

BAB VI

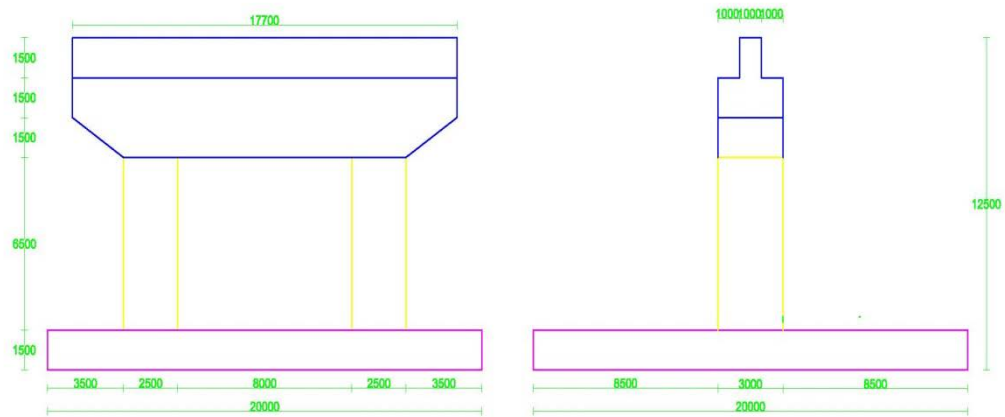
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari perencanaan struktur bawah jembatan layang simpang simpang Bandara-Tanjung Api-Api didapat hasil sebagai berikut:

1. Mutu beton untuk perancangan struktur bawah ini menggunakan mutu 35 MPa atau setara dengan K-422 dan mutu baja yang dipakai menggunakan mutu 410 Mpa.
2. Demensi yang didapat padat perancangan struktur bawah ini adalah:
 - a. Kepala pilar bagian atas berdimensi 1000 x 1500 mm dengan panjang bentang 17700 mm.
 - b. Kepala pilar bagian bawah berdimensi 3000 x 3000 mm dengan panjang bentang 17700 mm.
 - c. Pilar mempunyai dimensi 3000 x 2500 mm dengan tinggi pilar 6500 mm.
 - d. *Pile cap* mempunyai dimensi 20000 x 20000 mm dengan tebal 1500 mm.
 - e. Fondasi tiang bor mempunyai dimensi diameter 1000 mm dengan panjang tiang 20000 mm dan jumlah tiang sebanyak 25 buah.

Gambar demensi untuk struktur bawah terdapat pada Gambar 6.1



Gambar 6.1. Dimensi Struktur Bawah

3. Penulangan kepala pilar bagian atas.
 - a. Tulangan tarik menggunakan D25 jumlah tulangan 12 buah (12D25).
 - b. Tulangan tekan menggunakan D25 jumlah tulangan 6 buah (6D25).
 - c. Tulangan sengkang menggunakan D22 jumlah 6 tulangan buah dengan jarak antar tulangan 75 mm (6D22-75).
4. Penulangan kepala pilar bagian bawah.
 - a. Tulangan tarik menggunakan D32 jumlah tulangan 40 buah (40D32).
 - b. Tulangan tekan menggunakan D32 jumlah tulangan 20 buah (20D32).
 - c. Tulangan sengkang menggunakan D22 jumlah 10 tulangan buah dengan jarak antar tulangan 75 mm (10D22-75).
5. Penulangan pilar.
 - a. Tulangan utama menggunakan D32 jumlah tulangan 94 buah (94D32).
 - b. Tulangan sengkang menggunakan D19 jumlah tulangan 10 dengan jarak antar tulangan 150 mm (10D19-150).
6. Penulangan *pile cap*.
 - a. Tulangan pokok menggunakan D25 jumlah tulangan 2 buah dengan jarak antar tulangan 50 mm (2D25-50).

- b. Tulangan susut menggunakan D25 dengan jarak antar tulangan 50 mm (D25-50).
 - c. Tulangan geser menggunakan D19 dengan jarak antar tulangan 200 mm (D19-200).
7. Penulangan *bored pile*.
- a. Tulangan utama menggunakan D19 jumlah tulangan 28 buah (28D19).
 - b. Tulangan sengkang menggunakan spiral D16 jumlah tulangan 2 dengan jarak antar tulangan 125 mm (2D16-125).

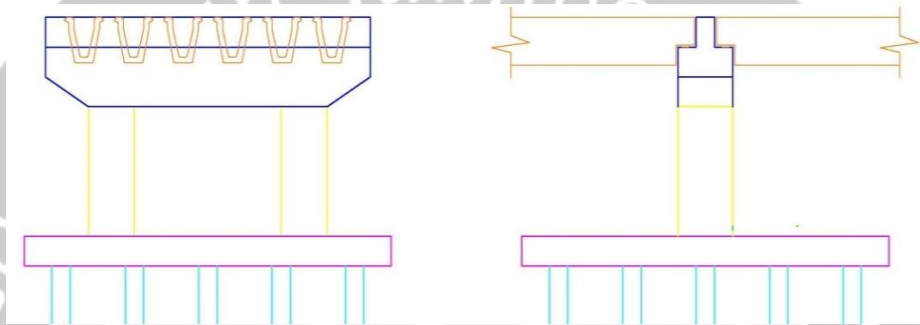
6.2 **Saran**

Dalam merancang struktur bawah jembatan layang penulis menemukan beberapa persoalan, maka dari hal tersebut saran yang bisa diberikan adalah:

1. Perlu diperhatikan dalam menentukan dimensi yang akan digunakan untuk perancangan terlebih dimensi kepala pilar yang harus disesuaikan dengan bentuk struktur atas.
2. Lebih teliti dalam memasukkan data beban kedalam perhitungan kombinasi yang ada.

BAB V
PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH JEMBATAN

5.1 Data-data Jembatan Layang



Gambar 5.1 Tampak Depan dan Samping Struktur Jembatan Layang

Sasikirana (2017)

1. Struktur Atas : *Precast Concrete U (PCU) Girder mutu beton*

K-700 (Sasikirana, 2017)

Tabel 5.1 Data Struktur Atas

Data	Simbol	Dimensi	Satuan	Keterangan
Panjang bentang <i>PCU girder</i>	L	50,8	m	(Sasikirana, 2017)
Lebar jalur lalu lintas	b_L	14	m	(Sasikirana, 2017)
Jumlah <i>girder</i>	n	6	buah	(Sasikirana, 2017)
Lebar median	b_m	2	m	(Sasikirana, 2017)
Lebar trotoar	b_t	0,2	m	(Sasikirana, 2017)
Tebal lapisan aspal + <i>overlay</i>	h_o	0,1	m	(Sasikirana, 2017)

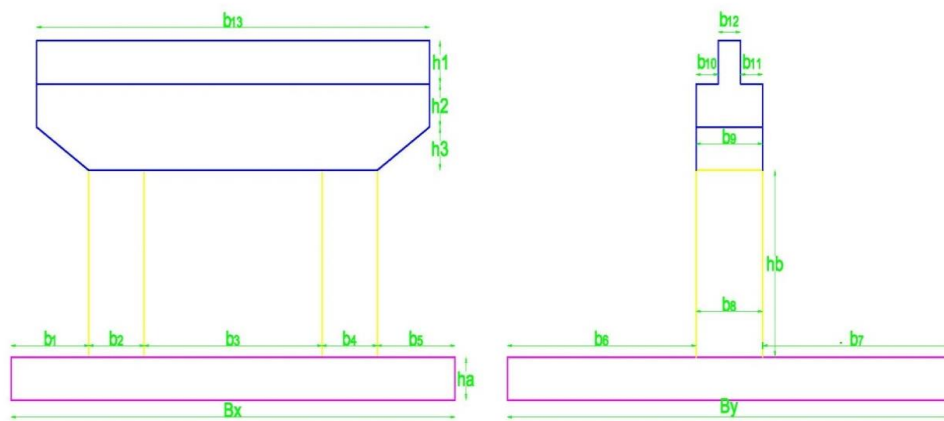
Lanjutan Tabel 5.1

Data	Simbol	Dimensi	Satuan	Keterangan
Tebal genangan air hujan	t_h	0,05	m	(Sasikirana, 2017)
Tinggi bidang samping jembatan	h_A	3,5	m	(Sasikirana, 2017)
Lebar total jembatan	b	17,7	m	(Sasikirana, 2017)
Tinggi pelat lantai jembatan	h_o	0,3	m	(Sasikirana, 2017)
Tinggi <i>box girder</i> prategang	h_B	2,3	m	(Sasikirana, 2017)
Jarak antar balok <i>girder</i>	s	2,7	m	(Sasikirana, 2017)
Luas <i>PCU girder</i>	A	1,7	m ²	(Sasikirana, 2017)

2. Struktur Bawah : Mutu beton, f_c' = 35 MPa (kuat tekan beton)

Mutu baja, f_y = 400 MPa (tegangan leleh baja)

Berat beton, W_c = 24 kN/m³



Gambar 5.2 Dimensi Struktur Bawah

Keterangan :

$$B_x = 20 \text{ m} \quad b_4 = 2,5 \text{ m}$$

$$B_y = 20 \text{ m} \quad b_5 = 3,5 \text{ m}$$

$$h_a = 1,5 \text{ m} \quad b_6 = 8,5 \text{ m}$$

$$h_b = 6,5 \text{ m} \quad b_7 = 8,5 \text{ m}$$

$$h_1 = 1,5 \text{ m} \quad b_8 = 3 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,5 \text{ m} \quad b_9 = 3 \text{ m}$$

$$h_3 = 1,5 \text{ m} \quad b_{10} = 1 \text{ m}$$

$$b_1 = 3,5 \text{ m} \quad b_{11} = 1 \text{ m}$$

$$b_2 = 2,5 \text{ m} \quad b_{12} = 1 \text{ m}$$

$$b_3 = 8 \text{ m} \quad b_{13} = 17,7 \text{ m}$$

Dimensi yang dipakai merupakan hasil dari analisis struktur dengan *trial and error* sesuai dengan bagan alir perancangan. Bagian kepala pier merupakan bagian yang dipakai sebagai acuan dari dimensi struktur bawah dengan lebar menyesuaikan dengan lebar struktur atas.

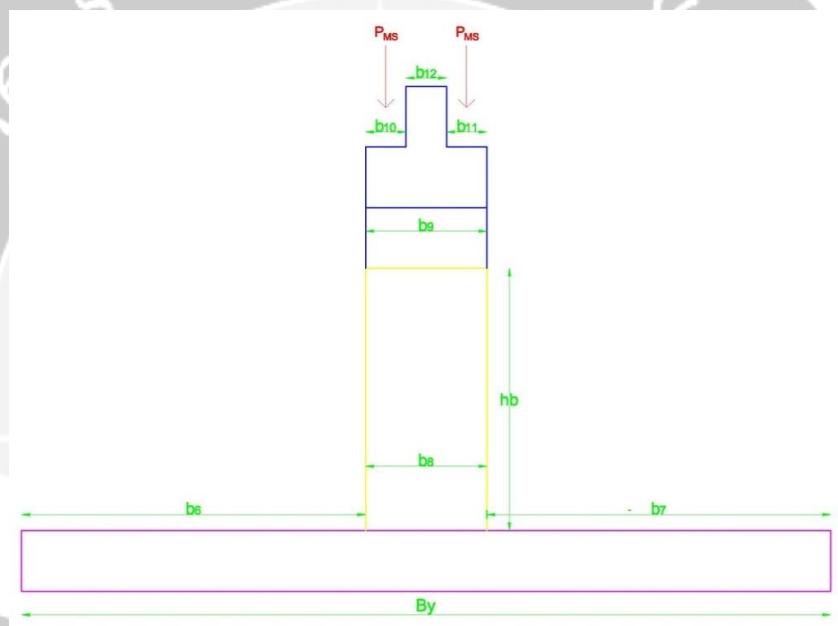
5.2 Pembebanan pada struktur bawah

Beban yang bekerja pada perancangan struktur bawah ini adalah beban yang terjadi pada struktur pada struktur bawah itu sendiri maupun dengan beban yang terjadi pada struktur atas.

5.2.1 Beban Sendiri atau Beban Mati (MS)

Beban mati merupakan beban yang berasal dari berat sendiri jembatan dan terbagi menjadi dua beban berat yaitu beban berat struktur atas dan beban berat struktur bawah.

1. Beban mati struktur atas



Gambar 5.3 Pembebanan Struktur Atas

Berat sendiri untuk 1 PCU girder, $Q_{MS} = 69,4 \text{ kN/m}$

Total panjang bentang PCU girder, $L = 50,8 \text{ m}$

Jumlah PCU girder, $n = 6,00 \text{ buah}$

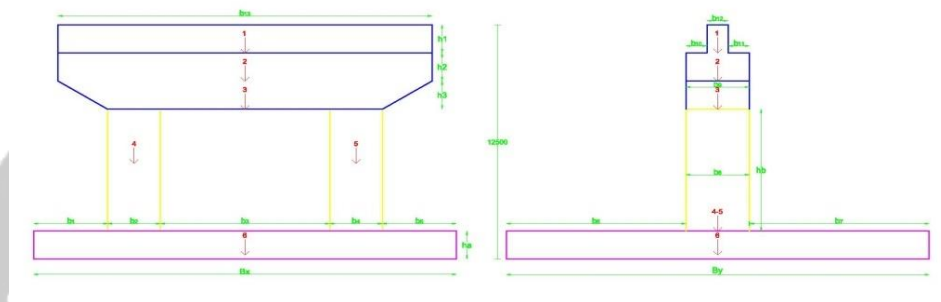
Beban mati akibat struktur atas, $P_{MS \text{ atas}} = 21162 \text{ kN}$

Letak titik berat struktur atas terhadap fondasi,

$$z_{sa} = h_a + h_b + h_3 + h_2 + h_1 - (h_B/2) = 11,4 \text{ m}$$

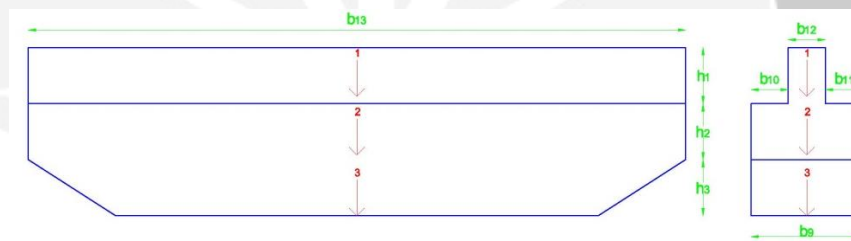
2. Beban mati struktur bawah

Beban mati struktur bawah dihitung menjadi 3 bagian beban berat yaitu kepala pilar, pilar, dan pile cap



Gambar 5.4 Sketsa Beban Berat Struktur bawah

Berat kepala pilar



Gambar 5.5 Sketsa Kepala Pilar

Tabel 5.2 Perhitungan Berat Kepala Pilar

No	A	l	V	W_c	Berat	Lengan terhadap sisi bawah		Momen
	m ²	m	m ³	kN/m ³	kN	y_{kp}	(m)	(kNm)
1	26,6	1	26,6	24	637	$h_3+h_2+(h_1/2)$	3,75	2389,5
2	26,6	3	79,7	24	1912	$h_3+(h_2/2)$	2,25	4301,1
3	23	3	69,1	24	1658	$(h_3/2)$	0,75	1243,35

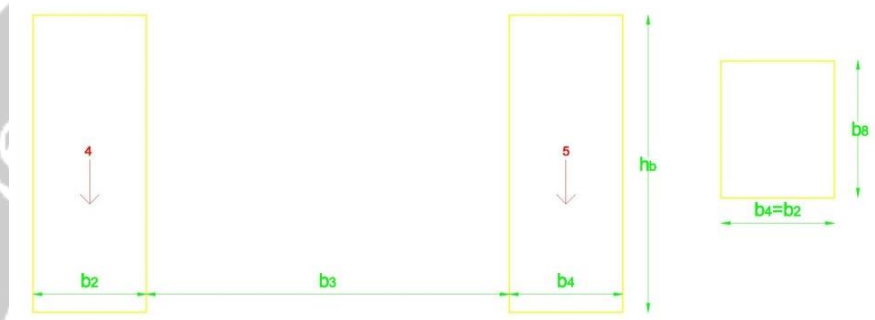
$$W_{kp} = 4207$$

$$M_{kp} = 6690,6$$

$$\text{Letak titik berat terhadap sisi bawah, } y_{kp} = M_{kp} / W_{kp} = 1,59 \text{ m}$$

$$\text{Letak titik berat terhadap dasar fondasi, } Z_{kp} = y_{kp} + h_a + h_b = 9,59 \text{ m}$$

Berat pilar



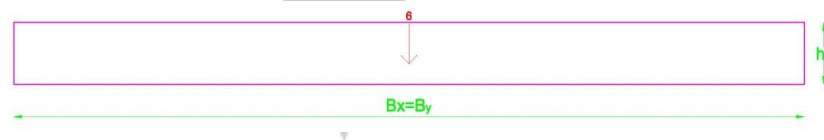
Gambar 5.6 Sketsa Pilar

Tabel 5.3 Perhitungan Berat Pilar

No	A	l	V	W _c	Berat	Lengan terhadap sisi bawah		Momen
	m ²	m	m ³	kN/m ³	kN	y _p	(m)	(kNm)
4	7,5	6,5	48,8	24	1170	h _b /2	3,25	3802,5
5	7,5	6,5	48,8	24	1170	h _b /2	3,25	3802,5
$W_p =$					2340	$M_p =$		7605

$$\text{Letak titik berat terhadap dasar fondasi, } Z_{kp} = h_a + h_{b/2} = 4,75 \text{ m}$$

Berat pile cap



Gambar 5.7 Sketsa Pile Cap

$$\text{Luas permukaan, } A = B_x \times B_y = 400 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume, } V = A \times h_a = 600 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat, } W_{pc} = V \times W_c = 14400 \text{ kN}$$

$$\text{Lengan terhadap sisi bawah, } y_{pc} = h_a / 2 = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Momen, } M_{pc} = 10800 \text{ kNm}$$

Tabel 5.4 Rekap Berat Sendiri Struktur bawah

No	Bagian	Berat (kN)
1	Kepala Pilar	4206,6
2	Pilar	2340
3	Pile Cap	14400

$$P_{MS \text{ bawah}} = 20946,6 \text{ kN}$$

$$\text{Beban Mati pada fondasi, } P_{MS} = P_{MS \text{ bawah}} + P_{MS \text{ atas}} = 42108,9 \text{ kN}$$

5.2.2 Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan merupakan beban mati yang mempunyai berat seluruh bahan dan membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan

Jenis beban mati tambahan diantara lain ialah :

1. Penambahan lapisan aspal (overlay) dikemudian hari.
2. Genangan air hujan jika sistim drainase tidak bekerja dengan baik.
3. Pemasangan tiang listrik dan instalasi ME

Tabel 5.5 Beban Mati Tambahan

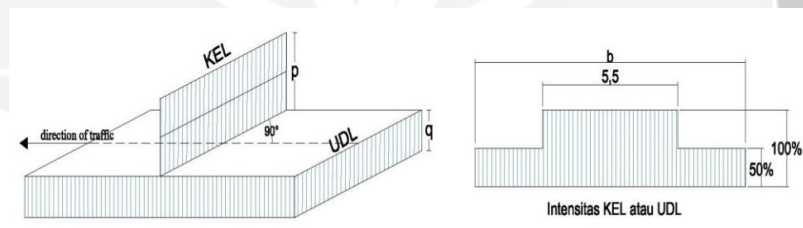
No	Jenis Beban Mati Tambahan	Lebar	Panjang	Tebal	W	Beban
		m	m	m	kN/m ³	kN
1	Lapisan Aspal	14	52	0,1	22	1601,6
2	Air Hujan	14	52	0,05	9,8	356,72

Sehingga di dapat beban mati tambahan :

$$P_{MA} = 357 \text{ kN}$$

5.2.3 Beban Lajur "D" (TD)

Beban jalur "D" sendiri mempunyai beban terbagi merata atau *Uniformly Distributed Load* (UDL) dan beban garis atau *Knife Edge Load* (KEL).



Gambar 5.8 Beban Jalur "D"

UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung dari panjang total yang dibebani dengan dihitung dengan rumus :

$$q = 9,0 \text{ kPa}, \quad \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 9 \times (0,5 + 15 / L) \text{ kPa}, \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m}$$

Untuk panjang bentang, $L = 52 \text{ m}$

$$q = 7 \text{ kPa}$$

KEL mempunyai intensitas $p = 49 \text{ kN/m}$

Faktor beban dinamis (*dynamic load allowance*) untuk KEL :

$$DLA = 0,4 \quad \text{untuk } L \leq 50 \text{ m}$$

$$DLA = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50) \quad \text{untuk } 50 < L < 90 \text{ m}$$

$$DLA = 0,3 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

$$\text{Untuk panjang bentang, } L = 52 \text{ m}$$

$$DLA = 0,395$$

$$\text{Lebar jalur : } b_L = 14 \text{ m ,}$$

$$\begin{aligned} P_{TD} &= [(q \times L \times (5,5 + b) / 2) + (p \times DLA \times (5,5 + b) / 2)] \\ &= 4343 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.2.4 Beban Pedestrian (TP)

Jembatan layang dirancang memikul beban hidup merata pada trotoar yang besarnya tergantung dengan besarnya luas bidang pada trotoar tersebut.

Beban hidup merata pada trotoar :

$$\text{Untuk } A \leq 10 \text{ m}^2 \quad q = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } 10 \text{ m}^2 < A < 100 \text{ m}^2 \quad q = 5 - 0,033 \times (A - 10) \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } A \geq 100 \text{ m}^2 \quad q = 2 \text{ kPa}$$

$$\text{Lebar Trotoar, } b_t = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bentang, } L = 52 \text{ m}$$

$$\text{Luas bidang trotoar, } A = b_t \times L = 10,4 \text{ m}^2$$

Intensitas beban pada trotoar :

$$q = 5 - 0,033 \times (A - 10) = 4,99 \text{ kPa}$$

$$\text{Beban pedestrian, } Q_{TP} = q \times b_t = 0,997 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pembebanan untuk pedestrian, } P_{TP} = Q_{TP} \times L = 51,9 \text{ kN}$$

5.2.5 Gaya Rem (TB)

Beban gaya rem akan diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem tergantung dari total panjang bentang jembatan dengan ketentuan sebagai berikut :

$$\text{Gaya Rem, } T_{TBI} = 250 \text{ kN} \quad \text{untuk } L < 80\text{m}$$

$$\text{Gaya Rem, } T_{TBI} = 250 + 2,5 \times (L - 80), \text{ untuk } 80\text{m} < L < 180\text{m}$$

$$\text{Gaya Rem, } T_{TBI} = 500 \text{ kN} \quad \text{untuk } L > 180\text{m}$$

$$\text{Panjang bentang, } L = 52 \text{ m}$$

$$\text{Besar gaya rem, } T_{TBI} = 250 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah jalur, } n = 2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban gaya rem, } T_{TB} &= T_{TBI} \times n \\ &= 500 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Lengan terhadap fondasi, } Y_{TB} = ha + hb + h1 + h2 + h3 + 1,8 = 14,3 \text{ m}$$

$$\text{Momen terhadap fondasi, } M_{TB} = 7150 \text{ kNm}$$

$$\text{Lengan terhadap pilar, } Y_{TB} = hb + h1 + h2 + h3 + 1,8 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Momen terhadap pilar, } M_{TBP} = 6400 \text{ kNm}$$

5.2.6 Beban Angin (EW)

Gaya akibat angin yang meniup bidang samping jembatan layang dihitung menggunakan rumus:

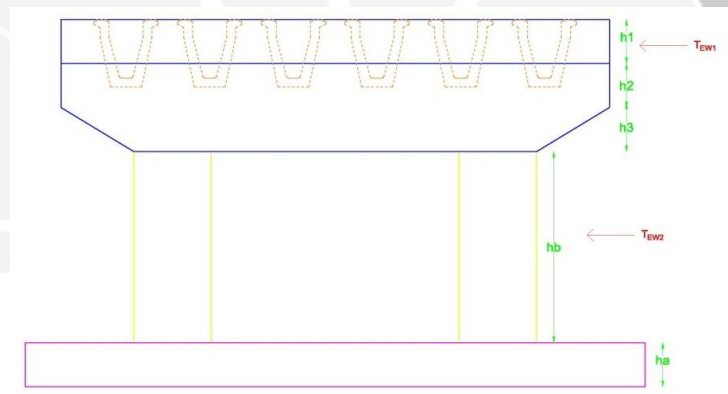
$$T_{EW} = 0,0006 \times C_w \times V_w^2 \times Ab$$

keterangan :

C_w = Koefisien seret

V_w = Kecepatan angin rencana (m/s)

Ab = Luas bidang samping Jembatan (m^2)



Gambar 5.9 Sketsa Beban Angin

$$C_w = 1,25$$

$$V_w = 35 \text{ m/s}$$

Beban angin pada struktur atas :

$$T_{EW1} = Q_{EW} \times L = 1,01 \times 50,8 = 51,2 \text{ kN}$$

$$\text{Lengan terhadap fondasi, } Y_{EW1} = h_a + h_b + h_1 + h_2 + h_3 - (h_B/2) = 11,4 \text{ m}$$

Momen pada fondasi akibat angin struktur atas :

$$M_{EW1} = T_{EW1} \times Y_{EW1} = 581,2 \text{ kNm}$$

$$\text{Lengan terhadap pilar, } Y_{EW1'} = h_b + h_1 + h_2 + h_3 - (h_B/2) = 9,85 \text{ m}$$

Momen pada pilar akibat angin struktur atas :

$$M_{EW1'} = T_{EW1} \times Y_{EW1} = 504,4 \text{ kNm}$$

Tinggi bidang samping struktur bawah :

$$h_{sb} = h_b + h_1 + h_2 + h_3 = 11,0 \text{ m}$$

Luas bidang samping Jembatan

$$Ab = (h_{sb} \times b_8) - (2 \times h_1 \times b_{10}) = 36,0 \text{ m}$$

Beban angin pada struktur bawah :

$$T_{EW2} = 0,0006 \times C_w \times V W^2 \times Ab = 33,1 \text{ kN}$$

$$\text{Lengan terhadap fondasi, } Y_{EW2} = 5,5 \text{ m}$$

Momen pada fondasi akibat angin struktur bawah

$$M_{EW2} = T_{EW2} \times Y_{EW2} = 181,9 \text{ kNm}$$

$$\text{Lengan terhadap pilar, } Y_{EW2'} = 4,8 \text{ m}$$

Momen pada pilar akibat angin struktur bawah :

$$M_{EW2'} = T_{EW2} \times Y_{EW2} = 157,1 \text{ kNm}$$

$$\text{Total beban akibat gaya angin, } T_{EW} = T_{EW1} + T_{EW2} = 84,3 \text{ kN}$$

$$\text{Momen pada fondasi akibat gaya angin, } M_{EW} = M_{EW1} + M_{EW2} = 763 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen pada pilar akibat gaya angin, } M_{EW} = M_{EW1} + M_{EW2'} = 661 \text{ kNm}$$

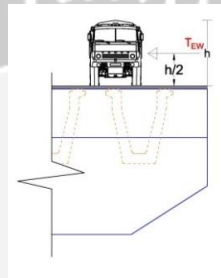
Terdapat beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai yang merupakan beban angin kendaraan dengan rumus :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \text{ kN/m}$$

Keterangan :

$$C_w = 1,2$$

$$T_{EW} = 1,76 \text{ kN/m}$$



Gambar 5.10 Sketsa Beban Angin pada Kendaraan

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 meter di atas lantai jembatan.

$$\text{Jarak antar roda kendaraan, } x = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{Beban angin pada kendaraan, } Q_{EW} = 1/2 \times h/x \times T_{EW} = 1,01$$

$$\text{Gaya pada beban angin kendaraan } P_{EW} = 52,4 \text{ kN}$$

5.2.7 Beban Gempa (EQ)

$$\text{Beban gempa rencana dihitung dengan rumus : } T_{EQ} = K_h \times I \times W_t$$

$$\text{dengan, } K_h = C \times S$$

Keterangan :

$$T_{EQ} = \text{Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN)}$$

$$K_h = \text{Koefisien beban gempa horisontal}$$

$$I = \text{Faktor kepentingan}$$

W_t = Berat total jembatan ($P_{MS} + P_{MA}$)

C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah

S = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kepastian penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan.

Waktu getar struktur dihitung dengan rumus :

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \times K_p}}$$

Keterangan :

g = Percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

K_p = Kekakuan struktur yang merupakan gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satuan lendutan (kN/m)

$$W_{TP} = P_{MS(\text{struktur atas})} + 0,5 P_{MS(\text{struktur bawah})}$$

1. Beban gempa arah memanjang jembatan (arah X)

Ukuran penampang pilar, $b_4 = 2,5 \text{ m}$, $b_8 = 3 \text{ m}$

Luas penampang pilar, $A_p = 15 \text{ m}^2$

Lebar ekivalen pilar, $B_e = A_p / b_8 = 5 \text{ m}$

Tinggi pilar, $h_b = 6,5 \text{ m}$

Inersia penampang pilar $I_c = (1/12 \times b_e \times h^3 = 11,3 \text{ m}^4$

Mutu beton, $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned}\text{Modulus elastis beton, } E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c'} = 27806 \text{ MPa} \\ &= 27805575 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\text{Nilai kekakuan } K_p = 3 \times E_c \times (I_c / h_b^3) = 3417162,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Percepatan gravitasi, } g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

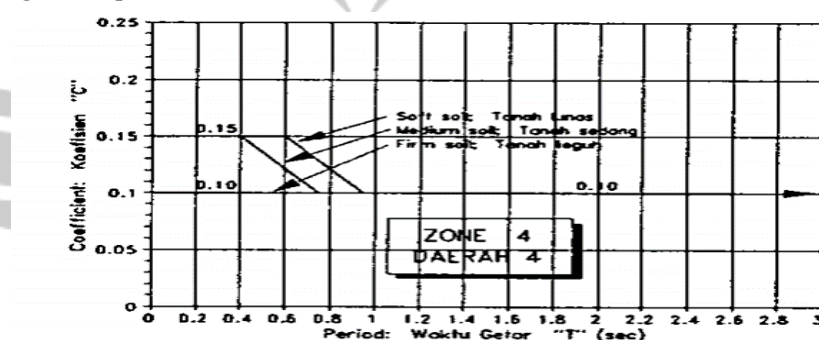
$$\text{Berat sendiri struktur atas, } P_{MS(\text{str atas})} = 21162 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri struktur bawah, } P_{MS(\text{str bawah})} = 20947 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total struktur, } W_{TP} = P_{MS(\text{str atas})} + 0,5 \times P_{MS(\text{str bawah})} = 31636 \text{ kN}$$

$$\text{Waktu getar alami struktur, } T = 0,193 \text{ s}$$

Kondisi tanah dasar termasuk sedang dan terletak di wilayah gempa zona 4 yang memiliki nilai PGA (*Peak Ground Analysis*) sebesar 0,3 g, lalu untuk menahan gelombang gempa dalam satuan *Skala Richter* (SR) belum ada tolok ukur yang pasti di Indonesia. Hubungan antara waktu getar dengan koefisien geser dapat dilihat dari Gambar 5.11



Gambar 5.11 Grafik Respon Spektrum Gempa Wilayah Zona 4

Nilai koefisien geser dasar yang diperoleh dari grafik ialah :

$$C = 0,15$$

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton bertulang, maka faktor jenis struktur dinyatakan dengan rumus :

$$S = 1 \times F \quad \text{dimana} \quad F = 1,25 - 0,025 \times n \quad \text{dan} \quad F \text{ harus diambil} \geq 1$$

F = Faktor perangkaan,

n = Jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral.

$$\text{Untuk, } n = 1, \text{ maka: } F = 1,225$$

$$S = 1,225$$

$$\text{Koefisien beban gempa horizontal } K_h = C \times S = 0,18$$

Untuk jembatan membuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama dan arteri, dan jembatan tidak ada rute alternatif maka, faktor kepentingan $I = 1,20$

$$\text{Gaya gempa, } T_{EQ} = K_h \times I \times W_t = 0,22 \times W_t$$

Tabel 5.6 Perhitungan Beban Gempa Arah Memanjang

No	Jenis Beban Mati	W	T_{EQ}	Lengan terhadap fondasi		Momen
		kN	kN			kNm
1	Berat sendiri struktur atas	21162,3	4666,3	11,35	m	52962,3
2	Berat mati tambahan	357	78,657	11,35	m	892,754
3	Berat sendiri kepala pilar	4206,6	927,56	9,5905	m	8895,72
4	Berat sendiri pilar	2340	515,97	4,75	m	2450,86
5	Berat sendiri pile cap	14400	3175,2	0,75	m	2381,4

$$T_{EQX} = 9363,7 \text{ kN} \quad , \quad M_{EQX} = 67583 \text{ kNm}$$

$$\text{Lengan terhadap fondasi} = Y_{EQ} = M_{EQX} / T_{EQ} = 7,22 \text{ m}$$

$$\text{Lengan terhadap pilar} = Y_{EQ'} = Y_{EQ} - h_a = 5,72 \text{ m}$$

$$\text{Momen terhadap pilar} = M_{EQX'} = Y_{EQ'} \times T_{EQX} = 53537,5 \text{ kNm}$$

2. Beban gempa arah melintang jembatan (arah Y)

$$\text{Inersia penampang pilar } I_c = (1/12 \times h \times b_e^3) = 31,3 \text{ m}^4$$

$$\text{Nilai kekakuan, } K_p = 3 \times E_c \times (I_c / h_b^3) = 9492117,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{Waktu getar alami struktur, } T = 0,116 \text{ s}$$

$$\text{Koefisien geser dasar, } C = 0,15$$

$$\text{Faktor tipe struktur, } I = 1,2$$

$$\text{Koefisien beban gempa hoizontal, } S = 1,225$$

$$\text{Faktor kepentingan, } K_h = 0,18375$$

$$\text{Gaya gempa, } T_{EQ} = K_h \times I \times W_t = 0,22 \times W_t$$

$$\text{Berat sendiri (str atas + str bawah), } P_{MS} = 42108,9 \text{ kN}$$

$$\text{Beban mati tambahan, } P_{MA} = 357 \text{ kN}$$

$$\text{Beban mati total, } W_t = P_{MS} + P_{MA} = 42466 \text{ kN}$$

$$\text{Beban gempa arah melintang jembatan, } T_{EQY} = 9363,66 \text{ kN}$$

$$\text{Momen fondasi akibat beban gempa, } M_{EQY} = 67583 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen terhadap pilar} = M_{EQX} = Y_{EQ'} \times T_{EQY} = 53537,5 \text{ kNm}$$

5.2.8 Beban Akibat Gesekan Perletakan (FB)

$$\text{Koefisien gesek pada tumpuan berupa elastomer, } = 0,18$$

Gaya gesek yang timbul hanya akan ditinjau terhadap beban berat sendiri dan

beban mati tambahan yang di hitung dengan rumus :

$$T_{FB} = \mu \times (P_{MS} + P_{MA})$$

dimana, P_{MS} = Beban sendiri = 21162 kN

P_{MA} = Beban mati tambahan = 357 kN

$$T_{FB} = 3873,4 \text{ kN}$$

Lengan terhadap fondasi, $Y_{FB} = h_a + h_b + h_3 + h_4 = 11 \text{ m}$

Momen pada fondasi akibat gesekan, $M_{FB} = 42608 \text{ kNm}$

Lengan terhadap dasar pilar, $Y_{FB'} = h_b + h_3 + h_2 = 9,5 \text{ m}$

Momen pada pilar akibat gesekan, $M_{FB'} = 36797 \text{ kNm}$

5.2.9 Beban Akibat Gaya Perbedaan Suhu (ET)

Beban akibat gaya perbedaan suhu yang terjadi dapat menimbulkan deformasi maupun tegangan. Perbedaan suhu yang diambil besarnya setengah dari selisih suhu maksimum dan minimum rata-rata pada lantai jembatan.

Suhu maksimum rata-rata, $T_{MAX} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$

Suhu minimum rata-rata, $T_{MIN} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

Perbedaan suhu, $\Delta T = (T_{MAX} - T_{MIN}) / 2 = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Koefisien muai panjang untuk beton, $\alpha = 0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}$

Kekakuan geser tumpuan berupa elastomeric bearing, $k = 1500 \text{ kN/m}$

Panjang bentang jembatan, $L = 52 \text{ m}$

Jumlah tumpuan elastomeric, $n = 12 \text{ buah}$

Pengaruh temperatur pada struktur bawah dapat dihitung dengan rumus :

$$T_{ET} = a \times \Delta T \times k \times L/2 \times n$$

$$= 58,5 \text{ kN}$$

Lengan terhadap fondasi, $Y_{ET} = 12,5 \text{ m}$

Momen terhadap fondasi akibat suhu $M_{ET} = 731 \text{ kNm}$

Lengan terhadap pilar, $Y'_{ET} = 11 \text{ m}$

Momen terhadap pilar akibat suhu, $M'_{ET} = 644 \text{ kNm}$

5.2.10 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang bekerja akan direkap pada Tabel 5.6 sampai dengan Tabel 5.12

Tabel 5.7 Rekap Beban Kerja

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_X	T_Y	M_X	M_Y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	42108,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD	4342,9				
4	Beban Pedestrian	TP	51,9				
5	Gaya Rem	TB		500,0		7150,0	
6	Beban Suhu	ET		58,5		731,3	
7	Gaya Gesek	FB		3873,4		42607,6	
8	Beban Angin	EW	52,4		84,3		763,1
9	Beban Gempa	EQ		9363,7	9363,7	67583,0	67583,0

Tabel 5.8 Rekap Beban Kerja Kombinasi 1

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_X	T_Y	M_X	M_Y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	42108,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD	4342,9				
4	Beban Pedestrian	TP	51,9				
5	Gaya Rem	TB					
6	Beban Suhu	ET					
7	Gaya Gesek	FB					
8	Beban Angin	EW					
9	Beban Gempa	EQ					
			46860,4	0,0	0	0,0	0,0

Tabel 5.9 Rekap Beban Kerja Kombinasi 2

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_X	T_Y	M_X	M_Y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	42108,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD	4342,9				
4	Beban Pedestrian	TP	51,9				

Lanjutan Tabel 5.9

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_x	T_y	M_x	M_y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
5	Gaya Rem	TB		500,0		7150,0	
6	Beban Suhu	ET					
7	Gaya Gesek	FB					
8	Beban Angin	EW	52,4		84,3		763,1
9	Beban Gempa	EQ					
			46912,8	500,0	84	7150,0	763,1

Tabel 5.10 Rekap Beban Kerja Kombinasi 3

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_x	T_y	M_x	M_y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	42108,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD	4342,9				
4	Beban Pedestrian	TP	51,9				
5	Gaya Rem	TB		500,0		7150,0	
6	Beban Suhu	ET		58,5		731,3	
7	Gaya Gesek	FB					
8	Beban Angin	EW					

Lanjutan Tabel 5.10

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_X	T_Y	M_X	M_Y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
9	Beban Gempa	EQ					
			46860,4	558,5	0	7881,3	0,0

Tabel 5.11 Rekap Beban Kerja Kombinasi 4

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_X	T_Y	M_X	M_Y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	42108,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD	4342,9				
4	Beban Pedestrian	TP	51,9				
5	Gaya Rem	TB		500,0		7150,0	
6	Beban Suhu	ET		58,5		731,3	
7	Gaya Gesek	FB		3873,4		42607,6	
7	Beban Angin	EW	52,4		84,3		763,1
8	Beban Gempa	EQ					
			46912,8	4431,9	84	50488,8	763,1

Tabel 5.12 Rekap Beban Kerja Kombinasi 5

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_X	T_Y	M_X	M_Y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	42108,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD					
4	Beban Pedestrian	TP					
5	Gaya Rem	TB					
6	Beban Suhu	ET					
7	Gaya Gesek	FB					
7	Beban Angin	EW					
8	Beban Gempa	EQ		9363,7	9364	67583,0	67583
			42465,6	9363,7	9364	67583,0	67583,0

Tabel 5.13 Rekap Kombinasi Beban Kerja Keseluruhan

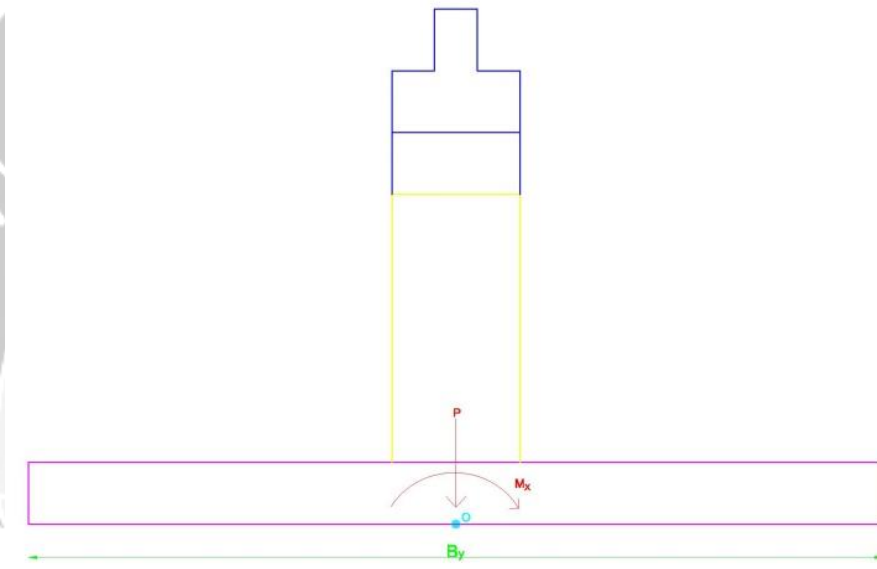
No	Kombinasi Beban	Tegangan berlebih (k)	P	T_X	T_Y	M_X	M_Y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Kombinasi - 1	0%	46860,4	0,0	0	0,0	0,0
2	Kombinasi - 2	25%	46912,8	500,0	84,3	7150,0	763,1
3	Kombinasi - 3	25%	46860,4	558,5	0,0	7881,3	0,0
4	Kombinasi - 4	40%	46912,8	4431,9	84,3	50488,8	763,1
5	Kombinasi - 5	50%	42465,6	9363,7	9364	67583,0	67583,0

5.3 Stabilitas Guling dan Geser

5.3.1 Kontrol Stabilitas Guling Arah X

Stabilitas guling arah x ini akan menggunakan angka aman (SF) sebesar

2,2. Letak titik guling terhadap titik O seperti pada Gambar 5,12



Gambar 5.12 Beban dan Momen untuk Stabilitas Guling Arah X

Letak titik guling terhadap pusat pondasi : $B_y/2 = 10 \text{ m}$

Momen penahan guling, $M_{px} = P \times (B_y / 2) \times (1 + k)$

$$SF = M_{px} / M_x \geq 2.2$$

Keterangan :

P = Beban yang terjadi (ton)

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x = Momen penyebab guling arah X (kNm)

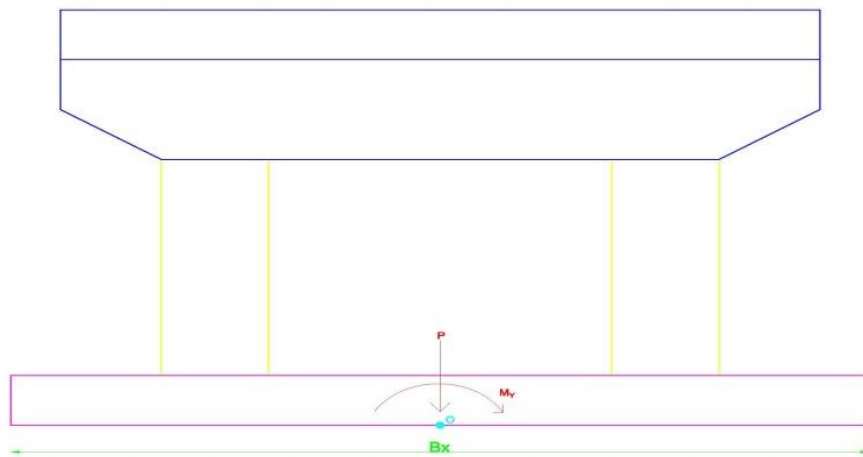
Tabel 5.14 Stabilitas Guling Arah X

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M_x (kNm)	M_{px} (kNm)	SF	Ket.
1	Kombinasi - 1	0,00	46860,4	0,00	468603,64		
2	Kombinasi - 2	0,25	46912,8	7150,00	586409,75	82,02	AMAN
3	Kombinasi - 3	0,25	46860,4	7881,25	585754,55	74,32	AMAN
4	Kombinasi - 4	0,40	46912,8	50488,84	656778,92	13,01	AMAN
5	Kombinasi - 5	0,50	42465,6	67583,00	636983,76	9,43	AMAN

5.3.2 Kontrol Stabilitas Guling Arah Y

Stabilitas guling arah y ini akan menggunakan angka aman (SF) sebesar

2,2. Letak titik guling terhadap titik O seperti pada Gambar 5,13

**Gambar 5.13 Beban dan Momen untuk Stabilitas Guling Arah Y**

Letak titik guling terhadap pusat pondasi : $B_x/2 = 10 \text{ m}$

Momen penahan guling, $M_{py} = P \times (B_x / 2) \times (1 + k)$

$SF = M_{py} / M_x \geq 2.2$

Keterangan :

P = Beban yang terjadi (ton)

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling arah Y (kNm)

Tabel 5.15 Stabilitas Guling Arah Y

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M_y (kNm)	M_{py} (kNm)	SF	Ket.
1	Kombinasi - 1	0,00	46860,4	0,00	468603,64		
2	Kombinasi - 2	0,25	46912,8	763,11	586409,75	768,45	AMAN
3	Kombinasi - 3	0,25	46860,4	0,00	585754,55		
4	Kombinasi - 4	0,40	46912,8	763,11	656778,92	860,67	AMAN
5	Kombinasi - 5	0,50	42465,6	67583,00	636983,76	9,43	AMAN

5.3.3 Kontrol Stabilitas Geser Arah X

Stabilitas geser arah x ini akan menggunakan angka aman (SF) sebesar

1,1 dengan menggunakan perhitungan:

Gaya penahan geser, $H = (C \times B_x \times B_y + P \times \tan \phi) \times (1 + k)$

$$SF = H / T_x \geq 1,1$$

keterangan :

ϕ = Sudut gesek = 30 °

C = Kohesi pada tanah = 0 kPa

B_x = Lebar dasar *pile cap* = 20 m

B_y = Panjang bentang dasar *pile cap* = 20 m

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_x = Gaya penyebab geser (kN)

Tabel 5.16 Stabilitas Geser Arah X

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	T_x (kNm)	H (kNm)	SF	Ket.
1	Kombinasi - 1	0,00	46860,4	0,0	27054,8		
2	Kombinasi - 2	0,25	46912,8	500,0	33856,4	67,7	AMAN
3	Kombinasi - 3	0,25	46860,4	558,5	33818,6	60,6	AMAN
4	Kombinasi - 4	0,40	46912,8	4431,9	37919,1	8,6	AMAN
5	Kombinasi - 5	0,50	42465,6	9363,7	36776,3	3,9	AMAN

5.3.1 Kontrol Stabilitas Geser Arah Y

Stabilitas geser arah y ini akan menggunakan angka aman (SF) sebesar

1,1 dengan menggunakan perhitungan:

Gaya penahan geser, $H = (C \times B_x \times B_y + P \times \tan \phi) \times (1 + k)$

$$SF = H / T_x \geq 1,1$$

keterangan :

ϕ = Sudut gesek = 30°

C = Kohesi pada tanah = 0 kPa

B_x = Lebar dasar *pile cap* = 20 m

B_y = Panjang bentang dasar *pile cap* = 20 m

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_y = Gaya penyebab geser (kN)

Tabel 5.17 Stabilitas Geser Arah Y

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	T_y (kNm)	H (kNm)	SF	Ket.
1	Kombinasi - 1	0,00	46860,4	0,0	27054,8		
2	Kombinasi - 2	0,25	46912,8	84,3	33856,4	401,7	AMAN
3	Kombinasi - 3	0,25	46860,4	0,0	33818,6		
4	Kombinasi - 4	0,40	46912,8	84,3	37919,1	449,9	AMAN
5	Kombinasi - 5	0,50	42465,6	9363,7	36776,3	3,9	AMAN

5.3.5 Analisis Beban Ultimit

Analisis beban ultimit ini bertujuan untuk mengetahui momen dan beban geser setiap bagian, sehingga dari perhitungan beban ultimit tersebut, dapat diperhitungkan kebutuhan dari penulangan untuk struktur bawah. Bagian struktur bawah yang akan dihitung adalah pilar, dan *pile cap*.

1. *Pile cap*

Tabel 5.18 Rekap Beban *Pile Cap*

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_x	T_y	M_x	M_y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	42108,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD	4342,9				
4	Beban Pedestrian	TP	51,9				

Lanjutan Tabel 5.18

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_x	T_y	M_x	M_y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
5	Gaya Rem	TB		500,0		7150,0	
6	Beban Suhu	ET		58,5		731,3	
7	Gaya Gesek	FB		3873,4		42607,6	
8	Beban Angin	EW	52,4		84,3		763,1
9	Beban Gempa	EQ		9363,7	9363,7	67583,0	67583,0

Tabel 5.19 Beban Ultimit *Pile Cap*

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	54741,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	7817,3				
4	Beban Pedestrian	1,8	93,4				
5	Gaya Rem	1,8		900,0		12870,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		877,5	
7	Gaya Gesek	1		3873,4		42607,6	
8	Beban Angin	1,3	68,1		109,6		992,0
9	Beban Gempa	1		9363,7	9363,7	67583,0	67583,0

Tabel 5.20 Beban Ultimit *Pile Cap 1*

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	54741,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	7817,3				
4	Beban Pedestrian	1,8					
5	Gaya Rem	1,8		900,0		12870,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		877,5	
7	Gaya Gesek	1					
8	Beban Angin	1,2	68,1		109,6		992,0
9	Beban Gempa	1					
			63340,4	970,2	109,6	13747,5	992,0

Tabel 5.21 Beban Ultimit *Pile Cap 2*

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	54741,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	7817,3				
4	Beban Pedestrian	1,8	93,4				

Lanjutan Tabel 5.21

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
5	Gaya Rem	1,8		900,0		12870,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		877,5	
7	Gaya Gesek	1,3					
8	Beban Angin	1,2					
9	Beban Gempa	1					
			63365,6	970,2	0,0	13747,5	0,0

Tabel 5.22 Beban Ultimit *Pile Cap 3*

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	54741,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	7817,3				
4	Beban Pedestrian	1,8					
5	Gaya Rem	1,8		900,0		12870,0	
6	Beban Suhu	1,2					
7	Gaya Gesek	1,3		3873,4		42607,6	
8	Beban Angin	1,2	68,1		109,6		992,0

Lanjutan Tabel 5.22

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
9	Beban Gempa	1					
			63340,4	4773,4	109,6	55477,6	992,0

Tabel 5.23 Beban Ultimit *Pile Cap 4*

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	54741,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	7817,3				
4	Beban Pedestrian	1,8	93,4				
5	Gaya Rem	1,8		900,0		12870,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		877,5	
7	Gaya Gesek	1,3		3873,4		42607,6	
8	Beban Angin	1,2	68,1		109,6		992,0
9	Beban Gempa	1					
			63433,7	4843,6	109,6	56355,1	992,0

Tabel 5.23 Beban Ultimit *Pile Cap* 5

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	54741,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8					
4	Beban Pedestrian	1,8					
5	Gaya Rem	1,8					
6	Beban Suhu	1,2					
7	Gaya Gesek	1,3					
8	Beban Angin	1,2					
9	Beban Gempa	1		9363,7	9363,7	67583,0	67583,0
			55455,0	9363,7	9363,7	67583,0	67583,0

Tabel 5.25 Rekap Kombinasi Beban Ultimit *Pile Cap*

Kombinasi Beban	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
	kN	kN	kN	kNm	kNm
Kombinasi Beban 1	63340,4	970,2	109,6	13747,5	992,0
Kombinasi Beban 2	63365,6	970,2	0,0	13747,5	0,0
Kombinasi Beban 3	63340,4	4773,4	109,6	55477,6	992,0
Kombinasi Beban 4	63433,7	4843,6	109,6	56355,1	992,0
Kombinasi Beban 5	55455,0	9363,7	9363,7	67583,0	67583,0

2. Pilar

Tabel 5.26 Rekap Beban pilar

No	Beban/Aksi	Kode	P	T_x	T_y	M_x	M_y
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	MS	27708,9				
2	Beban Mati Tambahan	MA	356,7				
3	Beban Lajur "D"	TD	356,7				
4	Beban Pedestrian	TP	51,9				
5	Gaya Rem	TB		500,0		6400,0	
6	Beban Suhu	ET		58,5		643,5	
7	Gaya Gesek	FB		3873,4		36797,5	
8	Beban Angin	EW	52,4		84,3		661,5
9	Beban Gempa	EQ		6188,5	6188,5	53537,5	53537,5

Tabel 5.24 Beban Ultimit Pilar

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	36021,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	642,1				
4	Beban Pedestrian	1,8	93,4				

Lanjutan Tabel 5.24

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
5	Gaya Rem	1,8		900,0		11520,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		772,2	
7	Gaya Gesek	1,3		5035,4		47836,7	
8	Beban Angin	1,2	62,9		101,1		793,8
9	Beban Gempa	1		6188,5	6188,5	53537,5	53537,5

Tabel 5.27 Beban Ultimit Pilar 1

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	36021,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	642,1				
4	Beban Pedestrian	1,8					
5	Gaya Rem	1,8		900,0		11520,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		772,2	
7	Gaya Gesek	1,3					
8	Beban Angin	1,2	62,9		101,1		793,8
9	Beban Gempa	1					
			37440,0	970,2	101,1	12292,2	793,8

Tabel 5.28 Beban Ultimit Pilar 2

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	36021,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	642,1				
4	Beban Pedestrian	1,8	93,4				
5	Gaya Rem	1,8		900,0		11520,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		772,2	
7	Gaya Gesek	1,3					
8	Beban Angin	1,2					
9	Beban Gempa	1					
			37470,4	970,2	0,0	12292,2	0,0

Tabel 5.29 Beban Ultimit Pilar 3

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	36021,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	642,1				
4	Beban Pedestrian	1,8					

Lanjutan Tabel 5.29

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
5	Gaya Rem	1,8		900,0		11520,0	
6	Beban Suhu	1,2					
7	Gaya Gesek	1,3		5035,4		47836,7	
8	Beban Angin	1,2	62,9		101,1		0,0
9	Beban Gempa	1					
			37440,0	5935,4	101,1	59356,7	0,0

Tabel 5.30 Beban Ultimit Pilar 4

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	36021,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	642,1				
4	Beban Pedestrian	1,8	93,4				
5	Gaya Rem	1,8		900,0		11520,0	
6	Beban Suhu	1,2		70,2		772,2	
7	Gaya Gesek	1,3		5035,4		47836,7	
8	Beban Angin	1,2	62,9		101,1		793,8

Lanjutan Tabel 5.30

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
9	Beban Gempa	1					
			37533,3	6005,6	101,1	60128,9	793,8

Tabel 5.31 Beban Ultimit Pilar 5

No	Beban/Aksi	k	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
			kN	kN	kN	kNm	kNm
1	Berat Sendiri	1,3	36021,5				
2	Beban Mati Tambahan	2	713,4				
3	Beban Lajur "D"	1,8	642,1				
4	Beban Pedestrian	1,8					
5	Gaya Rem	1,8					
6	Beban Suhu	1,2					
7	Gaya Gesek	1,3					
8	Beban Angin	1,2					
9	Beban Gempa	1		6188,5	6188,5	53537,5	53537,5
			37377,1	6188,5	6188,5	53537,5	53537,5

Tabel 5.32 Rekap Kombinasi Beban Ultimit Pilar

Kombinasi Beban	P_u	T_{ux}	T_{uy}	M_{ux}	M_{uy}
	kN	kN	kN	kNm	kNm
Kombinasi Beban 1	37440,0	970,2	101,1	12292,2	793,8
Kombinasi Beban 2	37470,4	970,2	0,0	12292,2	0,0
Kombinasi Beban 3	37440,0	5935,4	101,1	59356,7	0,0
Kombinasi Beban 4	37533,3	6005,6	101,1	60128,9	793,8
Kombinasi Beban 5	37377,1	6188,5	6188,5	53537,5	53537,5

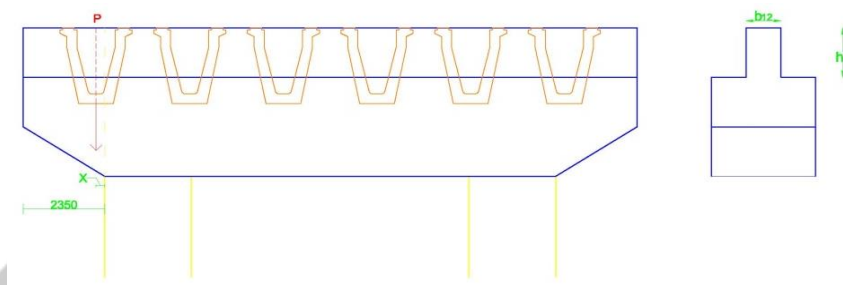
5.4 Penulangan Struktur Bawah

Penulangan struktur bawah ini bertujuan untuk menahan kuat tarik yang terjadi pada struktur beton bertulang. Perancangan tulangan ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu penulangan kepala pilar dan pilar.

5.4.1 Kepala Pilar

1. Kepala pilar atas

Kepala pilar bagian atas didesain sebagai pemilah antar bentang struktur atas yang ada dan pembebanan yang terdapat dibagian kepala pilar atas ini adalah beban terpusat yang ada kecuali beban terpusat akibat berat struktur atas itu sendiri. Dimensi dari kepala pilar bagian atas ini sudah disesuaikan dengan bentuk struktur atas yaitu PCU girder.



Gambar 5.14 Kepala Pilar Bagian Atas

Lengan gaya reaksi girder terhadap tepi dinding pilar, $= 0,25 \text{ m}$

Tabel 5.33 Beban Ultimit Kepala Pilar Bagian Atas

No	Jenis Beban	Kode	P	k	M_u	V_u
			kN		kNm	Kn
1	Berat mati tambahan	MA	356,72	2,0	178,36	713,4
2	Beban jalur "D"	TD	4342,92	1,8	1954,3	7817,3
3	Beban pejalan kaki	TP	51,86	1,8	23,3	93,4
4	Beban angin	EW	84,28	1,2	25,3	101,1
					2181,3	8725,2

Tulangan lentur kepala pilar bagian atas,

Momen rencana ultimit, $M_u = 2181,3 \text{ kNm}$

Tinggi kepala pilar atas, $h = 1500,0 \text{ mm}$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 100,0 \text{ mm}$

Mutu beton, $f_c' = 35 \text{ MPa}$

Modulus elastis baja, $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0,85$

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) = 0,038$$

$$R_{max} = 0.75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - 1/2 \times 0.75 \times \rho_b \times f_y / (0.85 \times f_c')] = 9,20$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,8$

Tinggi efektif kepala pilar atas, $d = h - d' = 1400,0 \text{ mm}$

Lebar kepala pilar atas, $b = 1000,0 \text{ mm}$

Momen nominal rencana, $M_n = M_u / \phi = 2726,6 \text{ kNm}$

Faktor tahanan momen, $R_n = M_n \times 10^6 / (b \times d^2) = 1,4$

($R_n < R_{max}$ OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}] = 0,0036$$

Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0,0035$

Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0,0036$

Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho \times b \times d = 4988,5 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan, $D = 25$

Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi / 4 \times D^2) = 10,2$

Digunakan tulangan, $12,00 \text{ D } 25$

Untuk menjamin daktilitas struktur, maka rasio tulangan tekan diambil

50% dari tulangan tarik. Digunakan tulangan tekan $6,00 \text{ D } 25$

Tulangan geser kepala pilar bagian atas,

Gaya geser ultimit, $V_u = 8725,2 \text{ kN}$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,60$

$$V_c = 1/6 \times (\sqrt{f_c'}) \times b \times d \times 10^{-3} = 1380,4 \text{ kN}$$

Gaya geser yang ditahan beton $\phi V_c = 828,3 \text{ kN}$

$V_u > V_c$ Perlu tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 7896,93 \text{ kN}$$

Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser, $V_s = 13161,6 \text{ kN}$

Diameter yang digunakan, $D = 22$, $n = 6$

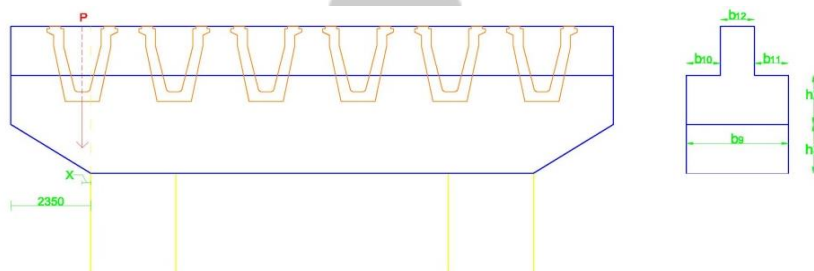
Luas tulangan geser $A_v = n \times \pi / 4 \times D^2 = 2281,71 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan geser yang diperlukan $S = A_v \times f_y \times d / V_s = 97 \text{ mm}$

Digunakan sengkang, $6 \text{ D } 22 - 75$

2. Kepala pilar bawah

Desain dari kepala pilar bagian bawah ini digunakan sebagai tumpuan dari struktur atas yang pembebanannya merupakan beban-beban terpusa dan demensinya sudah disesuaikan dengan bentuk struktur atas.



Gambar 5.15 Kepala Pilar Bagian Bawah

Lengan gaya reaksi girder terhadap tepi dinding pilar, $= 0,25 \text{ m}$

Tabel 5.34 Beban Ultimit Kepala Pilar Bagian Bawah

No	Jenis Beban	Kode	P	k	M_u	V_u
			kN		kNm	Kn
1	Berat sendiri	MS	21162,26	1,3	6877,7	27511
2	Berat mati tambahan	MA	356,72	2,0	178,36	713,44
3	Beban jalur "D"	TD	4342,92	1,8	1954,3	7817,3
4	Beban pejalan kaki	TP	51,86	1,8	23,34	93,35
5	Beban angin	EW	84,28	1,2	25,28	101,14
					9059,0	36236

Tulangan lentur kepala pilar bagian bawah,

Momen rencana ultimit, $M_u = 9059,0 \text{ kNm}$

Tinggi kepala pilar bawah, $h = 3000,0 \text{ mm}$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 100,0 \text{ mm}$

Modulus elastis baja, $= 200000 \text{ MPa}$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0,85$

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) = 0,038$$

$$R_{max} = 0.75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - 1/2 \times 0.75 \times \rho_b \times f_y / (0.85 \times f_c')] = 9,20$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,8$

Tinggi efektif kepala pilar bawah, $d = h - d' = 2900,0 \text{ mm}$

Lebar kepala pilar bawah, $b = 3000,0 \text{ mm}$

Momen nominal rencana, $M_n = M_u / \phi = 11324 \text{ kNm}$

Faktor tahanan momen, $R_n = M_n \times 10^6 / (b \times d^2) = 0,449$

($R_n < R_{max}$ OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}] = 0,001$$

Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0,004$

Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0,004$

Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho \times b \times d = 30450 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan, D 32

Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi / 4 \times D^2) = 37,8$

Digunakan tulangan, 40,00 D 32

Untuk menjamin daktilitas struktur, maka rasio tulangan tekan diambil

50% dari tulangan tarik. Digunakan tulangan tekan 20,00 D 32

Tulangan geser kepala pilar bagian bawah,

Gaya geser ultimit, $V_u = 36236 \text{ kN}$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,6$

$$V_c = 1/6 \times (\sqrt{f_c'}) \times b \times d \times 10^{-3} = 8578 \text{ kN}$$

Gaya geser yang ditahan beton $\phi V_c = 5147 \text{ kN}$

$V_u > V_c$ Perlu tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 31089 \text{ kN}$$

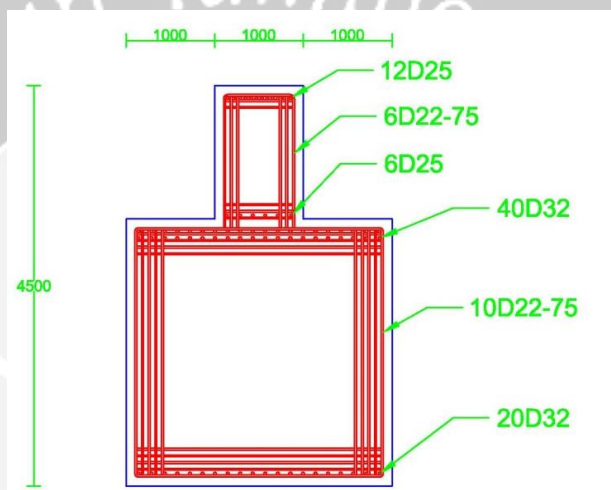
Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser, $V_s = 51815 \text{ kN}$

Diameter yang digunakan, $D = 22$, $n = 10$

Luas tulangan geser, $A_v = n \times \pi / 4 \times D^2 = 3803 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan geser yang diperlukan $S = A_v \times f_y \times d / V = 85 \text{ mm}$

Digunakan sengkang, $10 \text{ D } 22 - 75$



Gambar 5.16 Detail Tulangan Struktur Kepala Pilar

5.4.2 Pilar

Luas total penampang pilar, $A_p = (b_2 \times b_8) + (b_4 \times b_8) = 15 \text{ m}$

Lebar ekivalen pilar, $B_e = A_p / b_8 = 5 \text{ m}$

Kontrol stabilitas pilar

1. Pengaruh berat struktur,

Berat sendiri struktur atas, $P_{MS atas} = 21162,26 \text{ kN}$

Beban mati tambahan, $P_{MA} = 356,72 \text{ kN}$

Berat kepala pilar, $W_{kp} = 4206,60 \text{ kN}$

Berat pilar, $W_p = 2340,00 \text{ kN}$

Berat total struktur atas, $W_a = 21518,98 \text{ kN}$

Berat struktur bawah, $W_b = 5376,60 \text{ kN}$

Perbandingan berat, $W_b / W_a = 24,99 \% > 20\%$

Tidak memerlukan analisis dinamik

2. Pengaruh P-Delta

Gaya aksial ultimit pilar, $P_u = 37377,1 \text{ kN}$

Momen ultimit pilar, $M_u = 60128,9 \text{ kNm}$

Inersia penampang pilar, $I_c = 1/12 \times b_e^4 = 52,1 \text{ m}^4$

Modulus elastis beton, $E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 27805,6 \text{ MPa}$
 $= 27805575 \text{ kPa}$

Lendutan, $\Delta = M_u \times h_b^2 / (2 \times E_c \times I_c) = 0,0009 \text{ m}$

Momen akibat pengaruh P-delta, $M_d = P_u \times \Delta = 32,8 \text{ kNm}$

$5\% \times M_u = 3006,4 \text{ kNm}$

$M_d < 5\% \times M_u$, maka efek P-delta dapat diabaikan.

Tabel 5.35 Kontrol P-delta untuk Kombinasi Beban Ultimit

Kombinasi Beban	P_u	M_{ux}	Δ	M_d	$5\% \times M_u$	Keterangan
Kombinasi Beban 1	37440,0	12292,2	0,00018	6,7132	1872,0	$M_d < 5\% \times M_u$
Kombinasi Beban 2	37470,4	12292,2	0,00001	0,3578	1873,5	$M_d < 5\% \times M_u$
Kombinasi Beban 3	37440,0	59356,7	0,00005	1,7263	1872,0	$M_d < 5\% \times M_u$
Kombinasi Beban 4	37533,3	60128,9	0,00005	1,7532	1876,7	$M_d < 5\% \times M_u$
Kombinasi Beban 5	37377,1	53537,5	0,00023	8,4633	1868,9	$M_d < 5\% \times M_u$

3. Pengaruh Buckling

Jari-jari inersia penampang pilar, $r = \sqrt{I_c/A} = 1,86 \text{ m}$

Faktor panjang tekuk (jepit-bebas), $K = 2,20$

Angka kelangsingan, $K \times L_c / r = 7,67 < 22$

Pengaruh buckling dapat diabaikan

Tulangan tekan dan tarik pilar

$$\alpha = P_u / (f_c' \times A)$$

$$\beta = M_u / (f_c' \times A \times h)$$

Tabel 5.36 Nilai α dan β berdasarkan kombinasi beban

No	Kombinasi Beban	P_u	M_u	α	β
		kN	kNm		
1	Kombinasi 1	37440,0	12292,2	0,071	0,009
2	Kombinasi 2	37470,4	12292,2	0,071	0,009
3	Kombinasi 3	37440,0	59356,7	0,071	0,045
4	Kombinasi 4	37533,3	60128,9	0,071	0,046
5	Kombinasi 5	37377,1	53537,5	0,071	0,041

Diperoleh rasio tulangan yang diperlukan, $\rho = 1,00\%$

Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho \times A \times 10^6 = 150000 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan, $D = 32 \text{ mm}$

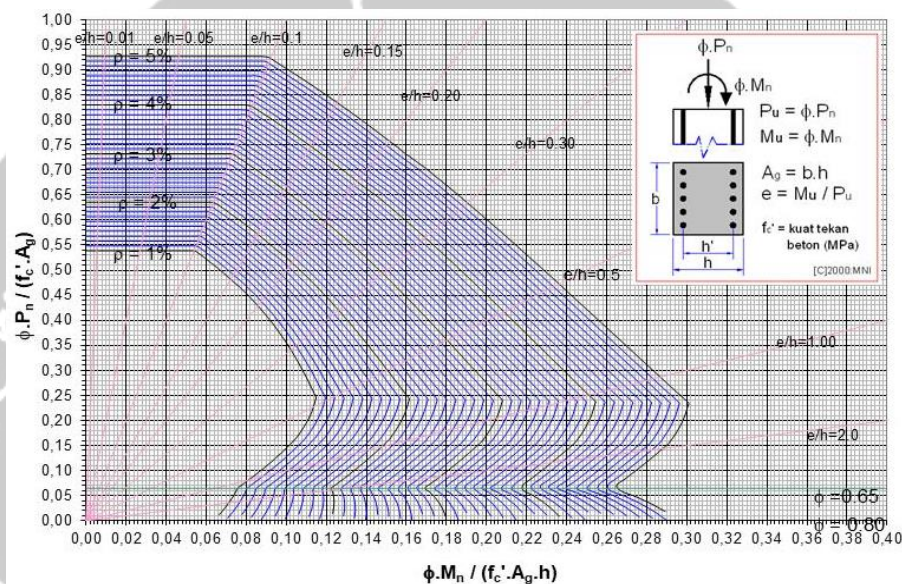
Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi / 4 \times D^2) = 186,43 \text{ buah}$

Digunakan tulangan, 188 D 32 untuk 2 pilar

Digunakan tulangan, 94 D 32 untuk 1 pilar

As terpakai, = 151259,43 mm²

Rasio tulangan yang total, $\rho = 1,01\%$



Gambar 5.17 Diagram Interaksi Kolom Segi Empat

Tulangan geser pilar arah memanjang jembatan

Lebar pilar arah memanjang, $b = 5,00 \text{ m} = 5000 \text{ mm}$

Tebal pilar arah memanjang, $h = 3,00 \text{ m} = 3000 \text{ mm}$

Tinggi pilar, $L = 6,50 \text{ m} = 6500 \text{ mm}$

Gaya aksial ultimit rencana, $P_u = 37377,1 \text{ kN}$

Momen ultimit rencana, $M_u = 60128,9 \text{ kNm}$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\varphi = 0,6$

Luas tulangan longitudinal kolom pier, $A_s = 151259 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 100 \text{ mm}$

Gaya geser ultimit akibat momen, $V_u = M_u / L = 9250,6 \text{ kN}$

Gaya geser ultimit akibat gaya lateral, $V_u = T_{ux} / B_e = 1238 \text{ kN}$

Maka diambil gaya geser ultimit rencana, $V_u = 9250,6 \text{ kN}$

$$d = h - d' = 2900 \text{ mm}$$

$$V_{cmax} = 0,2 \times f_c' \times b \times d \times 10^{-3} = 101500 \text{ kN}$$

Kontrol kapasitas geser penampang, $\phi \times V_{cmax} = 60900 \text{ kN}$

$$\beta_1 = 1,4 - d / 2000 = -0,1 < 1$$

maka diambil, $\beta_1 = 1,00$

$$\beta_2 = 1 + P_u \times 10^3 / (14 \times f_c' \times b \times h) = 1,01$$

$$\beta_3 = 1,00$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b \times d \times [A_s \times f_c' / (b \times d)]^{1/3} \times 10^3 = 10416 \text{ kN}$$

$$V_c = V_{uc} + 0,6 \times b \times d = 10425 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,3 \times (\sqrt{f_c'}) \times b \times d \times \sqrt{[1 + 0,3 \times P_u / (b \times d)]} = 22646 \text{ kN}$$

diambil $V_c = 22646 \text{ kN}$

$$\phi V_c = 13587 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u$ hanya perlu tulangan geser minimum

Gaya yang dipikul oleh tulangan geser, $V_s = V_u / \phi = 15417,7 \text{ kN}$

Untuk tulangan geser digunakan 8 D 19

Luas tulangan geser, $A_{sv} = n \times \pi / 4 \times D^2 = 2269,14 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan geser yang diperlukan $S_x = A_{sv} \times f_y \times d / V_s = 170,73 \text{ mm}$

Digunakan tulangan geser, 8 D 19 - 150

Tulangan geser pilar arah melintang jembatan

Lebar pilar arah melintang, $b = 3,00 \text{ m} = 3000 \text{ mm}$

Tebal pilar arah melintang, $h = 5,00 \text{ m} = 5000 \text{ mm}$

Tinggi pilar, $L = 6,50 \text{ m} = 6500 \text{ mm}$

Gaya aksial ultimit rencana, $P_u = 37377,1 \text{ kN}$

Momen ultimit rencana, $M_u = 53537,5 \text{ kNm}$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,6$

Luas tulangan longitudinal kolom pier, $A_s = 151259 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 100 \text{ mm}$

Gaya geser ultimit akibat momen, $V_u = M_u / L = 8236,5 \text{ kN}$

Gaya geser ultimit akibat gaya lateral, $V_u = T_{ux} / B_e = 1238 \text{ kN}$

Maka diambil gaya geser ultimit rencana, $V_u = 8236,5 \text{ kN}$

$$d = h - d' = 4900 \text{ mm}$$

$$V_{cmax} = 0,2 \times f_c' \times b \times d \times 10^{-3} = 102900 \text{ kN}$$

Kontrol kapasitas geser penampang, $\phi \times V_{cmax} = 61740 \text{ kN}$

$$\beta_1 = 1,4 - d / 2000 = -1,1 < 1$$

maka diambil, $\beta_1 = 1,00$

$$\beta_2 = 1 + P_u \times 10^3 / (14 \times f_c' \times b \times h) = 1,01$$

$$\beta_3 = 1,00$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b \times d \times [A_s \times f_c' / (b \times d)]^{1/3} \times 10^3 = 10512 \text{ kN}$$

$$V_c = V_{uc} + 0,6 \times b \times d = 10521 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,3 \times (\sqrt{f_c'}) \times b \times d \times \sqrt{[1 + 0,3 \times P_u / (b \times d)]} = 22801 \text{ kN}$$

$$\text{diambil } V_c = 22801 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 13681 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u$ hanya perlu tulangan geser minimum

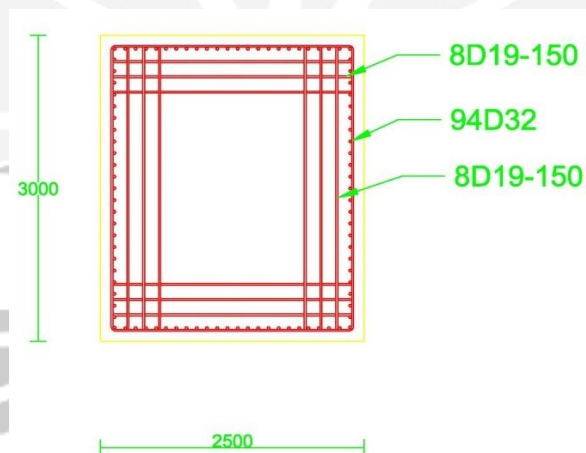
$$\text{Gaya yang dipikul oleh tulangan geser, } V_s = V_u / \phi = 13728 \text{ kN}$$

Untuk tulangan geser digunakan 8 D 19

$$\text{Luas tulangan geser, } A_{sv} = n \times \pi / 4 \times D^2 = 2269,14 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan geser yang diperlukan } S_y = A_{sv} \times f_y \times d / V_s = 323,98 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan geser, 8 D 19 - 150



Gambar 5.18 Detail Tulangan Struktur Pilar

5.5 Perancangan Fondasi

5.5.1 Daya Dukung Aksial Ijin Tiang Bor

1. Berdasarkan kekuatan bahan

$$\text{Diameter tiang bor, } D = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tiang bor, } L_p = L = 20,00 \text{ m}$$

$$\text{Tegangan ijin beton, } f_c = 0,3 \times f_c' \times 1000 = 10500 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Luas penampang tiang bor, } A = \pi / 4 \times D^2 = 0,7854 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat tiang bor, } W = A \times L \times W_c = 376,99 \text{ kN}$$

$$\text{Daya dukung ijin tiang bor, } P_{ijin} = A \times f_c - W = 7869,7 \text{ kN}$$

2. Berdasarkan hasil pengujian SPT

$$q_p = 40 \times N' \times A_p \text{ (ton/m}^2\text{)} \quad , \quad \text{dimana } N' = \text{Nilai SPT terkoreksi}$$

$$q_b = 2 \times N' \times A_b \times l \text{ (ton/m}^2\text{)}$$

$$q_{ult} = q_p + q_b$$

$$\text{Luas penampang tiang bor, } A_p = 0,7854 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling penampang tiang bor, } A_b = 3,1416 \text{ m}$$

$$\text{Nilai SPT untuk daya dukung ujung, } N = 55$$

$$\text{Nilai SPT terkoreksi, } N' = 15 + 1/2 \times (N - 15) = 35$$

$$q_p = 1099,6 \text{ ton/m}^2 = 10996 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Nilai SPT untuk tahanan geser selimut, } N = 309$$

$$\text{Nilai SPT terkoreksi, } N' = 15 + 1/2 \times (N - 15) = 162$$

$$q_p = 3883 \text{ ton/m}^2 = 38830 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ult} = q_p + q_b = 49826$$

Angka aman, $SF = 3$

Daya dukung ijin tiang bor, $P_{ijin} = q_{ult} / SF = 16608,6 \text{ kN}$

Jumlah baris tiang bor, $n_y = 5 \text{ buah}$

Jumlah tiang bor dalam satu baris $n_x = 5 \text{ buah}$

Jarak antara tiang bor, $Y = 4 \text{ m}$

$$X = 4 \text{ m}$$

Jarak antara tiang bor terkecil, $S = 4 \text{ m}$

Efisiensi kelompok tiang bor,

$$Ef = [2 \times (n_y + n_x - 2) \times S + 4 \times D] / (\pi \times D \times n_y \times n_x) = 0,87$$

$$P_{ijin} = P \times Ef = 6814 \text{ kN}$$

Daya dukung aksial ijin tiang bor diambil, $P_{ijin} = 6800 \text{ kN}$

5.5.2 Daya Dukung Lateral Ijin Tiang Bor

Kedalaman ujung tiang atas, $L_a = h_a = 2,0 \text{ m}$

Sudut gesek, $\phi = 30^\circ$

Panjang tiang bor, $L = 20 \text{ m}$

Panjang jepitan tiang bor, $L_d = 1/3 \times L = 6,67 \text{ m}$

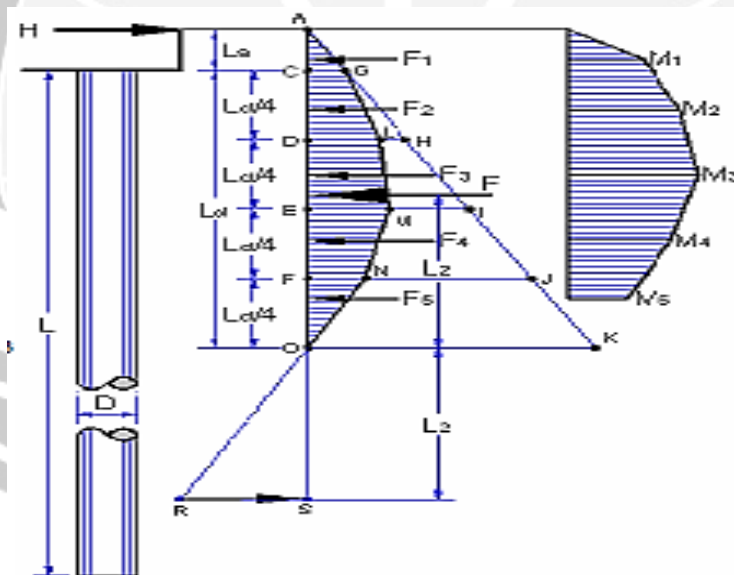
Berat volume tanah. $W_s = 18 \text{ kN/m}^3$

$$B_y = 20 \text{ m}$$

Koefisien tekanan tanah pasif, $Kp = \tan^2 (45^\circ + \phi/2) = 3$

Tabel 5.37 Tekanan Tanah Pasif Efektif pada *Bored Pile*

Bagian	Kedalaman	H	$H \times W_s \times K_p$	Bagian	p
		m	(kN/m ²)		kN/m ²
O-K	$L_a + L_d$	8,7	468	O	0,00
F-J	$L_a + 3/4 \times L_d$	7,0	378	$1/4 \times H \times W_s \times K_p$	94,50
E-I	$L_a + 1/2 \times L_d$	5,3	288	$1/2 \times H \times W_s \times K_p$	144,00
D-H	$L_a + 1/4 \times L_d$	3,7	198	$3/4 \times H \times W_s \times K_p$	148,50
C-G	L_a	2,0	108	$H \times W_s \times K_p$	108,00



Gambar 5.19 Diagram Tekanan Tanah pada fondasi

Tabel 5.38 Gaya dan Momen pada Bored Pile

Kode	p_1	p_2	Panjang bagian		F	Lengan terhadap O	M
	kN/m ²	kN/m ²	Notasi	m	kN	(m)	kNm
F1	0,00	108,00	L_a	2	2160,00	7,27	15696,00
F2	108,00	148,50	$L_d/4$	1,67	4275,00	5,83	24937,50
F3	148,50	144,00	$L_d/4$	1,67	4875,00	4,17	20312,50
F4	144,00	94,50	$L_d/4$	1,67	3975,00	2,50	9937,50
F5	94,50	0,00	$L_d/4$	1,67	1575,00	1,12	1758,75
$F =$					16860,00	$M =$	72642,25

$$L_2 = M / F = 4,31 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah momen terhadap titik S } \sum M_s = 0$$

$$\text{Maka } F \times (2 \times L_2) = H \times (L_2 + L_d + L_a)$$

$$\text{Gaya lateral, } H = F \times (2 \times L_2) / (L_2 + L_d + L_a) = 11197 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya lateral satu tiang bor, } h = H / (n_x \times n_y) = 447,88 \text{ kN}$$

$$\text{Angka aman, } SF = 1,20$$

$$\text{Daya dukung lateral ijin tiang bor, } h_{ijin} = h / SF = 373,24 \text{ kN}$$

$$\text{Diambil daya dukung lateral ijin tiang bor, } h_{ijin} = 373 \text{ kN}$$

5.5.3 Momen Pada Tiang Bor Akibat Gaya Lateral

$$\text{Beban maksimum pada bored pile, } P_{max} = P_{ijin} = 6800 \text{ kN}$$

Kedalaman *bored pile* , $Z = L_a + L = 22000 \text{ mm}$

Diameter *bored pile* , $D = 1000 \text{ mm}$

Modulus elastik beton, $E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 27806 \text{ MPa}$

Momen Inersia penampang tiang bor, $I_c = \pi/64 \times D^4 = 5E+10 \text{ mm}^4$

Untuk tanah berpasir maka nilai, $kl = 550 \text{ MPa}$

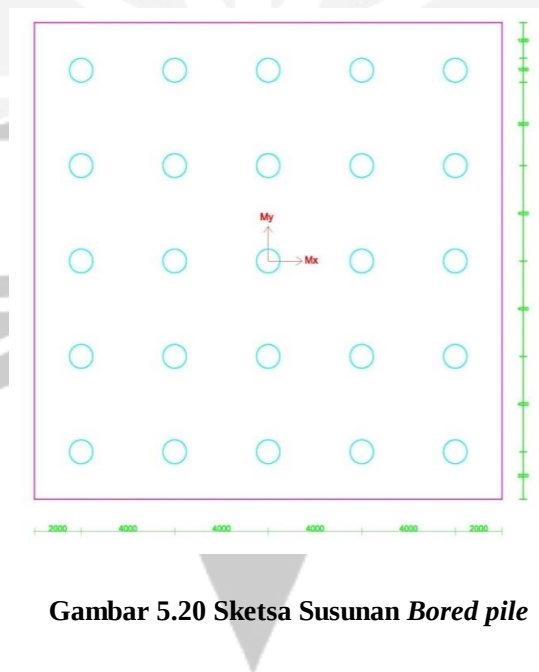
$K = kl \times Z / D = 12100 \text{ MPa}$

$\lambda = 40 \sqrt{[D \times K / (4 \times E_c \times I_c)]} = 0,0019$

Eksentrisitas, $e = 0,322 / \lambda = 0,17 \text{ m}$

Momen maksimum pada tiang bor, $M_{max} = P_{max} \times e = 1162,8 \text{ kNm}$

5.5.4 Gaya yang diterima tiang bor



Gambar 5.20 Sketsa Susunan Bored pile

Tabel 5.39 Statis Momen Kelompok bored Pile

X	X^2	n	ΣX^2	$Y (m)$	Y^2	n	ΣY^2
m	m ²		m ²	m	m ²		m ²
8	64	5	320	8	64	5	320
4	16	5	80	4	16	5	80
0	0	5	0	0	0	5	0
4	16	5	80	4	16	5	80
8	64	5	320	8	64	5	320
$\Sigma X^2 =$			800	$\Sigma Y^2 =$			800

5.5.5 Tinjauan terhadap kombinasi beban arah X

$$P_u = P/n + M_x \times X/\Sigma X^2$$

$$n = 25$$

Tabel 5.40 Gaya Aksial pada bored Pile Akibat Beban Arah X

Kombinasi Beban	P	M_x	P/n	$M_x \times X/\Sigma X^2$	P_u
	kN	kNm	kN	kN	kN
Kombinasi -1	63340,36	13747,50	2533,61	137,48	2671,09
Kombinasi-2	63365,57	13747,50	2534,62	137,48	2672,10
Kombinasi-3	63340,36	55477,59	2533,61	554,78	3088,39

Lanjutan Tabel 5.40

Kombinasi Beban	P	M_x	P/n	$M_x \times X/\Sigma X^2$	P_u
	kN	kNm	kN	kN	kN
Kombinasi-4	63433,71	56355,09	2537,35	563,55	3100,90
Kombinasi-5	55454,96	67583,00	2218,20	675,83	2894,03

5.5.6 Tinjauan terhadap kombinasi beban arah Y

$$P_u = P/n + M_y \times Y/\Sigma Y^2$$

$$n = 25$$

Tabel 5.41 Gaya Aksial pada Bored Pile Akibat Beban Arah Y

Kombinasi Beban	P	M_y	P/n	$M_y \times Y/\Sigma Y^2$	P_u
	kN	kNm	kN	kN	kN
Kombinasi -1	63340,36	992,04	2533,61	9,92	2543,53
Kombinasi-2	63365,57	0,00	2534,62	0,00	2534,62
Kombinasi-3	63340,36	992,04	2533,61	9,92	2543,53
Kombinasi-4	63433,71	992,04	2537,35	9,92	2547,27
Kombinasi-5	55454,96	67583,00	2218,20	675,83	2894,03

5.5.7 Gaya lateral pada tiang bor

Gaya lateral yang diderita satu tiang bor, $h = T/n$

$$n = 25$$

Tabel 5.42 Gaya Lateral pada Bored Pile

Kombinasi Beban	T_x	T_y	h_x	h_y	h_{max}
	kN	kN	kN	kN	kN
Kombinasi -1	970,20	109,57	38,81	4,38	38,81
Kombinasi-2	970,20	0,00	38,81	0,00	38,81
Kombinasi-3	4773,42	109,57	190,94	4,38	190,94
Kombinasi-4	4843,62	109,57	193,74	4,38	193,74
Kombinasi-5	9363,66	9363,66	374,55	374,55	374,55

5.5.8 Kontrol daya dukung ijin tiang bor

Tabel 5.43 Cek Keamanan Bored Pile terhadap Gaya Aksial Arah X

Kombinasi Beban	P_{ijin}	P_u	Kontrol terhadap Daya Dukung Ijin	P_{ijin}	Keterangan
	%	kN		kN	
Kombinasi -1	100%	2671,09	$< 100\% \times P_{ijin} =$	6800	AMAN
Kombinasi-2	125%	2672,10	$< 125\% \times P_{ijin} =$	8500	AMAN
Kombinasi-3	140%	3088,39	$< 140\% \times P_{ijin} =$	9520	AMAN
Kombinasi-4	140%	3100,90	$< 140\% \times P_{ijin} =$	9520	AMAN
Kombinasi-5	150%	2894,03	$< 150\% \times P_{ijin} =$	10200	AMAN

Tabel 5.44 Cek Keamanan *Bored Pile* terhadap Gaya Aksial Arah Y

Kombinasi Beban	P_{ijin}	P_u	Kontrol terhadap Daya Dukung Ijin	P_{ijin}	Keterangan
	%	kN		kN	
Kombinasi -1	100%	2543,53	$< 100\% \times P_{ijin} =$	6800	AMAN
Kombinasi-2	125%	2534,62	$< 125\% \times P_{ijin} =$	8500	AMAN
Kombinasi-3	140%	2543,53	$< 140\% \times P_{ijin} =$	9520	AMAN
Kombinasi-4	140%	2547,27	$< 140\% \times P_{ijin} =$	9520	AMAN
Kombinasi-5	150%	2894,03	$< 150\% \times P_{ijin} =$	10200	AMAN

Tabel 5.45 Cek Keamanan *Bored Pile* terhadap Gaya Lateral

Kombinasi Beban	h_{ijin}	h_{max}	Kontrol terhadap Daya Dukung Ijin	h_{ijin}	Keterangan
	%	kN		kN	
Kombinasi -1	100%	38,81	$< 100\% \times P_{ijin} =$	373	AMAN
Kombinasi-2	125%	38,81	$< 125\% \times P_{ijin} =$	466	AMAN
Kombinasi-3	140%	190,94	$< 140\% \times P_{ijin} =$	522	AMAN
Kombinasi-4	140%	193,74	$< 140\% \times P_{ijin} =$	522	AMAN
Kombinasi-5	150%	374,55	$< 150\% \times P_{ijin} =$	560	AMAN

5.5.9. Pembesian *bored pile*

1. Tulangan longitudinal tekan lentur

Gaya aksial maksimum tiang bor, $P_{max} = P_{ijin} = 6800 \text{ kN}$

Momen maksimum pada tiang bor, $M_{max} = 1162,8 \text{ kNm}$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,8$

Faktor beban ultimit, $K = 1,5$

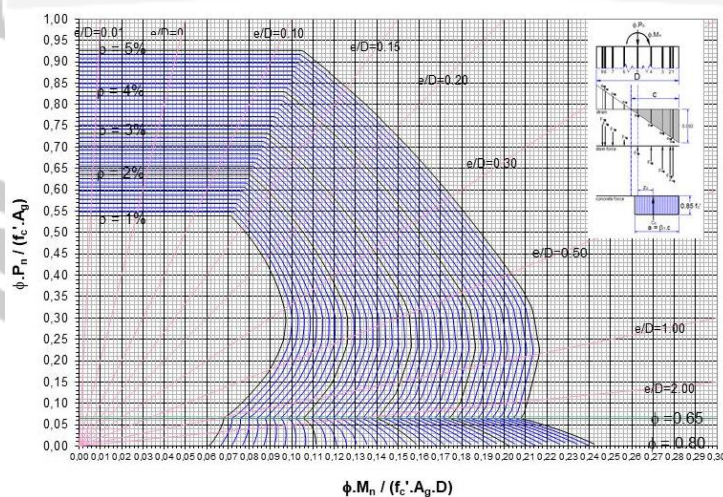
Gaya aksial ultimit, $P_u = \phi P_n = K \times \phi \times P_{max} = 8160 \text{ kN}$

Momen ultimit, $M_u = \phi M_n = K \times \phi \times M_{max} = 1395,3 \text{ kNm}$

Luas penampang *bored pile*, $A = 785398 \text{ mm}^2$

$$\phi P_n / (f_c' \times A) = 0,30$$

$$\phi M_n / (f_c' \times A \times D) = 0,05$$



Gambar 5.21 Diagram Interaksi Kolom Lingkaran

Plot ke diagram interaksi kolom lingkaran.

diperoleh, $\rho = 1\%$

Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho \times A = 7853,9816 \text{ mm}^2$

Digunakan diameter tulangan, $D = 19 \text{ mm}$

Luas tulangan yang digunakan, $A = \pi / 4 \times D^2 = 283,52874 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = 28$ buah

Digunakan tulangan $28 \text{ } D = 19$

2. Tulangan geser

Panjang *bored pile*, $L = 20000 \text{ mm}$

Diameter *bored pile*, $D = 1000 \text{ mm}$

Luas tulangan *bored pile*, $A_s = 7854 \text{ mm}^2$

Gaya aksial ultimit, $P_u = 8160 \text{ kN}$
 $= 8160000 \text{ N}$

Momen ultimit, $M_u = 1395,3 \text{ kNm}$
 $= 1,395\text{E}+09 \text{ Nmm}$

Gaya lateral ijin, $h_{ijin} = 373 \text{ kN}$
 $= 373000 \text{ N}$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,6$

Gaya geser ultimit akibat momen, $V_u = M_u / L = 69766 \text{ N}$

Akibat gaya lateral, $V_u = K \times h_{ijin} = 559500 \text{ N}$

Ambil gaya geser ultimit yang lebih besar, $V_u = 559500 \text{ N}$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 100 \text{ mm}$

Luas penampang tiang bor, $A = 785398 \text{ mm}^2$

Tebal ekivalen penampang, $h = \sqrt{A} = 886,23 \text{ mm}$

Lebar penampang ekivalen, $b = h = 886,23 \text{ mm}$

Tebal efektif, $d = h - d' = 786,23 \text{ mm}$

$V_c = [1 + P_u / (14 \times A)] \times (\sqrt{f'_c}) / 6 \times b \times d = 1349117,9 \text{ N}$

$V_c > V_u$ hanya perlu tulangan geser minimum

Gaya yang dipikul oleh tulangan geser, $V_s = V_u / \phi = 932500 \text{ N}$

Untuk tulangan geser digunakan, 2 D 16

Luas tulangan sengkang, $A_{sv} = 402,12 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan perlu, $S = A_{sv} \times f_y \times d / V_s = 135,62 \text{ mm}$

Digunakan sengkang, 2 D 16 - 125



Gambar 5.22 Detail Tulangan Struktur Bored pile

5.4.10 Pembesian *pile cap*

Momen dan gaya geser pada *pile cap* akibat reaksi tiang,

$$X_1 = 8,00 \text{ m} \quad \Sigma X^2 = 800 \text{ m}^2 \quad n = 25 \text{ buah}$$

$$X_2 = 4,00 \text{ m} \quad h = 1,50 \text{ m} \quad n_y = 5,00 \text{ buah}$$

$$X_3 = 0,00 \text{ m}$$

Gaya aksial ultimit yang diterima satu tiang bor:

$$P_i = P_u / n + M_{ux} \times X_i / \Sigma X^2$$

Tabel 5.46 Gaya Aksial Ultimit yang Diterima Satu Tiang Bor

Kombinasi Beban	P_u	M_u	P_1	P_2	P_2
	kN	kNm	kN	kN	kN
Kombinasi -1	63340,36	13747,50	2671,09	2602,35	2533,61
Kombinasi -2	63365,57	13747,50	2672,10	2603,36	2534,62
Kombinasi -3	63340,36	55477,59	3088,39	2811,00	2533,61
Kombinasi -4	63433,71	56355,09	3100,90	2819,12	2537,35
Kombinasi -5	55454,96	67583,00	2894,03	2556,11	2218,20

Momen ultimit pile cap akibat reaksi tiang, $M_{up} = \Sigma [n_y \times P_i \times (X_i - h/2)]$

Gaya geser ultimit pile cap akibat reaksi tiang, $V_{up} = \Sigma [n_y \times P_i]$

Tabel 5.47 Momen dan gaya geser pada pile cap akibat reaksi tiang

X_i	$X_i-h/2$	P_i	$n_y \times p_i$	M_{upi}
m	m	kN	kN	kNm
8,00	7,25	3101	15504,50	112407,60
4,00	3,25	2819	14095,62	45810,76
0,00	-0,75			
			29600,11	158218,36

Gaya ultimit maksimum (rencana) tiang bor, $P_{max} = 3100,90 \text{ kN}$

Momen dan gaya geser akibat berat sendiri *pile cap*,

Berat, $W = 14400 \text{ kN}$

Lengan, $X_w = 0,75 \text{ m}$

Momen, $M_s = 10800 \text{ kNm}$

Faktor beban ultimit, $K = 1,3$

Momen ultimit akibat berat *pile cap*, $M_{us} = K \times M_s = 14040 \text{ kNm}$

Gaya geser akibat berat *pile cap*, $V_{us} = K \times W = 18720 \text{ kN}$

Momen dan gaya geser ultimit rencana *pile cap*,

Momen ultimit rencana *pile cap*, $M_{ur} = M_{up} - M_{us} = 144178 \text{ kNm}$

Lebar *pile cap*, $B_y = 20 \text{ m}$

Momen ultimit per meter lebar, $M_u = M_{ur}/B_y = 7208,9 \text{ kNm}$

Gaya geser rencana, $V_{ur} = V_{up} - V_{us} = 15200 \text{ kN}$

Gaya geser ultimit per meter lebar, $V_u = V_{ur} / B_y = 760,01 \text{ kN}$

1. Tulangan lentur

Momen rencana ultimit, $M_u = 7208,9 \text{ kNm}$

Tebal *pile cap*, $h = 1500 \text{ mm}$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 100 \text{ mm}$

Modulus elastisitas baja, $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Faktor distribusi tegangan leleh beton, $\beta_1 = 0,85$

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) = 0,038$$

$$R_{max} = 0.75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - 1/2 \times 0.75 \times \rho_b \times f_y / (0.85 \times f_c')] = 9,203$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,8$

Tebal efektif, $d = h - d' = 1400 \text{ mm}$

Lebar *pile cap* yang ditinjau, $b = 1000 \text{ mm}$

Momen nominal rencana, $M_n = M_u / \phi = 9011,1 \text{ kNm}$

Faktor tahanan momen, $R_n = M_n \times 10^6 / (b \times d^2) = 4,5975$

($R_n < R_{max}$ OK)

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0.85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}] = 0,013$$

Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 25\% \times 1,4 / f_y = 0,001$

Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0,013$

Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho \times b \times d = 17574 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan, $2 D \quad 25$

Jarak tul. perlu, $S = n \times \pi/4 \times D^2 \times b / A_s = 55,862 \text{ mm}$

Digunakan tulangan, $2 D \quad 25 \quad - \quad 50$

$A_s = \pi/4 \times D^2 \times b / S = 9817,5 \text{ mm}^2$

Untuk tulangan bagi diambil 50% tulangan pokok,

$A_s' = 50\% \times A_s = 4908,7 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan, $D \quad 25$

Jarak tul. perlu, $S = \pi/4 \times D^2 \times b / A_s = 100 \text{ mm}$

Digunakan tulangan, $D \quad 25 \quad - \quad 50$

2. Tulangan geser

Gaya geser ultimit, $V_u = 760006 \text{ N}$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,6$

Kapasitas geser ultimit, $V_{ucmax} = 0,5 \times \phi \times \sqrt{f_c'} \times b \times d = 2484753,5 \text{ N}$

$V_u < V_{ucmax}$ dimensi aman terhadap geser

$V_c = 1/6 \times (\sqrt{f_c'}) \times b \times d = 1E+06 \text{ N}$

Gaya geser yang ditahan beton $\phi \times V_c = 828251 \text{ N}$

$\phi V_c > V_u$ hanya tulangan geser minimum

Gaya geser yang ditahan tulangan $V_s = V_u / \phi = 1266676,2 \text{ N}$

Diameter tulangan yang digunakan, $D = 19$

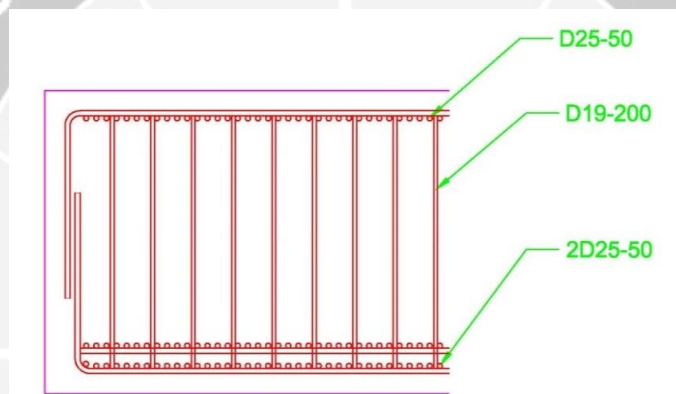
Ambil jarak arah Y, $S_y = 200$ mm

Luas tulangan geser, $A_v = \pi / 4 \times D^2 \times b / S_y = 1417,6$ mm²

Jarak tul.geser perlu arah X, $S_x = A_v \times f_y \times d / V_s = 626,74$ mm

Digunakan tulangan, $D = 19$ - $S_x = 200$ mm

$S_y = 200$ mm



Gambar 5.23 Detail Tulangan *Pile Cap*

5.5.11 Kontrol terhadap geser pons

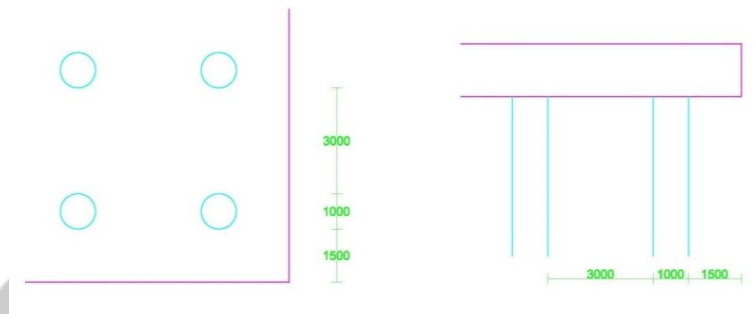
Kuat geser pons yang diisyaratkan, $f_v = 0,3 \times \sqrt{f_c'} = 1,77$ MPa

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,6$

Jarak antara tiang bor arah X, $X = 4000$ m

Jarak antara tiang bor arah Y, $Y = 4000$ m

Jarak tiang bor terhadap tepi *pile cap*, $a = 1500$ m



Gambar 5.24 Tinjauan Geser Pons

$$r = X / 2 = 2000 \text{ m}$$

$$r = Y / 2 = 2000 \text{ m} \text{ maka diambil, } r = 2000 \text{ mm}$$

$$h_a = h_p = 1500 \text{ mm}$$

$$b_7 = L_t = 8500 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal bidang kritis geser pons, } h = h_p + (r + a) / L_t = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif bidang kritis, } d = h - d' = 1400 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang total bidang kritis, } L_v = 2 \times (r + a) + \pi / 2 \times r = 10142 \text{ mm}$$

$$\text{Luas bidang kritis, } A_v = L_v \times h = 1,52\text{E}+07 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gaya geser pons nominal, } P_n = A_v \times f_v = 27006724 \text{ N}$$

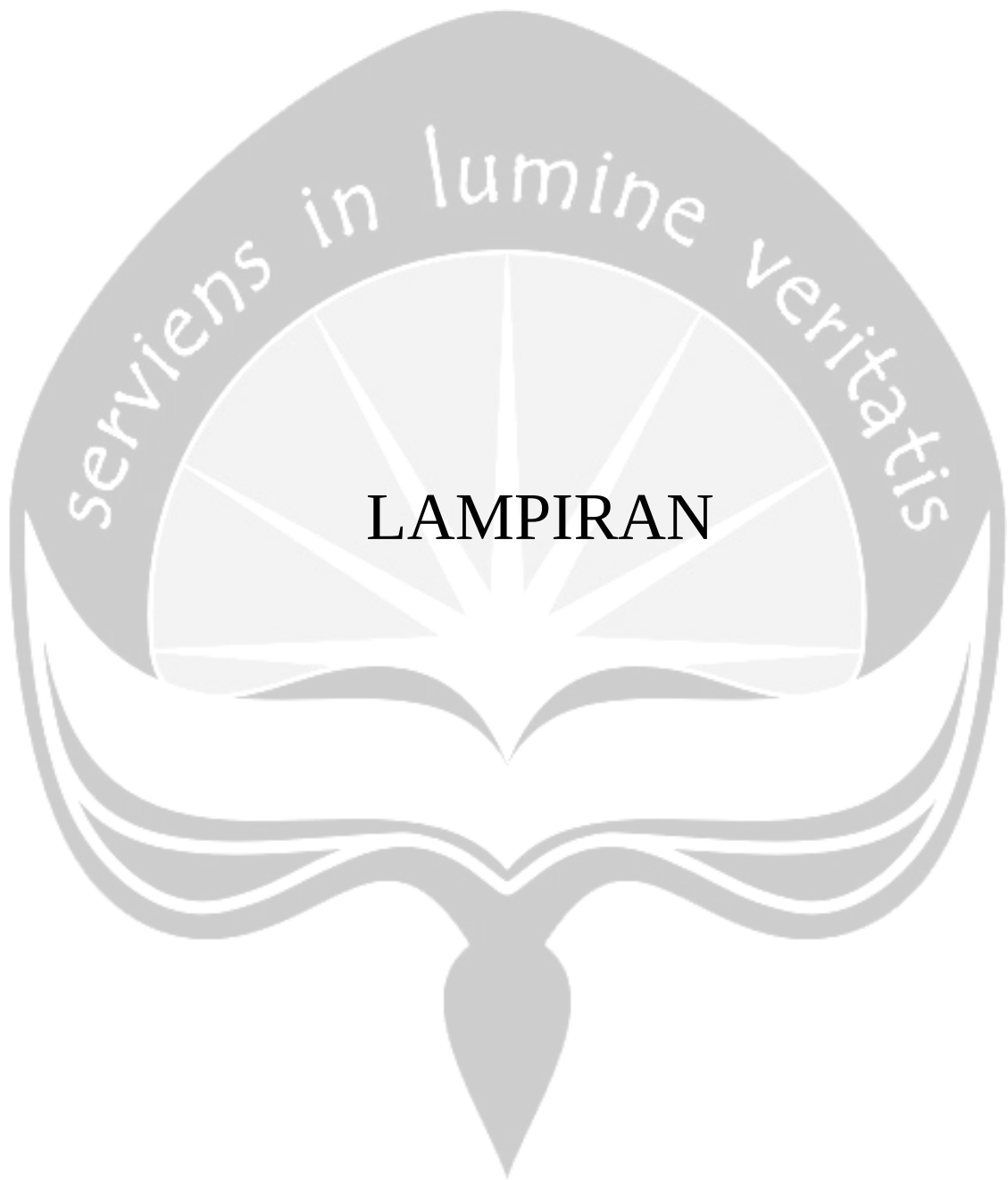
$$\text{Kapasitas Geser Pons, } \phi \times P_n = 16204 \text{ kN}$$

$$\text{Reaksi ultimit satu tiang bor, } P = 6800 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P \quad \text{AMAN}$$

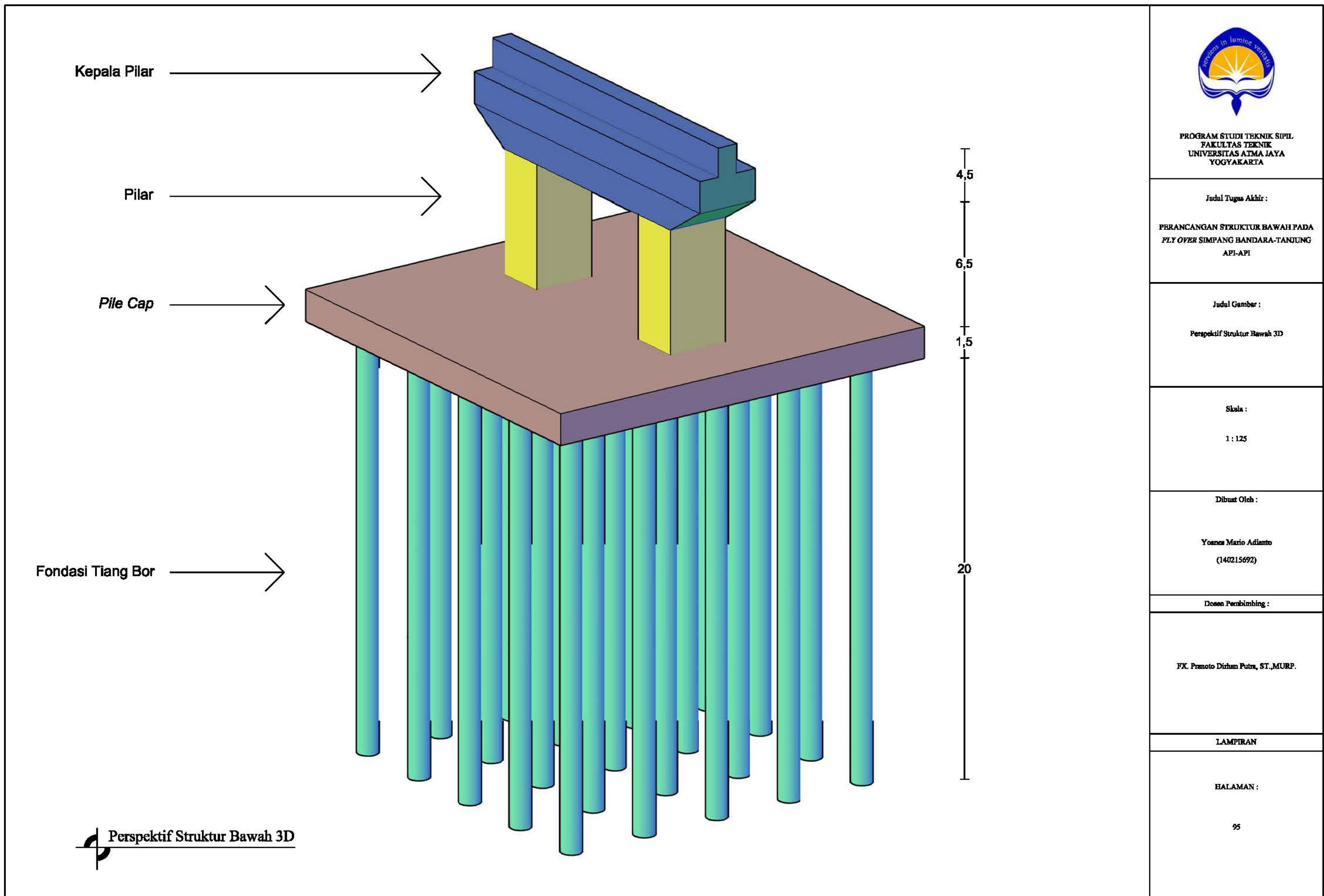
DAFTAR PUSTAKA

- Marga, Bina. 1992. *Peraturan Perancangan Teknik Jembatan*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Pamungkas, A., dan Harianti, 2013, *Desain Pondasi Tahan Gempa*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Sasikirana, Antonius W.A., 2017, *Perancangan Struktur Atas Fly Over Simpang Bandara-Tanjung Api-Api Dengan Struktur Precast Concrete (PCU) Girder*. Falkutas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta
- Struyk, H.J., dan K.H.C.W. van der Veen, 1984, *Jembatan*, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sub Panitia Teknik Standarisasi Bidang Prasarana Transportasi, 2004, *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan (RSNI T-12-2004)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Sub Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 2005, *Standar Pembebanan Untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)*, Badan Standardisasi Nasional.
- Sub Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 2016, *Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016)*, Badan Standardisasi Nasional.
- Supriyadi, B., dan Muntohar, A.S., 2007, *Jembatan*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Umum, D. P. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.



BORING LOG													
PROJECT NAME : FLYOVER SIMPANG TANJUNG API-API						LOCATION : PALEMBANG							
BORE HOLE NO. : DB. 1													
GROUND ELEVATION :						DATE STARTED : 31 / 07 / 2017							
GROUND WATER LEVEL : - 03.00 m						DATE FINISHED : 02 / 08 / 2017							
Date	Depth (m)	Sampling	Unit	Boring Log	Core Recovery (%)	Thickness	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST (SPT)					
								N1 (0 - 15)	N2 (15 - 30)	N3 (30 - 45)	N VALUE		
						0.70 m	Fill Material.						
	1	1						1	1	1	2		
	2												
	3	2			90	3.80 m	Silty clay, with organic matters, very soft, brown.	1	2	2	4		
	4												
	5	1						1	2	2	4		
	6	2			95	3.50 m	Clayey silt, medium stiff, grey.						
	7	4						2	2	4	6		
	8												
	9	3						4	6	9	15		
	10	5			95	3.80 m	Clayey silt, very stiff to hard, grey.	12	16	18	34		
	11	6											
	12												
	13	7			95	2.20 m	Clayey silt, sandy, with shell fragments, hard, grey.	13	24	18	42		
	14												
	15	8						10	18	22	40		
	16												
	17	9						16	29	31	60		
	18												
	19	10			95	11.45 m	Clayey silt, sandy, stiff, grey.	11	20	27	47		
	20												
	21	11						12	25	32	55		
	22												
	23	12						20	38	22	>60		
	24												
	25	13						13	33	27	>60		

M'd	02 / 08 / 2017	Rs	Sheet 1
D'r	11 / 08 / 2017	Tg	
C'h	11 / 08 / 2017	Kd	



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SIMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Perspektif Struktur Bawah 3D

Skala :

1 : 125

Dibuat Oleh :

Yosner Mario Adianto
(140215692)

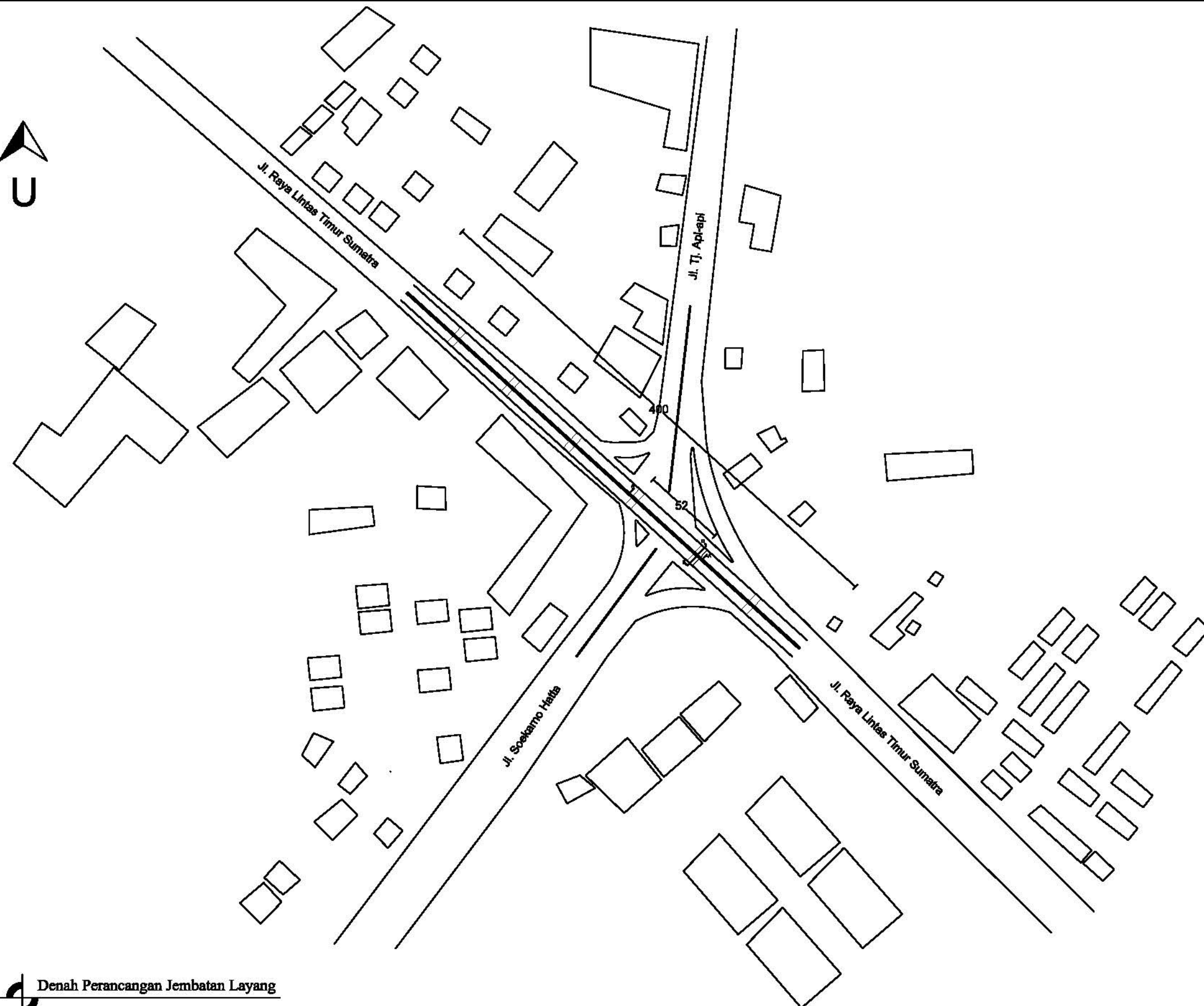
Dosen Pembimbing :

FX. Pramoto Dirham Putra, ST.,MURP.

LAMPIRAN

HALAMAN :

95



 Denah Perancangan Jembatan Layang



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SIMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Denah Lokasi

Skala :

1 : 200

Dibuat Oleh :

Yosner Mario Adianto
(140215692)

Dosen Pembimbing :

FX. Pramoto Dirham Putra, ST.,MURP.

LAMPIRAN

HALAMAN :

96



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SIMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Potongan A-A

Skala :

1 : 160

Dibuat Oleh :

Yosnes Mario Adianto
(140215692)

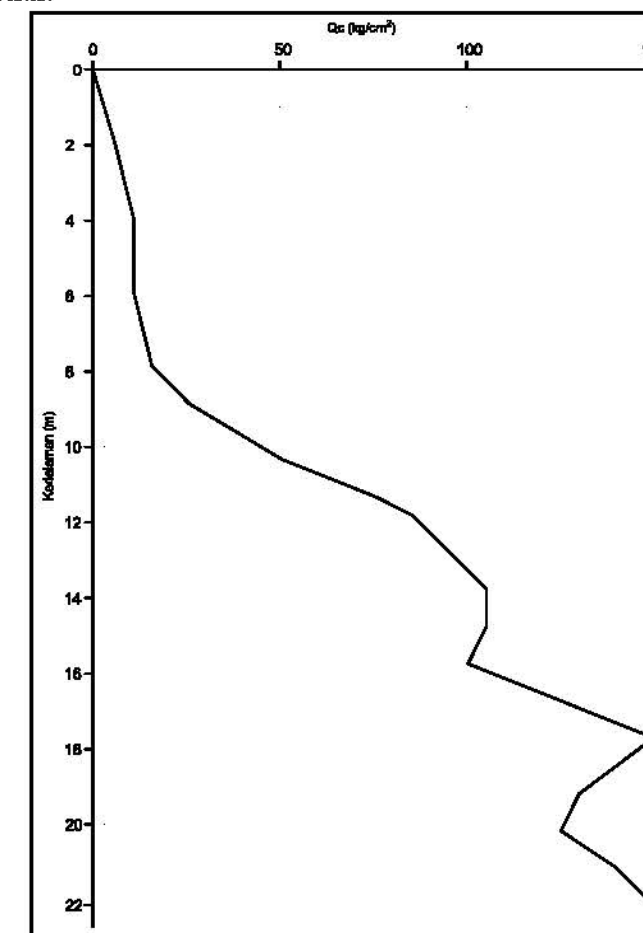
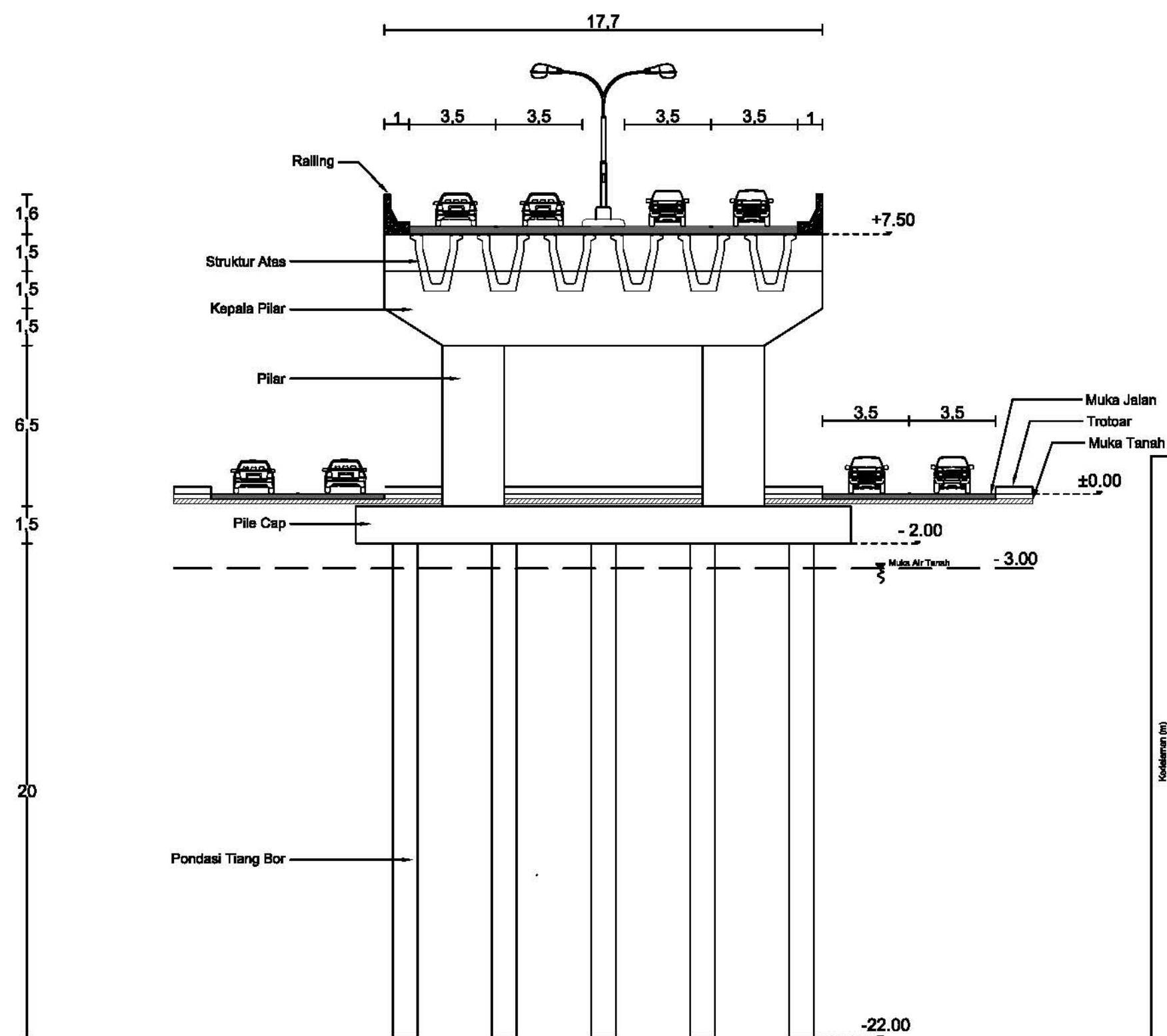
Dosen Pembimbing :

FK. Pramoto Dirhan Putra, ST.,MURP.

LAMPIRAN

HALAMAN :

97



Potongan A-A dan Grafik Daya Dukung Tanah



**PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SIMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API**

POT B-B

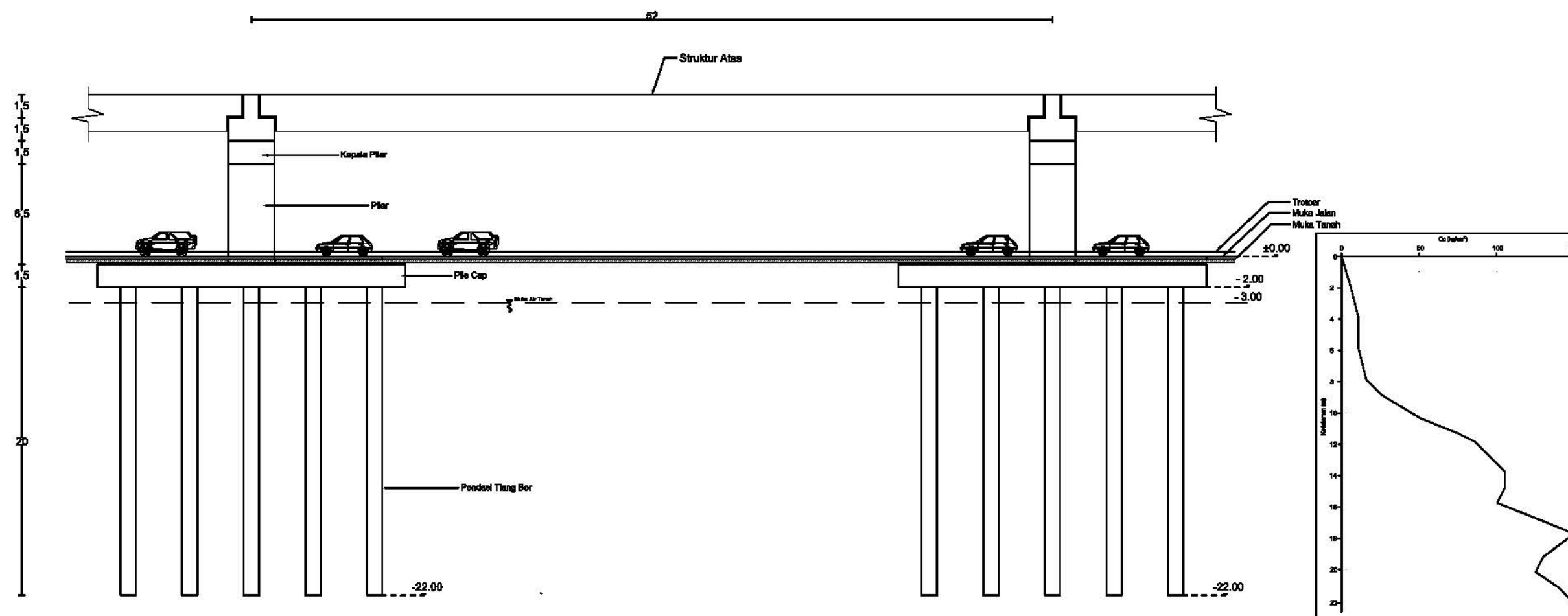
1 : 250

Yosner Mario Adianto
(140215692)

FX. Pranoto Dirhan Putra, ST.,MURP.

HALAMAN :

98



Potongan B-B dan Grafik Daya Dukung Tanah



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SEMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Detail Kepala Pilar

Skala :

1 : 75

Dibuat Oleh :

Yosner Mario Adianto

(140215692)

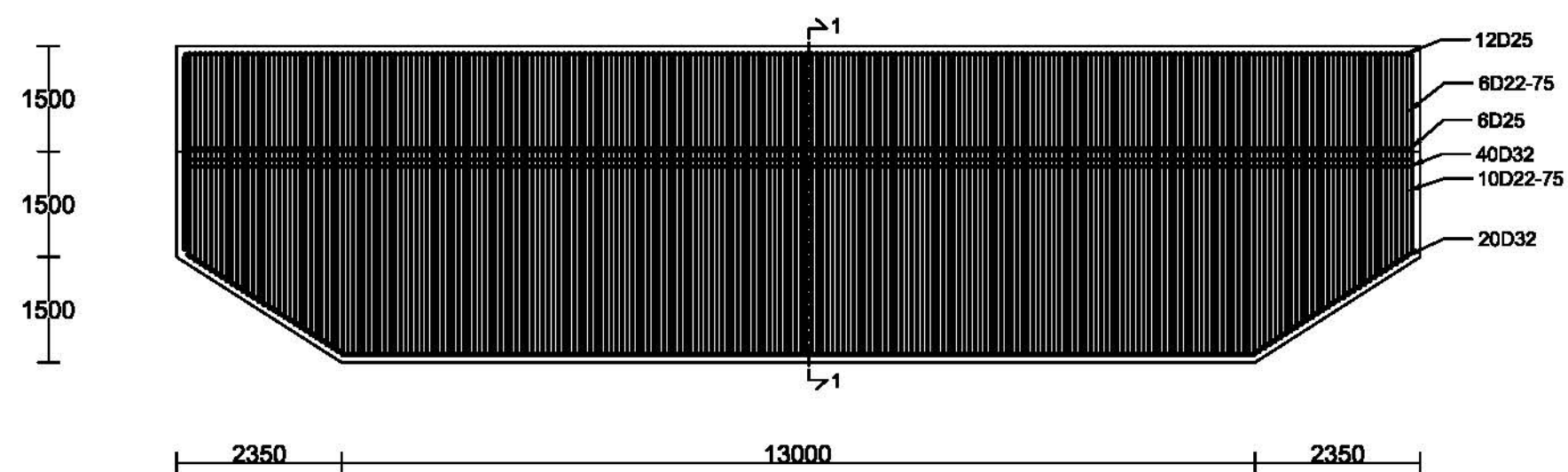
Dosen Pembimbing :

FX. Pramoto Dismu Putra, ST.,MURP.

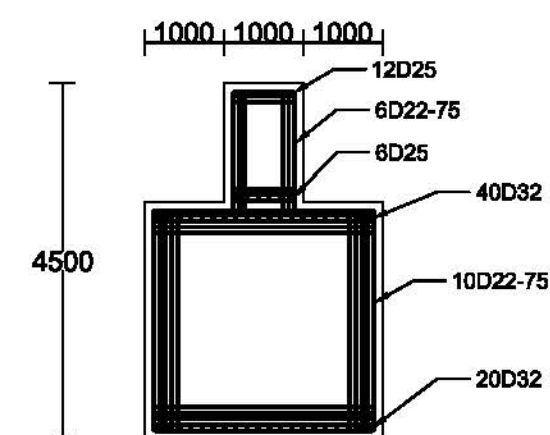
LAMPIRAN

HALAMAN :

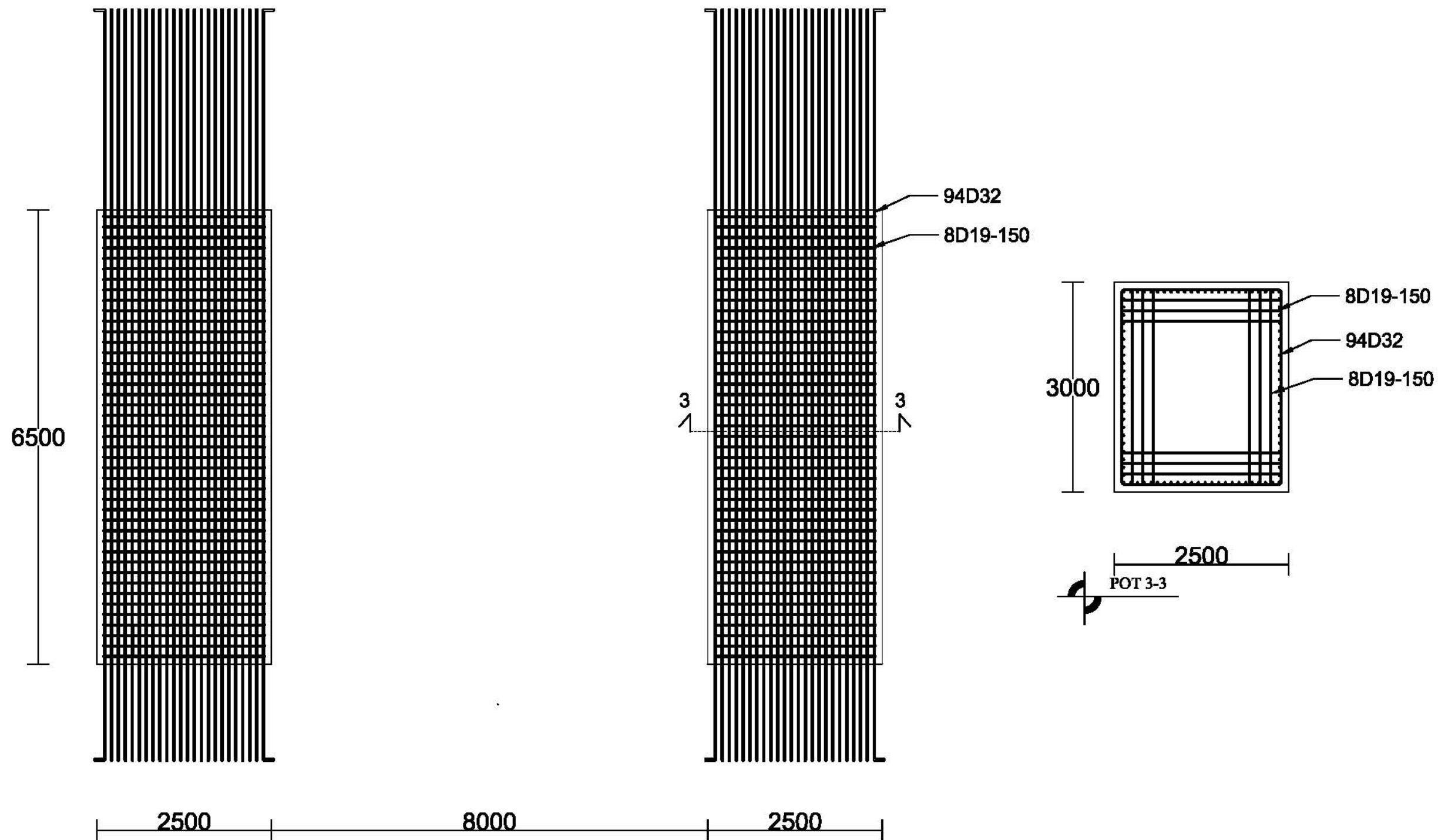
99



Detail Kepala Pilar



POT 1-1



Detail Pilar



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SIMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Detail Pilar

Skala :

1 : 50

Dibuat Oleh :

Yosner Mario Adianto
(140215692)

Dosen Pembimbing :

FX. Pramoto Dirham Putra, ST.,MURP.

LAMPIRAN

HALAMAN :

100



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SIMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Detail Pile Cap

Skala :

1 : 60

Dibuat Oleh :

Yosner Mario Adianto
(140215692)

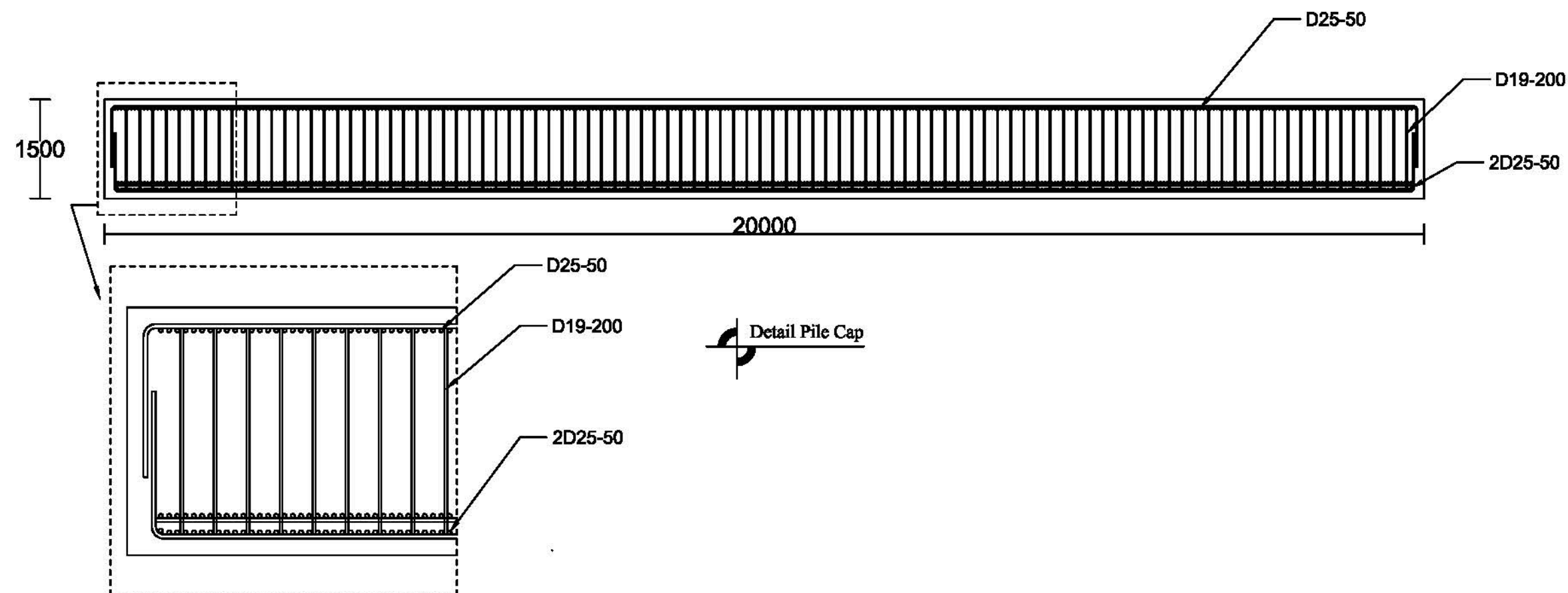
Dosen Pembimbing :

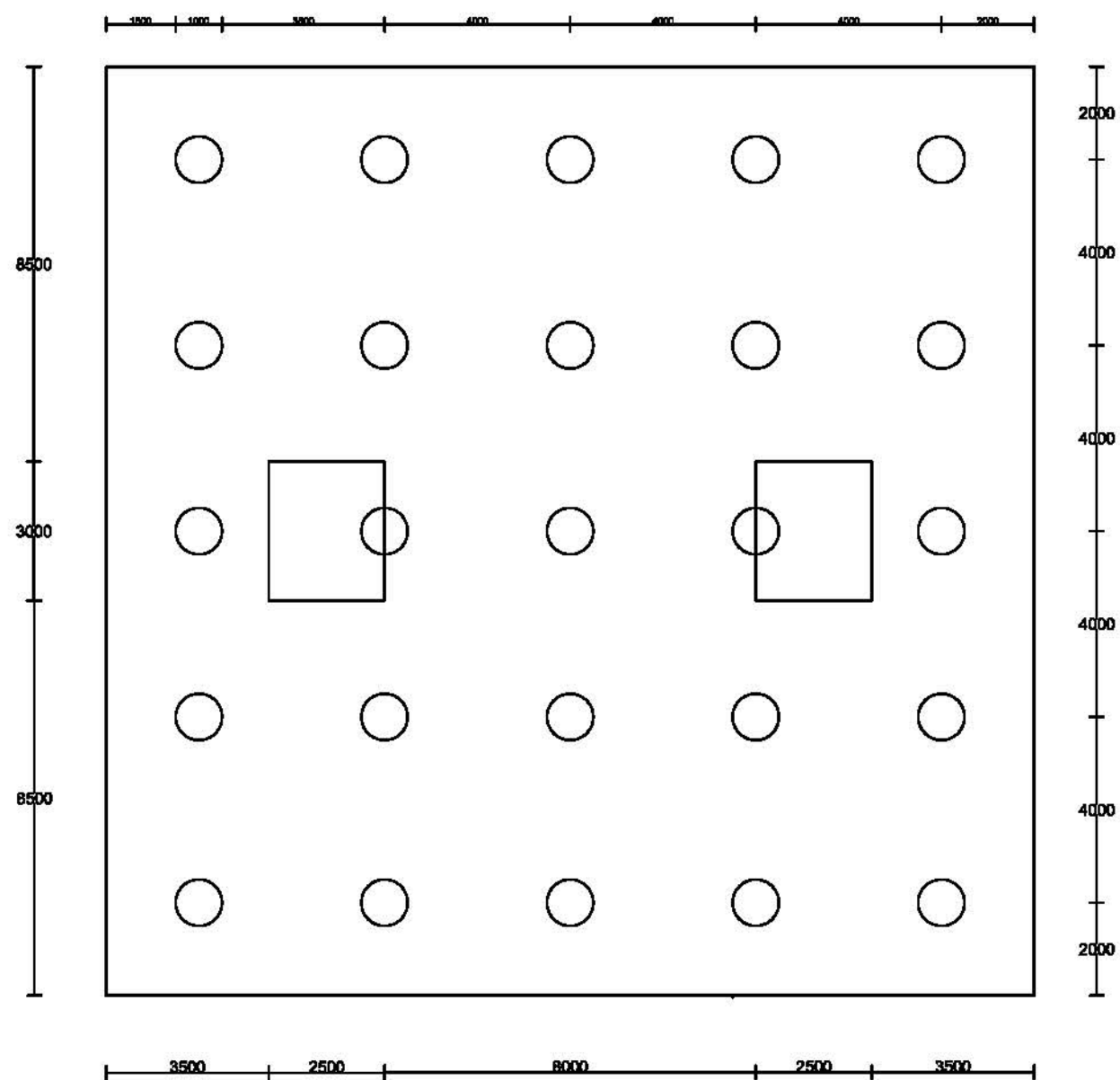
FX. Pramoto Dirham Putra, ST.,MURP.

LAMPIRAN

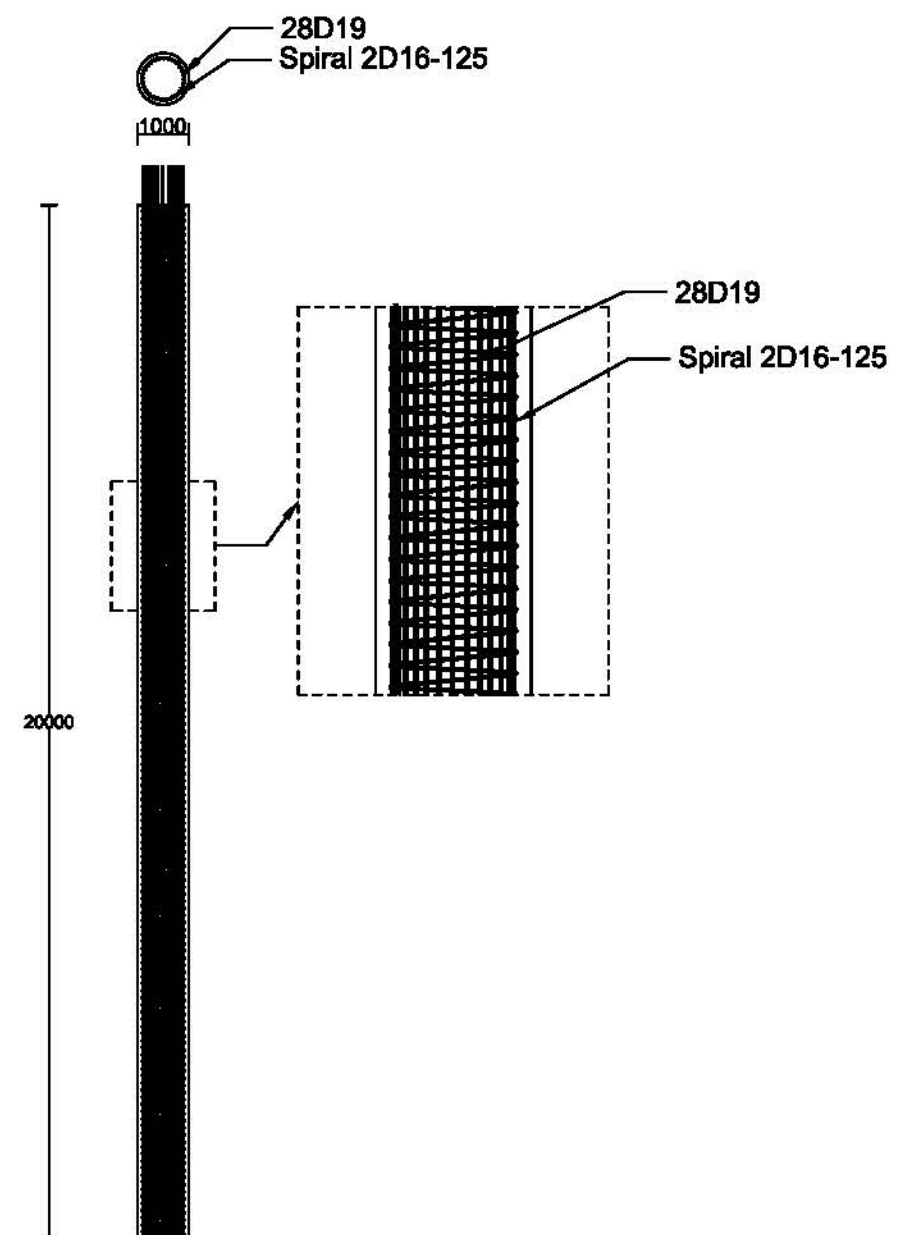
HALAMAN :

101





Denah Bore Pile



Detail Bore Pile



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SIMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Denah dan Detail Bore Pile

Skala :

1 : 115

Dibuat Oleh :

Yosner Mario Adianto
(140215692)

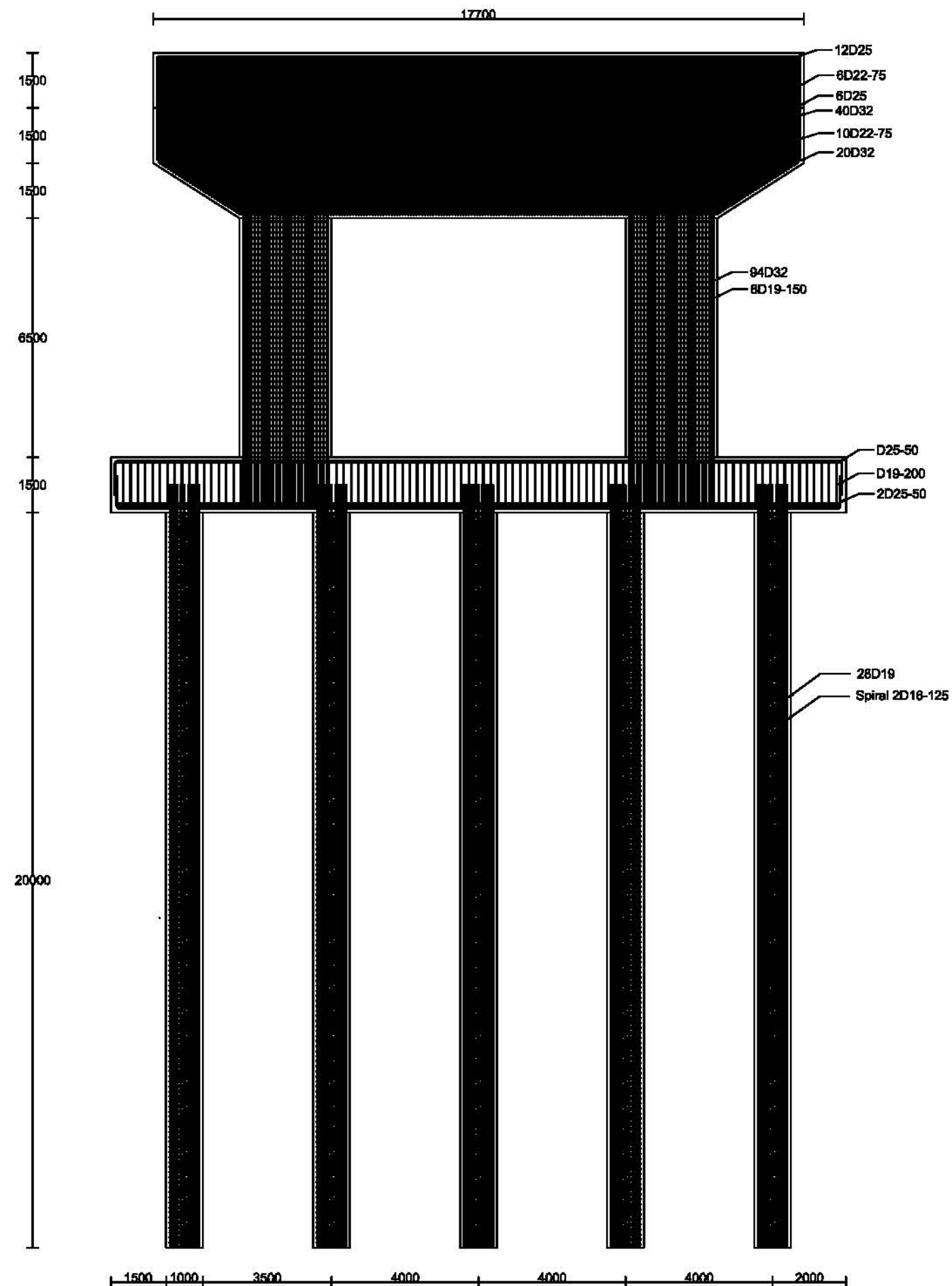
Dosen Pembimbing :

FX. Pramoto Dirham Putra, ST.,MURP.

LAMPIRAN

HALAMAN :

102



Detail Gabungan Struktur Bawah



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Judul Tugas Akhir :

PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH PADA
FLY OVER SEMPANG BANDARA-TANJUNG
API-API

Judul Gambar :

Detail Gabungan Struktur Bawah

Skala :

1 : 110

Dibuat Oleh :

Yosner Mario Adianto
(140215692)

Dosen Pembimbing :

FX. Pramoto Dirham Putra, ST.,MURP.

LAMPIRAN

HALAMAN :

103