakan

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan konstruksi *slab on piles* dan *pier head* pada jalan lingkar luar timur ini adalah tipe tiang pancang concrete prestressed produk PT. WIKA kelas A1. Untuk perencanaannya menggunakan dua macam dimensi tiang pancang yaitu tiang pancang dengan diameter 0.5 m dan 0.6 m dengan kuat tekan beton f'c 50 Mpa. Adapun spesifikasi dari tiang pancang beton ini adalah sebagai berikut :

- Diameter tiang pancang = 500 mm
  Tebal = 90 mm
  Momen Inersia = 1680869389 mm^4
  Area of concrete = 1159 cm^2
  Allowable Axial = 185.3 ton
  Bending Moment Crack = 10.5 tm
  Bending Moment Ultimate = 15.75 tm
- Diameter tiang pancang = 600 mm
  Tebal = 100 mm
  Momen Inersia = 3293763548 mm^4
  Area of concrete = 1571 cm^2
  Allowable Axial = 252.7 ton
  Bending Moment Crack = 17 tm
  Bending Moment Ultimate = 25.5 tm

G. Panjang Jepitan Kritis Tanah

Untuk tanah multilayer yang berkohesi seperti kondisi tanah dasar pada perencanaan konstruksi *slab on piles* dan *pier head* ini, maka perhitungan panjang jepitan kritis tanah dihitung dengan menggunakan persamaan :

D min = 3 x diameter tiang
= 3 x 0.6 = 1.8 m

H. Penentuan Letak Titik Jepit Terhadap Tiang Pondasi

Tinggi struktur diambil dari titik jepit tiang (point of fixity) ke elevasi tertinggi dari struktur *slab on piles* dan *pier head*. Untuk tanah normally consolidated clay & granular soil, maka nilai n_h yang diambil adalah 350 s/d 700 kN/m^3. Adapun perhitungan letak titik jepit tiang seperti di bawah ini :

$$Ec = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{50}$$

= 33234.02 Mpa ≈ 33234019 Kpa

- Diameter tiang pancang 0.5 m

Zf= 1.8 T

$$T = \sqrt[5]{EI / n_h}$$

$$= \sqrt[5]{\frac{3.323402\ x10^5\ x\ 1680869389\ \ x10^{-4}}{0.35}}$$

= 174 cm

Zf = 1.8 T
= 1.8 x 174
= 313.2 cm
= 3.13 m ≈ 4 m > D min = 1.8 m

Zf pakai = 4 m

- Diameter tiang pancang 0.6 m

  Zf= 1.8 T

  $T = \sqrt[5]{EI / n_h}$

  $= \sqrt[5]{\frac{3.323402 \ x10^{5} \ x \ 3293763548 \ x10^{-4}}{0.35}}$

  = 198 cm

  Zf = 1.8 T

  = 1.8 x 198

  = 356.4 cm

  = 3.56 m ≈ 4 m > D min = 1.8 m

  Zf pakai = 4 m

- Tinggi rencana struktur *slab on piles dan pier head* direncanakan setinggi 5 meter.

I. Penentuan Tebal Pelat Lantai Kendaraan

Perencanaan tebal pelat lantai kendaraan yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada *slab on piles* dan *pier head* harus mempunyai tebal minimum t_s, yang memenuhi ketentuan dalam RSNI T 02-2005 pasal 5.5.2. Untuk perencanaan slab on piles dan pier head ini untuk tebal pelat lantai kendaraan disamakan ketebalannya setebal 300 mm

J. Perhitungan Pembebanan Bangunan Atas

Perhitungan pembebanan bangunan atas *slab on piles* dan *pier head* yang direncanakan beban yang digunakan yaitu beban mati, beban mati tambahan, beban hidup "T". Faktor beban yang digunakan dalam perhitungan pembebanan mengacu pada RSNI T 02-2005.

a. Beban Mati (MS)

Beban mati terdiri dari beban pelat lantai kendaraan, beban parapet.

b. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan terdiri dari beban aspal, beban air hujan.

c. Beban Hidup (T)

Beban hidup yang direncanakan untuk pelat lantai kendaraan hanya menerima beban truk "T" sesuai dengan RSNI T 02 -2005 pasal 6.1.

K. Perhitungan Pembebanan pada Bangunan Bawah

Pada perhitungan pembebanan bangunan bawah *slab on piles dan pier head* yang direncanakan beban yang digunakan yaitu beban mati, beban angin, dan beban gempa. Faktor beban mati dan beban angin yang digunakan dalam perhitungan pembebanan mengacu pada RSNI T 02-2005 dan untuk beban gempa mengacu pada SNI 03 2833-2008.

L. Analisa Pemodelan *slab on piles* dan *Pier Head* dalam SAP 2000 versi 14.2

Pada pemodelan bangunan bawah *slab on piles* dan *pier head* yang direncanakan dimodelkan dalam SAP 2000 dengan mengambil bentang 30 meter x 30 meter dari rekapitulasi pembebanan struktur atas dan struktur bawah untuk mengetahui gaya dalam pada slab beton, poer, dan tiang pancang untuk struktur *slab on piles*. Sedangkan untuk struktur *pier head* gaya dalam yang dihitung slab beton, pier, dan tiang pancang. Dan selanjutnya gaya dalam tersebut digunakan untuk perencanaan penulangan baik *slab on piles* dan *pier head.*

M. Rekapitulasi Hasil Momen dan Gaya pada *Slab on Piles* dan *Pier Head*

Hasil rekapitulasi momen dan gaya yang terjadi baik pada slab maupun pada tiang pancang dengan jarak bentang 4 m dan 6 m

Tabel 3.3 Rekapitulasi Momen dan Gaya yang Terjadi pada *Slab on Piles*

Bentang (m)	Diameter pile (cm)	pada slab	pada pile		
		M arah x dan y	Pu (tekan)	H	Mu
		(ton.m)	(ton)	(ton)	(ton.m)
4	ø 50	18.53	150.26	2.25	3.49
	ø 60	16.09	130.32	2.67	3.70
6	ø 50	32.06	180.20	2.25	3.23
	ø 60	40.79	180.41	2.67	3.78

Tabel 3.4 Rekapitulasi Momen dan Gaya yang Terjadi 5D Pada *Pier Head*

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	pada slab	pada pile		
			M arah x dan y	Pu (tekan)	H	Mu
			(ton.m)	(ton)	(ton)	(ton.m)
4	5D	ø 50	5.454	125.71	1.610	0.216
	5D	ø 60	5.698	150.87	2.720	0.409
6	5D	ø 50	5.077	180.72	2.031	0.216
	5D	ø 60	5.922	237.69	3.461	0.560

Tabel 3.5 Rekapitulasi Momen dan Gaya yang Terjadi 8D Pada *Pier Head*

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	pada slab	pada pile		
			M arah x dan y	Pu (tekan)	H	Mu
			(ton.m)	(ton)	(ton)	(ton.m)
4	8D	ø 50	4.672	150.87	2.081	3.243
	8D	ø 60	2.617	177.02	1.566	0.280

N. Perencanaan Poer

Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan plat (slab). Poer yang direncanakan pada tugas akhir ini adalah tipe poer tunggal dengan dimensi :

Tipe poer : poer tunggal

Bentuk : segi empat dengan dimensi 1.2 m x 1.2 m

Tebal : 0.20 m

❖ **Data-data perencanaan poer tunggal :**

Lebar (b) = Ix = 120 cm

Tinggi (h) = 20 cm

Panjang = Iy = 120 cm

Selimut beton (Cc) = 40 mm

Mutu beton (f'c) = 35 Mpa

Mutu baja (fy) = 400 Mpa

Diameter tulangan = 16 mm (tulangan utama)

= 14 mm (tulangan sengkang)

d = 200 – 40 – ½ (14) – 16

= 137 mm

Momen poer (momen tumpuan terbesar untuk tiap jarak pile yang didapat dari analisa struktur) :

a. 15.86 ton.m (jarak antar tiang pancang 4 m)

b. 16.53 ton.m (jarak antar tiang pancang 6 m)

Sehingga didapatkan penulangan poer yaitu

- Jarak antar tiang pancang 4 m :
  Tulangan utama 6D16 dan tulangan tekan 2D12
- Jarak antar tiang pancang 6 m :
  Tulangan utama 6D16 dan tulangan tekan 2D12

O. Perencanaan Pier

Struktur pier berfungsi sebagai penopang plat beton dan menyalurkan beban-beban yang ada di struktur atas ke tiang pancang hingga ke

tanah. Pier yang direncanakan pada tugas akhir ini adalah tipe pier dengan dimensi :

Bentuk : segi empat dengan dimensi 1.2 m x 30 m

Tebal : 0.60 m

❖ **Data-data perencanaan pier :**

Lebar (b) = Ix = 120 cm

Tinggi (h) = 60 cm

Panjang = Iy = 3000 cm

Selimut beton (Cc) = 40 mm

Mutu beton (f'c) = 35 Mpa

Mutu baja (fy) = 400 Mpa

Momen pier (momen tumpuan terbesar untuk tiap jarak pile yang didapat dari analisa struktur) :

a. 10.756 ton.m (jarak antar tiang pancang 4 m)

b. 10.562 ton.m (jarak antar tiang pancang 6 m)

Sehingga didapatkan penulangan pier yaitu

- Jarak antar tiang pancang 4 m :
  Tulangan utama 6D22 dan tulangan tekan 2D16
- Jarak antar tiang pancang 6 m :
  Tulangan utama 6D22 dan tulangan tekan 2D16

P. Kontrol Momen Tiang Pancang

Momen yang terjadi yaitu momen yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari momen yang diijinkan dari bahan tiang pancang.

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan jalan lingkar luar timur ini adalah tiang pancang WIKA kelas A1 dengan diameter 0.5 m dan 0.6 m yang memiliki momen crack sebagai berikut :

- Diameter tiang 0.5 m (Mu bahan) = 10.50 ton.m
- Diameter tiang 0.6 m (Mu bahan) = 17.00 ton.m

Tabel 3.6 Kontrol Momen pada Tiang Pancang *Slab on Piles*

Bentang (m)	Diameter pile (cm)	Mu (ton.m)	Mu bahan (ton.m)	Keterangan
4	ø 50	3.49	10.50	OK
	ø 60	3.70	17.00	OK
6	ø 50	3.23	10.50	OK
	ø 60	3.78	17.00	OK

Tabel 3.7 Kontrol Momen pada Tiang Pancang *Pier Head* 5D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Mu (ton.m)	Mu bahan (ton.m)	Keterangan
4	5D	ø 50	0.216	10.50	OK
	5D	ø 60	0.409	17.00	OK
6	5D	ø 50	0.217	10.50	OK
	5D	ø 60	0.560	17.00	OK

Tabel 3.8 Kontrol Momen pada Tiang Pancang *Pier Head* 8D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Mu (ton.m)	Mu bahan (ton.m)	Keterangan
4	8D	ø 50	3.243	10.50	OK
	8D	ø 60	0.280	17.00	OK

Q. Kontrol Gaya Aksial

Gaya aksial yang terjadi yaitu gaya aksial yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari gaya aksial yang diijinkan dari bahan tiang pancang.

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan jalan lingkar luar timur ini adalah tiang pancang WIKA kelas A1 dengan diameter 0.5 m dan 0.6 m yang memiliki sebagai berikut

- Diameter tiang 0.5 m (Pu bahan) = 185.30 ton
- Diameter tiang 0.6 m (Pu bahan) = 252.70 ton

Tabel 3.9 Kontrol Aksial pada Tiang Pancang *Slab on Piles*

Bentang (m)	Diameter pile (cm)	Pu (ton)	Pu bahan (ton)	Keterangan
4	ø 50	150.26	185.30	OK
	ø 60	150.32	252.30	OK
6	ø 50	180.20	185.30	OK
	ø 60	180.41	252.30	OK

Tabel 3.10 Kontrol Aksial pada Tiang Pancang *Pier Head* 5D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Pu (ton)	Pu bahan (ton)	Keterangan
4	5D	ø 50	125.71	185.30	OK
	5D	ø 60	150.87	252.70	OK
6	5D	ø 50	180.72	185.30	OK
	5D	ø 60	237.69	252.70	OK

Tabel 3.11 Kontrol Aksial pada Tiang Pancang *Pier Head* 8D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Pu (ton)	Pu bahan (ton)	Keterangan
4	8D	ø 50	150.87	185.30	OK
	8D	ø 60	177.02	252.70	OK

R. Kontrol Gaya Horizontal

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal (Hu) yang terjadi (hasil SAP 200) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan (Hu bahan).

Perhitungan daya dukung tiang terhadap beban lateral menggunakan cara Tomlinson dalam "Daya Dukung Pondasi Dalam oleh Dr. Ir. Herman Wahyudi hal 55" :

➢ Untuk tiang pancang dengan diameter 0.5 m

$$\text{Hu bahan} = \frac{2 . Mubahan}{(e + Zf)}$$

$$= \frac{2 . 10500}{(2 + 4)}$$

= 3500 kg.m

➢ Untuk tiang pancang dengan diameter 0.6 m

$$\text{Hu bahan} = \frac{2 . Mubahan}{(e + Zf)}$$

$$= \frac{2 . 17000}{(2 + 4)}$$

= 5666.7 kg.m

Tabel 3.12 Kontrol Horizontal pada Tiang Pancang *Slab on Piles*

Bentang (m)	Diameter pile (cm)	Hu (ton)	Hu bahan (ton)	Keterangan
4	ø 50	2.25	3.50	OK
	ø 60	2.67	5.67	OK
6	ø 50	2.25	3.50	OK
	ø 60	2.67	5.67	OK

Tabel 3.13 Kontrol Aksial pada Tiang Pancang *Pier Head* 5D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Hu (ton)	Hu bahan (ton)	Keterangan
4	5D	ø 50	1.610	3.50	OK
	5D	ø 60	2.720	5.67	OK
6	5D	ø 50	2.031	3.50	OK
	5D	ø 60	3.461	5.67	OK

Tabel 3.14 Kontrol Aksial pada Tiang Pancang *Pier Head* 8D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Hu (ton)	Hu bahan (ton)	Keterangan
4	8D	ø 50	2.081	3.50	OK
	8D	ø 60	1.566	5.67	OK

S. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah terhadap beban jalan lingkar luar timur dihitung dengan menggunakan rumus metode Luciano Decourt (1996) sebagai berikut :

$Q_L = Q_p + Q_s$

$Q_p = q_p \times A_p = \alpha \times N_p \times K \times A_p$

$Qs = q_s \times A_s = \beta \times (N_s/3 + 1) \times A_s)$

Untuk N SPT, karena tanah berada di bawah MAT (lihat profil tanah) maka menurut Terzaghi dan Peck, N SPT tersebut harus dikoreksi menjadi :

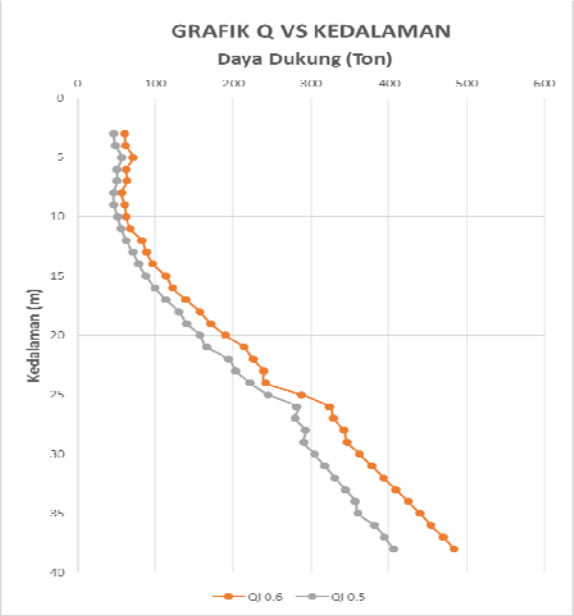
N' = 15 + 0.5 (N-15)

Tabel 3.15 Daya Dukung Tanah untuk Diameter 0.5 m

Kedalaman (m)	N	N'	Qp (ton)	Qs (ton)	Ql (ton)
3	13	13	63.70	75.31	46.34
4	13	13	45.72	100.42	48.71
5	13	13	45.72	125.52	57.08
6	2	2	27.78	124.91	50.90
7	2	2	26.12	127.59	51.24
8	2	2	8.18	131.88	46.69
9	1	1	6.52	135.22	47.25
10	1	1	13.08	141.30	51.46
11	1	1	11.42	155.43	55.62
12	5	5	17.98	169.56	62.51
13	5	5	31.02	183.69	71.57
14	5	5	37.58	197.82	78.47
15	13	13	50.62	211.95	87.52
16	13	13	65.32	234.37	99.90
17	13	13	78.40	261.03	113.14
18	22	18.5	93.10	297.58	130.23
19	22	18.5	88.20	333.80	140.67
20	22	18.5	102.90	369.26	157.39
21	19	17	98.00	401.57	166.52
22	19	17	148.62	434.17	194.26
23	19	17	143.72	466.90	203.54
24	50	32.5	194.38	470.25	221.54
25	50	32.5	151.90	584.04	245.31
26	50	32.5	202.52	642.92	281.81
27	24	19.5	160.08	679.09	279.72
28	24	19.5	163.32	714.79	292.70
29	24	19.5	120.88	751.25	290.71
30	26	20.5	124.12	788.45	304.19
31	26	20.5	125.78	826.42	317.40
32	26	20.5	129.02	863.63	330.88
33	27	21	130.68	903.05	344.58
34	27	21	129.02	941.62	356.88
35	27	21	392.00	979.21	457.07
36	26	20.5	129.02	1015.66	381.56
37	26	20.5	129.02	1054.33	394.45
38	26	20.5	127.40	1089.99	405.80

Tabel 3.16 Daya Dukung Tanah untuk Diameter 0.6 m

Kedalaman (m)	N	N'	Qp (ton)	Qs (ton)	Ql (ton)
3	13	13	91.98	90.18	60.72
4	13	13	66.01	120.24	62.08
5	13	13	66.01	150.31	72.11
6	2	2	37.71	149.57	62.43
7	2	2	37.71	152.79	63.50
8	2	2	11.82	157.92	56.58
9	1	1	18.89	161.92	60.27
10	1	1	18.89	169.20	62.70
11	1	1	16.48	186.12	67.53
12	5	5	44.78	203.04	82.61
13	5	5	44.78	219.96	88.25
14	5	5	54.19	236.88	97.02
15	13	13	86.03	253.80	113.28
16	13	13	86.03	280.65	122.23
17	13	13	104.92	312.57	139.16
18	22	18.5	114.40	356.34	156.91
19	22	18.5	114.40	399.71	171.37
20	22	18.5	127.35	442.18	189.84
21	19	17	160.39	480.87	213.75
22	19	17	156.85	519.90	225.58
23	19	17	156.85	559.09	238.65
24	50	32.5	162.73	563.10	241.94
25	50	32.5	162.73	699.36	287.36
26	50	32.5	199.30	769.86	323.05
27	24	19.5	171.00	813.18	328.06
28	24	19.5	171.00	855.93	342.31
29	24	19.5	140.30	899.58	346.63
30	26	20.5	143.83	944.14	362.66
31	26	20.5	143.83	989.59	377.81
32	26	20.5	146.24	1034.15	393.46
33	27	21	146.24	1081.36	409.20
34	27	21	146.24	1127.55	424.60
35	27	21	147.37	1172.56	439.98
36	26	20.5	146.24	1216.21	454.15
37	26	20.5	146.24	1262.51	469.58
38	26	20.5	145.04	1305.21	483.42



Gambar 3.5 Grafik Hubungan Q vs Kedalaman dengan Safety Factor = 3

T. Penentuan Kedalaman Tiang Pancang

Untuk penentuan kedalaman tiang pancang disesuaikan dengan kebutuhan gaya aksial tiang yang sebelumnya sudah dihitung daya dukung tanahnya dengan melihat hubungan antara Q dengan kedalaman lalu dicari berapakah kedalaman tiang pancang yang diperlukan agar daya dukung tanah dapat memenuhi. Hasil penentuan kedalaman tiang pancang

Tabel 3.17 Penentuan Kedalaman *Slab on Piles*

Bentang (m)	Diameter pile (cm)	Pu (ton)	Kedalaman (m)
4	ø 50	150.26	17.00
	ø 60	150.32	17.00
6	ø 50	180.20	19.00
	ø 60	180.41	19.00

Tabel 3.18 Penentuan Kedalaman *Pier Head* 5D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Pu (ton)	Kedalaman (m)
4	5D	ø 50	125.71	19.00
	5D	ø 60	150.87	19.00
6	5D	ø 50	180.72	23.00
	5D	ø 60	237.69	23.00

Tabel 3.19 Penentuan Kedalaman Pier Head 8D

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang (cm)	Pu (ton)	Kedalaman (m)
4	8D	ø 50	150.87	19.00
	8D	ø 60	177.02	19.00

IV. ANALISA BIAYA

Dalam hal ini akan membahas mengenai rincian biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan jalan lingkar luar timur sepanjang 1100 m dengan menggunakan alternatif baik konstruksi *slab on piles* dan *pier head* dengan menggunakan "HSPK 2014 Jawa Timur".

1. *Slab on Piles*
   - Kondisi I - SoP : Diameter tiang 0.5 m jarak 4 m
   - Kondisi II - SoP : Diameter tiang 0.6 m jarak 4 m
   - Kondisi III - SoP : Diameter tiang 0.5 m jarak 6 m
   - Kondisi IV - SoP : Diameter tiang 0.6 m jarak 6 m
2. *Pier Head*
   - Kondisi I - PH : Diameter tiang 0.5 m jarak 4 m 5D
   - Kondisi II - PH : Diameter tiang 0.6 m jarak 4 m 5D

- Kondisi III – PH : Diameter tiang 0.5 m jarak 6 m 5D
- Kondisi IV – PH : Diameter tiang 0.6 m jarak 6 m 5D
- Kondisi V – PH : Diameter tiang 0.5 m jarak 4 m 8D
- Kondisi VI – PH : Diameter tiang 0.6 m jarak 4 m 8D

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dalam studi pada tugas akhir ini diperoleh hasil kesimpulan yaitu :

1. Terdapat beberapa alternatif desain pada perencanaan jalan lingkar luar timur yaitu dengan *slab on piles* berdasarkan jarak tiang dan diameter yang dapat digunakan yang telah memenuhi syarat untuk kontrol momen, gaya aksial, gaya horizontal, lendutan, retak, dan kekuatan bahan.

Tabel 5.1 Alternatif Desain yang Dipakai

Bentang (m)	Diameter Tiang Pancang (cm)	Kontrol Lendutan	Kontrol Retak	Kontrol Kekuatan Bahan	
4	ø 50	OK	OK	OK	
	ø 60				
6	ø 50				
	ø 60				
Bentang (m)	**Diameter Tiang Pancang (cm)**	**Kontrol Momen**	**Kontrol Gaya Aksial**	**Kontrol Gaya Horizontal**	**Dapat digunakan**
4	ø 50	OK	OK	OK	OK
	ø 60	OK	OK	OK	OK
6	ø 50	OK	OK	OK	OK
	ø 60	OK	OK	OK	OK

2. Terdapat beberapa alternatif desain pada perencanaan jalan lingkar luar timur yaitu dengan *slab on piles* berdasarkan jarak tiang dan diameter yang dapat digunakan yang telah memenuhi syarat untuk kontrol momen, gaya aksial, gaya horizontal, lendutan, retak, dan kekuatan bahan.

Tabel 5.2 Alternatif Desain yang Dipakai

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang Pancang (cm)	Kontrol Lendutan	Kontrol Retak	Kontrol Kekuatan Bahan	
4	5D	ø 50	OK	OK	OK	
	5D	ø 60				
6	5D	ø 50				
	5D	ø 60				
Bentang (m)	**Jarak Antar Tiang**	**Diameter Tiang Pancang (cm)**	**Kontrol Momen**	**Kontrol Gaya Aksial**	**Kontrol Gaya Horizontal**	**Dapat digunakan**
4	5D	ø 50	OK	OK	OK	OK
	5D	ø 60	OK	OK	OK	OK
6	5D	ø 50	OK	OK	OK	OK
	5D	ø 60	OK	OK	OK	OK

Tabel 5.3 Alternatif Desain yang Dipakai

Bentang (m)	Jarak Antar Tiang	Diameter Tiang Pancang (cm)	Kontrol Lendutan	Kontrol Retak	Kontrol Kekuatan Bahan	
4	8D	ø 50	OK	OK	OK	
	8D	ø 60				
Bentang (m)	**Jarak Antar Tiang**	**Diameter Tiang Pancang (cm)**	**Kontrol Momen**	**Kontrol Gaya Aksial**	**Kontrol Gaya Horizontal**	**Dapat digunakan**
4	8D	ø 50	OK	OK	OK	OK
	8D	ø 60	OK	OK	OK	OK

3. Untuk alternatif perencanaan dengan *slab on piles* pada bentang 4 m digunakan kondisi I – SoP dimana memiliki harga ekonomis dan kuat aman dalam strukturnya. **(Rp. 38.004.000.000)**
4. Untuk alternatif perencanaan dengan *slab on piles* pada bentang 6 m digunakan kondisi III – SoP dimana memiliki harga ekonomis dan kuat aman dalam strukturnya. (**Rp. 42.331.000.000)**
5. Untuk alternatif perencanaan dengan *pier head* pada bentang 4 m digunakan kondisi V – PH dimana memiliki harga ekonomis dan kuat aman dalam strukturnya. **(Rp. 52.773.000.000)**
6. Untuk alternatif perencanaan dengan *pier head* pada bentang 6 m digunakan kondisi III – PH dimana memiliki harga ekonomis dan kuat aman dalam strukturnya. **(Rp. 53.626.000.000)**
7. Untuk alternatif perencanaan dengan *slab on piles* pada bentang 4 m ditetapkan kedalaman tiang pancangnya sedalam 17 m.
8. Untuk alternatif perencanaan dengan *slab on piles* pada bentang 6 m ditetapkan kedalaman tiang pancangnya sedalam 19 m.
9. Untuk alternatif perencanaan dengan *pier head* pada bentang 4 m ditetapkan kedalaman tiang pancangnya sedalam 19 m.
10. Untuk alternatif perencanaan dengan *pier head* pada bentang 6 m ditetapkan kedalaman tiang pancangnya sedalam 23 m.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] **Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS)**. 1992. Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga

[2] Das, Braja M. 1993; **Mekanika Tanah Jilid 2**; Penerbit Erlangga; Jakarta

[3] Departemen Pekerjaan Umum.1992. **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Bagian 2**.

[4] Departemen Pekerjaan Umum.1992. **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Bagian 6**.

[5] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 2014.**"Standar Harga Satuan Dasar Konstruksi Dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan"**, Surabaya

[6] Endah, Noor. 2009. **Handout Kuliah Metode Perbaikan Tanah. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS**.

[7] RSNI T-02-2005. 2005; **Standar Pembebanan Untuk Jembatan**; Badan Litbang PU; Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga

[8] SNI 03 2833-2008. 2008; **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan**; Badan Standarisasi Nasional; Jakarta

[9] Untung, Djoko. 2010; **Rekayasa Pondasi Tiang**; Penerbit ITS; Surabaya.

[10]Wahyudi Herman. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam. Surabaya**. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.