

**PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN LENGKUNG
BETON BERTULANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademik
menempuh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu

Oleh :

ASEP DADAN BUDIAWAN

087011017



**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SILIWANGI
TASIKMALAYA
2013**

PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN LENGKUNG BETON BERTULANG

Oleh :
Asep Dadan Budiawan
087011017

Dosen Pembimbing I :
Yusep Ramdani, MT.

Dosen Pembimbing II :
Agus Widodo, Ir. MM.

ABSTRAK

Untuk melewati sungai yang memutuskan jalan maka diperlukan suatu jembatan untuk menghubungkan akses jalan. Perencanaan jembatan yang terletak di daerah Tasikmalaya ini direncanakan menggunakan Jembatan Lengkung Beton Bertulang dengan bentang 30 meter. Jembatan yang melewati sungai ini ditopang dua abutmen dan satu pilar dimana pada perencanaan struktur atas dan struktur bawah jembatan di desain monolit.

Karena struktur atas dan struktur bawah jembatan di desain secara monolit sehingga struktur jembatan secara statika dikategorikan struktur statis tak tentu. Dalam perhitungannya struktur jembatan ini dibantu dengan *software SAP V.14*. Untuk lebih memudahkan dalam perhitungan gaya – gaya dalam. Perencanaan struktur jembatan ini mengacu pada RSNI T-02-2005 (Peraturan Pembebaran untuk Jembatan), RSNI T-12-2004 (Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan). Mutu beton yang digunakan adalah f_c' 30 Mpa dengan mutu baja f_y 390 Mpa. Seluruh struktur jembatan baik pelat lantai, gelagar dan struktur bawah menggunakan metode *cor-insitu*.

Perencanaan jembatan lengkung beton bertulang ini dilakukan secara berurutan mulai dari pendimensian struktur, analisa pembebanan, perencanaan penulangan, analisa kekuatan penampang dan analisa kebutuhan tulangan.

Kata kunci : Jembatan Lengkung Beton Bertulang, Perencanaan struktur.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mengimbangi kebutuhan masyarakat yang semakin berkembang dibutuhkan berbagai macam fasilitas yang menunjang terhadap perkembangan transportasi umum yang memadai salah satunya adalah jembatan. Jembatan mempunyai peran sebagai bagian integral sistem jaringan jalan. Jembatan digunakan sebagai akses untuk melintasi sungai, lembah atau bahkan antar pulau. Perencanaan jembatan yang terletak di daerah Tasikmalaya ini direncanakan menggunakan jembatan lengkung beton bertulang dengan bentang 30 meter. Jembatan yang melewati sungai ini ditopang dua abutmen dan satu pilar dimana pada perencanaan struktur atas dan struktur bawah jembatan di desain monolit.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang akan ditinjau adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan dalam desain?
2. Bagaimana merencanakan penampang untuk dapat menahan lenturan akibat gaya-gaya yang bekerja?
3. Bagaimana merencanakan struktur atas dan struktur bawah jembatan?
4. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan ke dalam gambar teknik?

1.3 Tujuan

1. Menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi akibat beban kerja.
2. Melakukan perencanaan penampang untuk dapat menahan lenturan akibat gaya-gaya yang bekerja.
3. Menuangkan hasil analisa struktur ke dalam gambar teknik

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan mengenai prasarana perhubungan akan mencakup pengertian yang luas , namun mengingat keterbatasan waktu, perencanaan ini mengambil batasan :

1. Tinjauan meliputi struktur atas dan struktur bawah jembatan.
2. Tidak melakukan peninjauan terhadap rencana biaya dan waktu perencanaan.
3. Tidak merencanakan perkerasan jalan pada jembatan.

4. Aspek-aspek peraturan yang dipakai dalam perencanaan struktur jembatan beton lengkung yakni RSNI T-02-2005 (standar pembebanan untuk jembatan), dan SNI T-12-2004 (perencanaan struktur beton untuk jembatan).
5. Perencanaan struktur atas jembatan dibantu dengan menggunakan software SAP 2000 V.14.
6. Lokasi jembatan terletak di daerah Kabupaten Tasikmalaya Provinsi Jawa Barat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jembatan Lengkung

2.2. Konsep Dasar

Jembatan pelengkung adalah struktur setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisinya. Desain pelengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak kesamping. Ketika menahan beban akibat berat sendiri dan beban lalu lintas, setiap bagian pelengkung menerima gaya tekan, karena alasan itulah jembatan pelengkung harus terdiri dari material yang tahan terhadap gaya tekan.

2.3. Pembebanan pada jembatan

Peraturan pembebanan yang digunakan pada perencanaan struktur jembatan beton pelat lengkung adalah RSNI T-02-2005 (standar pembebanan untuk jembatan), dan RSNI T-12-2004 (perencanaan struktur beton untuk jembatan).

2.4. Abutment (Pangkal Jembatan)

Abutment berfungsi menyalurkan seluruh beban vertikal dan momen serta gaya horizontal akibat tekanan tanah aktif yang terjadi pada jembatan menuju ke pondasi serta mengadakan peralihan tumpuan oprit ke bangunan atas jembatan.

2.5. Pondasi

Pondasi yang digunakan dalam perencanaan struktur jembatan ini menggunakan jenis pondasi *bored pile*. Pondasi *bored pile* adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya vertikal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi *bored pile* dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal *bored pile* yang terdapat di bawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi.

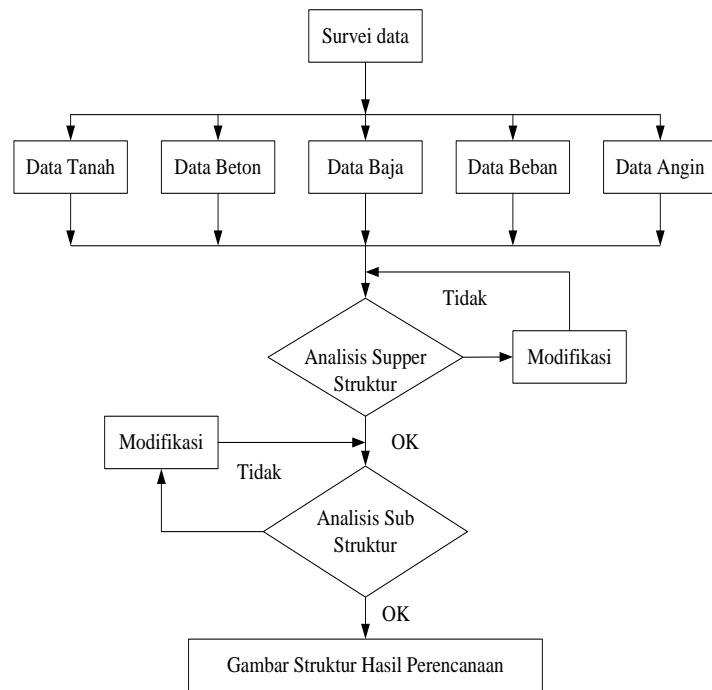
BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

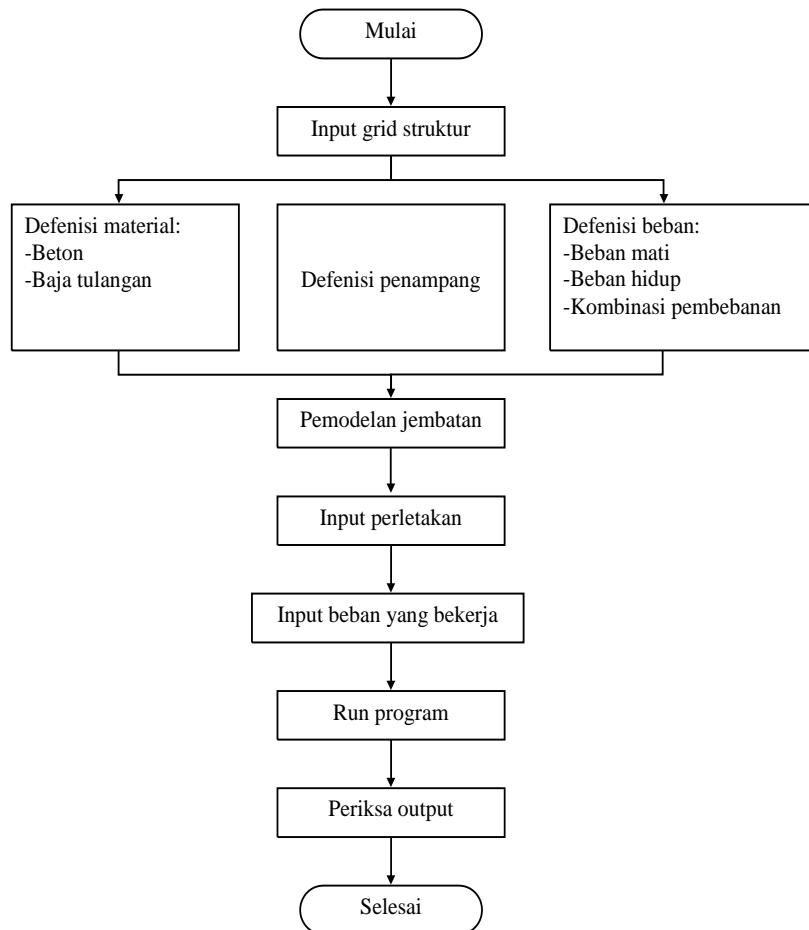
3.1 Material

3.1.1 Data Teknis Jembatan

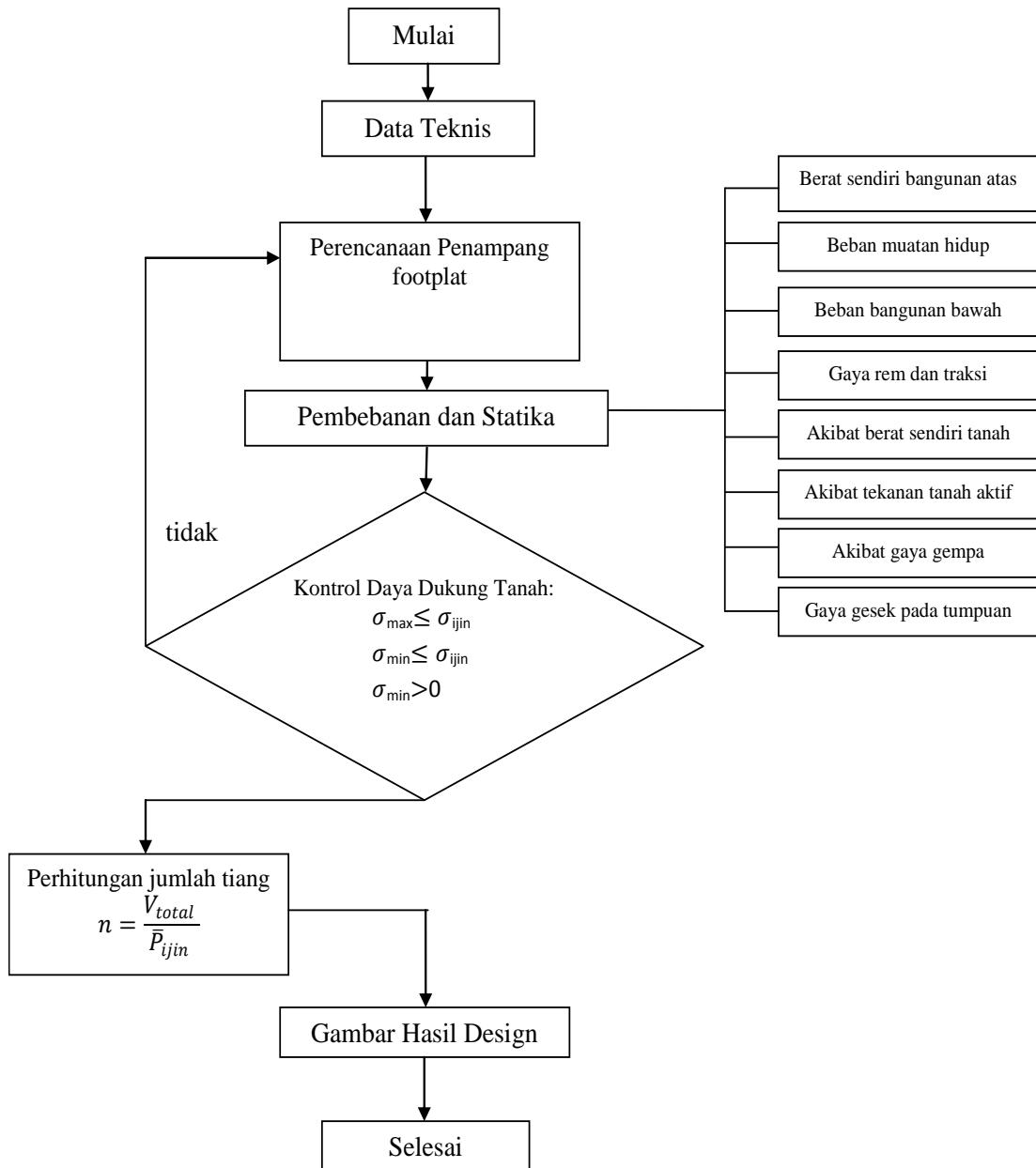
1. Jenis jembatan : Jembatan lengkung
2. Kelas jembatan : Jembatan kelas A
3. Panjang total jembatan : 30 m
4. Lebar Jembatan : 9 m
 - Lebar jalur : 2 x 3,5 m
 - Lebar trotoar : 2 x 1 m
5. Konstruksi bangunan atas
 - a. Lantai kendaraan : Beton bertulang
 - b. Tebal penetrasi : 5 cm = 0,05 m
 - c. Tebal trotoar : 30 cm = 0,30 m
 - d. Jarak antar gelagar memanjang : 140 cm = 1,4 m
 - e. Jarak antar gelagar melintang : 300 cm = 3 m
6. Jumlah abutment : 2 buah
7. Standar beton RSNI-T-12-2004
 - a. Lantai kendaraan : $f'c$ = 30 MPa
 - b. Lantai trotoar : $f'c$ = 30 MPa
8. Standar baja RSNI-T-12-2004
 - a. Baja tulangan untuk $D > 12$ mm (U-39), kuat leleh baja, $f_y = 390$ Mpa.
 - b. Baja tulangan untuk $\emptyset \leq 12$ mm (U-24), kuat leleh baja, $f_y = 240$ Mpa.
9. Berat jenis tanah : 1,7 t/m³
10. Sudut geser dalam : 30°
11. Jenis Pondasi : *bore filed*
12. Umur rencana jembatan : 50 tahun
13. Perencanaan Struktur Bangunan Atas
14. Perencanaan Struktur Bangunan Bawah
 - Terdiri atas poer beton dengan fondasi *bore file*.



Gambar 3.1 Bagan alir perencanaan jembatan



Gambar 3.2 Diagram Alir Program SAP2000 V.14



Gambar 3.3 Diagram alir perencanaan struktur bawah jembatan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.Perhitungan Struktur Atas

4.2.Tiang Sandaran

Data teknis :

Jarak antar tiang sandaran : L = 2 m

Tiang sandaran

Dimensi = 150 x 150 mm²

Mutu beton : f'c = 30 MPa

Mutu baja : fy = 240 MPa

Profil pipa sandaran,

Mutu baja : fy = 200 MPa

Diameter : Ø = 89,1 mm

Tebal : t = 2,8 mm

Luas tampang : A = 7,591 mm²

Berat : w = 5,96 kg/m

Momen inersia : I = 70,7 x 10⁴ mm⁴

Jari-jari inersia : i = 30,5 mm

Momen lawan : W = 15,9 x 10³ mm³

a. Pipa sandaran

Kontrol tegangan pipa sandaran

$$\sigma_{ijin} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{200}{1,5} = 133,33 \text{ MPa}$$

$$M_h = \frac{1}{12} \cdot q_h \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 75 \cdot 2^2 = 25 \text{ kgm} = 250000 \text{ Nmm}$$

$$M_v = \frac{1}{12} \cdot (q_v + w) \cdot L^2$$

$$M_v = \frac{1}{12} \cdot (75 + 5,96) \cdot 2^2 = 26,987 \text{ kgm} = 269870 \text{ Nmm}$$

Tegangan pada pipa sandaran

$$\sigma = \frac{M_h}{W_h} + \frac{M_v}{W_v} = \frac{250000}{15900} + \frac{269870}{15900} = 32,696 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 32,696 \text{ MPa} \leq \sigma_{ijin} = 133,33 \text{ MPa}$$

Profil pipa sandaran memenuhi

b. Tiang sandaran

- Pembebanan tiang sandaran dan analisis struktur

Lengan terhadap sisi bawah tiang sandaran, $y = 1,3 \text{ m}$

Beban horizontal satu tiang

$$F_h = \frac{kg}{m} \cdot L = 75 \cdot 2 = 150 \text{ kg}$$

Momen pada tiang sandaran

$$M_{TS} = F_h \cdot y = 150 \cdot 1,3 = 195 \text{ kgm}$$

$$M_u = Ku \cdot M_{TS} = 1,8 \cdot 195 = 351 \text{ kgm} = 351 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$V_u = Ku \cdot F_h = 1,8 \cdot 150 = 270 \text{ kg} = 2700 \text{ N}$$

- Penulangan tiang sandaran

Tulangan lentur

Rasio tulangan dan rasio penampang

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{351 \cdot 10^4}{0,8} = 4387500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4387500}{150 \cdot 120^2} = 2,03125$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = 0,00883$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583 > \rho_{perlu} = 0,00883$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,00883$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00883 \cdot 150 \cdot 120 = 158,94 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10$ dengan luas penampang, $A = 78,5 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{A} = \frac{158,94}{78,5} = 2,024 \approx 4$$

Digunakan tulangan 4 $\emptyset 10$

Tulangan geser

Digunakan sengkang 2 $\emptyset 8 - 50 \text{ mm}$

4.3.Pelat Lantai Jembatan

Data teknis :

Panjang pelat beton : $L_y = 3000 \text{ mm}$

Lebar pelat beton : $L_x = 1400 \text{ mm}$

Tebal pelat beton : $t_s = 200 \text{ mm}$

Mutu beton : $f'_c = 30 \text{ MPa}$
 Mutu baja : $f_y = 390 \text{ Mpa}$

Table 4.1 Rekapitulasi momen rencana pada pelat lantai jembatan

Beban	Momen arah x (kgmm)		Momen arah y (kgmm)	
	Mtx	Mlx	Mty	Mly
Mati	435982	215365	299409	57781
Beban hidup (Kondisi II)	1948188	1948188	1039547	1039547
Mu (1.3 D + 1.8 L)	4073515	3786712,9	2260416,3	1946299,9

- a. Penulangan pelat lantai jembatan
 - Penulangan arah x

Tumpuan

Momen tumpuan arah x

$$Mu = 4073515 \text{ kgmm} = 40735150 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{40735150}{0,8} = 50918937,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{50918937,5}{1000 \cdot 170^2} = 1,762$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,762}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00468$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359 < \rho_{perlu} = 0,00468$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,00468$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00468 \cdot 1000 \cdot 170 = 795,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D16 dengan luas penampang, $A = 201,143 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{201,143 \cdot 1000}{795,6} = 252,819 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan **D16 – 200**

Lapangan

Momen lapangan arah x

$$Mu = 3786712,9 \text{ kgmm} = 37867129 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{37867129}{0,8} = 47333911,25 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{47333911,25}{1000 \cdot 170^2} = 1,637$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = 0,00434$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359 < \rho_{perlu} = 0,00434$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,00434$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00434 \cdot 1000 \cdot 170 = 737,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D16 dengan luas penampang, $A = 201,143 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{201,143 \cdot 1000}{737,8} = 272.625 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan **D 16 – 200**

- Penulangan arah y

Tumpuan

Momen tumpuan arah y

$$Mu = 2260416,3 \text{ kgmm} = 22604163 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{22604163}{0,8} = 28255203,75 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{28255203,75}{1000 \cdot 170^2} = 0,977$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,977}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00255$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359 > \rho_{perlu} = 0,00255$$

Digunakan $\rho_{min} = 0,00359$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 1000 \cdot 170 = 610,3 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D16 dengan luas penampang, $A = 201,143 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{201,143 \cdot 1000}{610,3} = 329,58 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan **D16 – 200**

Lapangan

Momen lapangan arah y

$$\text{Mu} = 1946299,9 \text{ kgmm} = 19462999 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{19462999}{0,8} = 24328748,75 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{24328748,75}{1000 \cdot 170^2} = 0,842$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,842}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00219$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359 > \rho_{perlu} = 0,00219$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,00359$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 1000 \cdot 170 = 610,3 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D16 dengan luas penampang, $A = 201,143 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{201,143 \cdot 1000}{610,3} = 329,58 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan **D16 – 200**

4.4.Trotoar

Data teknis:

Jarak antar tiang sandaran = 2 m

Dimensi tiang sandaran = $150 \times 150 \text{ mm}^2$

Penulangan lantai trotoar

$$\text{Mu} = 1867519 \text{ kgmm} = 18675190 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{18675190}{0,8} = 23343987,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{23343987,5}{1000 \cdot 170^2} = 0,808$$

$R_n \leq R_{max} \dots Ok!$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,808}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00211$$

$$\rho_{min} = 0,00359 > \rho_{perlu} = 0,00211$$

Digunakan $\rho_{min} = 0,00359$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 1000 \cdot 170 = 601,3 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D14 dengan luas penampang, $A = 201,143 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{201,143 \cdot 1000}{601,3} = 334,51 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan **D16 – 200**

4.5 Analisis Beban

4.5.1 Berat sendiri

Berat sendiri jembatan permeter panjang yaitu $QMS = 2085,238 \text{ kg/m}$

4.5.2. Beban mati tambahan

Berat aspal beton

$$q_{ab} = A_{ab} * \gamma_{aspal}$$

$$q_{ab} = 1,4 * 0,05 * 2200 = 154 \text{ kg/m}$$

Genangan air hujan

$$q_a = A_a * \gamma_w$$

$$q_a = 1,4 * 0,05 * 1000 = 70 \text{ kg/m}$$

Berat Pelat

$$q_p = A_p * \gamma_b$$

$$q_p = 1,4 * 0,20 * 2400 = 672 \text{ kg/m}$$

$$q_{MA} = q_{ab} + q_a + q_p = 154 + 70 + 672 = 896 \text{ kg/m}$$

4.5.3. Beban lajur "D"

$$Q_{TD} = 9 \cdot 1,4 = 12,60 \text{ kN/m} = 1260 \text{ kg/m}$$

$$P_{TD} = 49 \cdot (1+FBD) = 49 \cdot (1+0,4) = 68,6 \text{ kN} = 6860 \text{ kg/m}$$

4.5.4. Gaya rem

$$T_{rem} = 5\% (q_{TD} \cdot L + BGT \cdot 6)$$

$$T_{rem} = 5\% (1260 \cdot 30 + 6860 \cdot 1,4) = 2370,2 \text{ kg}$$

Jumlah joint =10

Gaya rem pada tiap joint = $2370,2 / 10 = 237,02 \text{ kg}$

4.5.5. Beban Pejalan Kaki

Beban pejalan kaki QTP = $10 \text{ KN/m} = 1000 \text{ kg/m}$

4.5.6. Beban angin

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

C_w = koefisien seret, 1,2

V_w = kecepatan angin rencana, 30 m/s

$$T_{ew} = 0,0012 * 1,2 * (30)^2$$

$$T_{ew} = 1,296 \text{ kN/m} = 129,6 \text{ kg/m}$$

$H = 2 \text{ m}$

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

Transfer beban angin ke lantai jembatan

$$Q_{ew} = \frac{\frac{1}{2}h}{x} \cdot T_{ew}$$

$$Q_{ew} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2}{1,75} \cdot 129,6 = 74,057 \text{ kg/m}$$

4.5.7. Tekanan tanah

Perhitungan tekanan tanah aktif

Komponen	Gaya akibat tekanan tanah aktif (kg)
E_{a1}	$h \cdot 0,6 \cdot \gamma_t \cdot K_a \cdot L$ $= 6 \cdot 0,6 \cdot 1700 \cdot 0,45 \cdot 1,4 = 3855,6$
E_{a2}	$\frac{1}{2} h^2 \cdot \gamma_t \cdot K_a \cdot L$ $= \frac{1}{2} \cdot 6^2 \cdot 1700 \cdot 0,45 \cdot 1,4 = 19278$

4.5.8. Beban gempa

Gaya gempa horizontal

$$\text{TEQ} = 4795,728 \text{ kg}$$

Beban gempa Horizontal tiap joint

$$\text{QEQ} = \text{TEQ} / 10 = 4795,728 \text{ kg} / 10 = 479,572 \text{ kg}$$

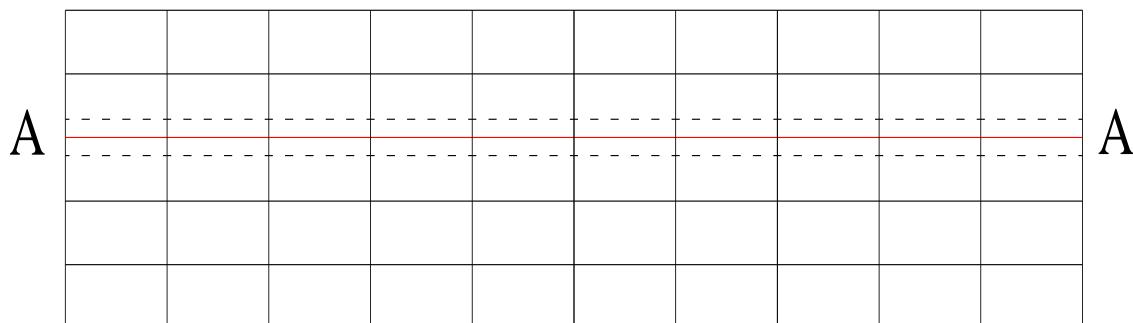
4.6. Analisis struktur atas dengan SAP 2000 V.14

KOMBINASI BEBAN PADA KEADAAN ULTIMIT

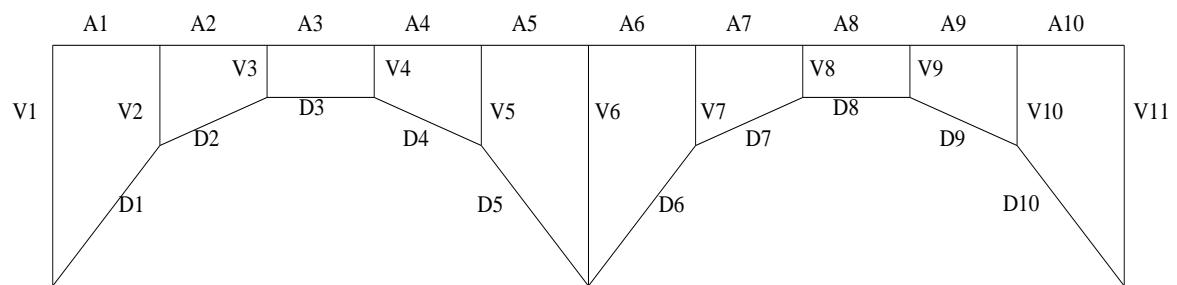
Tabel 4.2 Kombinasi beban

Aksi / Beban	Faktor Beban	KOMBINASI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Berat Sendiri	KMS	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Beban Mati Tambahan	KMA	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Tekanan tanah	KTA	1,25	1,25	1,25			1,25	1,25	1,25	1,25
Beban Lajur "D" (1)	KTD 1	1,8	1	1						
Gaya Rem	KTB	1,8	1	1			1	1	1	1
Beban Pedestrian (Trotoar)	KTP			1,8			1,8		1,8	
Beban Angin	KEW	1		1,2				1,2		1,2
Beban Gempa Statik / Dinar	KEQ				1	1				
Beban Lajur "D" (2)	KTD 2						1	1		
Beban Lajur "D" (3)	KTD 3								1	1

Dari kesembilan kombinasi pembebanan tersebut diambil kombinasi pembebanan yang paling menentukan sebagai momen total (M_T) .



Gambar 4.1 Denah portal yang ditinjau.



Gambar 4.2 Potongan memanjang jembatan

Dari hasil perhitungan dengan SAP 2000 V 14, diambil gaya yang paling menentukan diantara beberapa kombinasi beban maka didapat :

Tabel 4.3. Gaya dalam rencana pada balok arah memanjang

Bagian	(m)	Batang	Momen (kgm)		Gaya Geser (kg)	
			Tumpuan (-)	Lapangan (+)	Tumpuan	Lapangan
Batang Atas	3	A1 ,A5, A6, A10	9458,03	4628,9	7449,08	5085,91
	3	A2 , A4 , A7, A9	9335,54	4201,52	10157,65	7951,12
	3	A3 , A8	4211,28	2645,34	6943,84	4737,31
Batang Diagonal	4,5	D1,D5,D6,D10	9902,43	5245,25	5021,7	4051,8
	3,2	D2,D4,D7,D9	11980,37	5525,81	8834,48	7828,63
	3	D3,D8	5459,11	5115,36	3825,72	2848,09

Tabel 4.4. Gaya dalam rencana pada kolom

Bagian	(m)	Batang	Mux (kgm)	Muy(kgm)	Pu (kg)
Batang Vertikal	6	V1 , V11	77759,28	908,9	25938,311
	2,5	V2,V5,V7,V10	2439,92	55,98	19079,641
	1,3	V3,V4,V8,V9	10385,15	524,106	21621,517
	6	V6	917,726	1398,7	27609,095

Tabel 4.5. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan A1 – A10

	Elemen	Dimensi	Tumpuan	Lapangan	Sengkang
Balok	A1 , A5 , A6, A10	300 x 400	5 D16	3 D16	Ø10 -180
Balok	A2 , A4 , A7 , A9	300 x 400	5 D16	2 D16	Ø10 -180
Balok	A3, A8	300 x 400	2 D16	2 D16	Ø10 -180

Tabel 4.6. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan D1 – D10

	Elemen	Dimensi	Tumpuan	Lapangan	Sengkang
Balok	D1 , D5 , D6 , D10	350 x 500	4 D16	3 D16	Ø10 -200
Balok	D2 , D4 , D7 , D9	350 x 500	5 D16	3 D16	Ø10 -200
Balok	D3 , D8	350 x 500	3 D16	3 D16	Ø10 -200

Tabel 4.7. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan V1 – V11

	Elemen	Dimensi	Tulangan	Sengkang
Kolom	V1 , V6 , V11	600 x 600	24 D25	Ø12 -300
Kolom	V2 , V5 , V7 , V10	300 x 400	8 D25	Ø12 -150
Kolom	V3 , V4 , D8 , V9	300 x 400	8 D25	Ø12 -150

Tabel 4.8. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan balok melintang atas dan bawah.

Balok	Dimensi	Tumpuan	lapangan	Sengkang
GMA	250 x 400	2 D16	2 D16	Ø8 -150
GMB	250 x 400	2 D16	2 D16	Ø8 -150

4.6.1. Perhitungan penghubung geser (*Shear Connector*)

Tegangan geser horizontal

$$\tau = \frac{V_u}{\phi b d}$$

b = 300 mm (tebal badan gelagar)

d = 0,8 h = 0,8 . 400 = 320 mm

f_y = 390 MPa = 39 kg/mm²

- *Shear connector* pada jarak 0 – 3 m dari perletakan

V_u = 7634,55 kg

$$\tau = \frac{V_u}{\phi b d}$$

$$\tau = \frac{7634,55}{0,85 \cdot 300 \cdot 320}$$

$\tau = 0,093 \text{ kg/mm}^2$

Dicoba 2 buah *shear connector* untuk satu baris dengan tulangan D16

$$A_{st} = 2 \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) = 2 \left(\frac{1}{4} \pi 16^2 \right) = 402,285 \text{ mm}^2$$

Jarak antar baris *shear connector*

$$S = \frac{A_{st} \cdot f_y}{b \cdot \tau} = \frac{402,285 \cdot 39}{300 \cdot 0,093} = 562,338 \text{ mm}$$

Digunakan D16 - 500

- *Shear connector* pada jarak 3 – 6 m dari perletakan

V_u = 8656,88 kg

$$\tau = \frac{V_u}{\phi b d}$$

$$\tau = \frac{8656,88}{0,85 \cdot 300 \cdot 320}$$

$\tau = 0,106 \text{ kg/mm}^2$

Dicoba 2 buah *shear connector* untuk satu baris dengan tulangan D16

$$A_{st} = 2 \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) = 2 \left(\frac{1}{4} \pi 16^2 \right) = 402,285 \text{ mm}^2$$

Jarak antar baris *shear connector*

$$S = \frac{A_{st} \cdot f_y}{b \cdot \tau} = \frac{402,285 \cdot 39}{300 \cdot 0,106} = 493,36 \text{ mm}$$

Digunakan D16 - 400

- *Shear connector* pada jarak 6 – 9 m dari perletakan

V_u = 7040,22 kg

$$\tau = \frac{V_u}{\phi b d}$$

$$\tau = \frac{7040,22}{0,85 \cdot 300 \cdot 320}$$

$$\tau = 0,086 \text{ kg/mm}^2$$

Dicoba 2 buah *shear connector* untuk satu baris dengan tulangan D16

$$A_{st} = 2 \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) = 2 \left(\frac{1}{4} \pi 16^2 \right) = 402,285 \text{ mm}^2$$

Jarak antar baris *shear connector*

$$S = \frac{A_{st} \cdot f_y}{b \cdot \tau} = \frac{402,285 \cdot 39}{300 \cdot 0,086} = 608,10 \text{ mm}$$

Digunakan D16 - 500

- *Shear connector* pada jarak 9 – 12 m dari perletakan

$$V_u = 10156,43 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{V_u}{\phi b d}$$

$$\tau = \frac{10156,43}{0,85 \cdot 300 \cdot 320}$$

$$\tau = 0,124 \text{ kg/mm}^2$$

Dicoba 2 buah *shear connector* untuk satu baris dengan tulangan D16

$$A_{st} = 2 \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) = 2 \left(\frac{1}{4} \pi 16^2 \right) = 402,285 \text{ mm}^2$$

Jarak antar baris *shear connector*

$$S = \frac{A_{st} \cdot f_y}{b \cdot \tau} = \frac{402,285 \cdot 39}{300 \cdot 0,124} = 421,750 \text{ mm}$$

Digunakan D16 - 400

- *Shear connector* pada jarak 12 – 15 m dari perletakan

$$V_u = 7625,41 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{V_u}{\phi b d}$$

$$\tau = \frac{7625,41}{0,85 \cdot 300 \cdot 320} = 0,093 \text{ kg/mm}^2$$

Dicoba 2 buah *shear connector* untuk satu baris dengan tulangan D16

$$A_{st} = 2 \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) = 2 \left(\frac{1}{4} \pi 16^2 \right) = 402,285 \text{ mm}^2$$

Jarak antar baris *shear connector*

$$S = \frac{A_{st} \cdot f_y}{b \cdot \tau} = \frac{402,285 \cdot 39}{300 \cdot 0,093} = 562,333 \text{ mm}$$

Digunakan D16 - 500

Rekapitulasi tulangan *shear connector*

0 - 3 m = D16 – 500

3 - 6 m = D16 – 400

6 - 9 m = D16 – 500

9 - 12 m = D16 – 400

12 - 15 m = D16 – 500

4.7 Perencanaan Struktur Bawah Jembatan

4.7.1 Pelat Abutmen

4.7.1.1 Beban Rencana Pada Pelat Abutmen

Tinggi $H_y = 5 \text{ m}$

Lebar $H_x = 0,8 \text{ m}$

Tebal $h = 0,25 \text{ m}$

Berat beton $W_c = 2400 \text{ Kg/m}^2$

4.7.1.2 Beban Ultimit Pelat

Gaya geser ultimit, $V_u = K \cdot T$ $K = \text{faktor beban ultimit}$

Momen ultimit, $M_u = K \cdot M$

Tabel 4.9. Rekapitulasi beban pada pelat.

No	Jenis Beban	T (kg)	My(kgm)	Mx (kgm)	Faktor beban ultimit	
1	Tekanan tanah (TA)	9486	5788,5	1264,8	KTA	1.25
2	Gempa statik ekivalen (EQ)	270	225	36	KEQ	1.00

Tabel 4.10. Rekapitulasi beban ultimit pada pelat.

No	Jenis Beban	V_u (kg)	M_{uy} (kgm)	M_{ux} (kgm)
1	Tekanan tanah (TA)	11857,5	7235,625	1581
2	Gempa statik ekivalen (EQ)	270	225	36
		12127,5	7460,625	1617

4.7.2. Pembesian Plat Abutmen

4.7.2.1 Tinjauan Pelat Arah Vertikal

Tebal $h = 0,25 \text{ m}$

Lebar arah x $H_x = 0,8 \text{ m}$

Lebar arah y $H_y = 5 \text{ m}$

Momen ultimit $M_u = M_{uy} = 7460,625 \text{ Kgm}$

Gaya geser ultimit $V_u = 12127,5 \text{ Kg}$

Ditinjau selebar 1 meter, maka :

$$M_{uy} = 9325,78 \text{ Kgm}$$

$$V_u = 3031,875 \text{ Kg}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$d' = 30 \text{ mm}$$

Perhitungan

Momen ultimit $M_u = M_{uy} = 9325,78 \text{ Kgm} = 93257800 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{93257800}{0,8} = 116572250 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{116572250}{1000 \cdot 220^2} = 2,4$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,4}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00647$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359 < \rho_{perlu} = 0,00647$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,00647$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00647 \cdot 1000 \cdot 220 = 1423,4 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D19 dengan luas penampang, $A = 283,64 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{283,64 \cdot 1000}{1423,4} = 199,26 \text{ mm}$$

Tulangan arah vertikal pada sisi dalam pelat, digunakan tulangan **D19 – 150**

$$As = (\pi/4 \cdot D^2 \cdot b) / s = (283,64 \cdot 1000) / 150 = 1890,93 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 30% tulangan pokok,

$$As' = 30\% \cdot As = 30\% \cdot 1890,93 = 567,28 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan uang digunakan D16

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{201,142 \cdot 1000}{567,28} = 354,57 \text{ mm}$$

Tulangan arah vertikal pada sisi luar pelat, digunakan tulangan **D16 – 300**

Perhitungan tulangan geser

$$V_u = V_u = 3031,875 \text{ Kg} = 30318,75 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,6} = \frac{35100}{0,6} = 58500 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 220 = 200831,60 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0,6 \cdot 200831,60 = 120498,96 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 120498,96 = 60249,48 \text{ N}$$

$$V_u < \emptyset \cdot V_c$$

Tidak perlu tulangan geser, tapi untuk keamanan digunakan tulangan geser minimum.

Digunakan **D10 – 500**

$$A_v = \frac{A_s \cdot 1000}{b} = \frac{78,75 \cdot 1000}{500} = 157,56 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser arah x

Luas tulangan geser,

$$S_x = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s = 157,56 \cdot 390 \cdot 220 / 15159,37 = 891,76 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D 10**, jarak arah X = 500 m, jarak arah Y = 500 mm

4.7.2.2 Tinjauan Pelat Arah Horizontal

Tebal h = 0,25 m

Lebar arah x Hx = 0,8 m

Lebar arah y Hy = 5 m

Momen ultimit Mu = Mux = 1617 Kgm

Gaya geser ultimit Vu = 12127,5 Kg

Ditinjau selebar 1 meter, maka :

$$Mux = 202,125 \text{ Kgm}$$

$$Vu = 30301,875 \text{ Kg}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

$$fy = 390 \text{ Mpa}$$

$$d' = 30 \text{ mm}$$

Perhitungan

Momen ultimit Mu = Mux = 202,125 Kgm = 2021250 Nmm

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{M_u}{0,8} = \frac{2021250}{0,8} = 2526562,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2526562,5}{1000 \cdot 220^2} = 0,05$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,05}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00013$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359 > \rho_{perlu} = 0,00013$$

Digunakan $\rho_{min} = 0,00359$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 1000 \cdot 220 = 789,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D19 dengan luas penampang, A = 283.64 mm²

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{283.64 \cdot 1000}{789,8} = 359,138 \text{ mm}$$

Tulangan arah Horizontal pada sisi dalam pelat Digunakan tulangan **D19 – 300**

$$As = (\pi/4 \cdot D^2 \cdot b) / s = (283,64 \cdot 1000) / 300 = 945,47 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 30% tulangan pokok,

$$As' = 30\% \cdot As = 30\% \cdot 945,47 = 283,64 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan uang digunakan D16

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{201,142 \cdot 1000}{283,64} = 709,14 \text{ mm}$$

Tulangan arah horizontal pada sisi luar pelat, digunakan tulangan **D16 – 500**

Perhitungan tulangan geser

$$Vu = V_u = 3031,875 \text{ Kg} = 30318,75 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,6} = \frac{35100}{0,6} = 58500 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 220 = 200831,60 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0,6 \cdot 200831,60 = 120498,96 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 120498,96 = 60249,48 \text{ N}$$

$$V_u < \emptyset \cdot V_c$$

Tidak perlu tulangan geser, tapi untuk keamanan digunakan tulangan geser minimum.

Digunakan **D10 – 500**

$$A_V = \frac{A_s \cdot 1000}{b} = \frac{78,75 \cdot 1000}{500} = 157,56 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser arah x

Luas tulangan geser,

$$S_x = A_V \cdot f_y \cdot d / V_s = 157,56 \cdot 390,220 / 15159,37 = 891,76 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D 10**, jarak arah X = 500 mm

jarak arah Y = 500 mm

4.8. Perhitungan Pondasi Abutmen

4.8.1 Data Pondasi Footplat

Kuat tekan beton $f'_c = 30 \text{ Mpa}$

Tegangan leleh baja = 390 Mpa

Modulus elastisitas beton $E_c = 25743 \text{ Mpa}$

Berat Beton $W_c = 2400 \text{ kg/m}^2$

Tekanan tanah pada pelat

Berat isi tanah rata-rata (γ_t) = $1,7 \text{ t/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$

Sudut geser (ϕ) = 30°

Kohesi tanah (c) = $1,25 \text{ t/m} = 1250 \text{ kg/m}$

4.8.1.1 Dimensi Footplat

Lebar arah x, $B_x = 6 \text{ m}$ Tebal, $h_p = 1,5 \text{ m}$

Lebar arah y, $B_y = 1,4 \text{ m}$ Tebal, $h_t = 2 \text{ m}$

4.8.1.2 Daya Dukung Tanah

Kontrol daya dukung tanah,

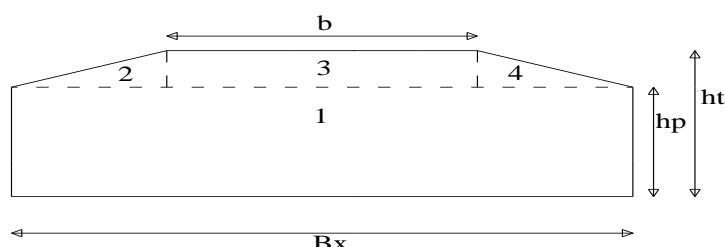
Syarat tegangan

$$\sigma_{maks} \leq \bar{\sigma}_{ijin}$$

$$\sigma_{min} \leq \bar{\sigma}_{ijin}$$

$$\sigma_{min} < 0$$

4.8.2. Beban Rencana Fondasi



Gambar 4.3 Dimensi footplat

4.8.2.1. Berat Sendiri Footplat

Tabel 4.11. Berat sendiri footplat

No	Lebar (m)	Tebal (m)	Panjang (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)
1	6	1,5	1,4	12,6	30240
2	1,5	0,5	1,4	0,525	1260
3	3	0,5	1,4	2,1	5040
4	1,5	0,5	1,4	0,525	1260
Berat sendiri footplat (Wp)					37800

4.8. 2.2 Berat tanah vertikal

$$Wt1 = 2,71 \cdot 6 \cdot 1,4 \cdot 1700 = 38698,8 \text{ kg}$$

$$Wt2 = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1,4 \cdot 1700 = 892,5 \text{ kg}$$

$$Wttot = Wt1 + Wt2 = 39591,3 \cdot 1,25 = 49489,125 \text{ kg}$$

$$Wtot = Wp + Wttot = 87289,12 \text{ kg}$$

4.8.2.2 Beban Kerja Pada Pondasi Footplat

Tabel 4.12. Kombinasi beban kerja pada pondasi footplat

NO	KOMBINASI BEBAN KERJA	Wtot (Kg)	P (Kg)	Ptot (Kg)	H (Kg)	M (Kgm)
1	KOM 1	87289,12	25938,310	113227,430	29159,830	75524,060
2	KOM 2	87289,12	16759,520	104048,640	37795,330	76220,330
3	KOM 3	87289,12	24907,820	112196,940	38205,970	76341,020
4	KOM 4	87289,12	12555,530	99844,650	27698,080	1196,610
5	KOM 5	87289,12	20498,970	107788,090	28845,730	66,980
6	KOM 6	87289,12	18234,630	105523,750	39019,210	80514,590
7	KOM 7	87289,12	26382,920	113672,040	39429,850	80635,280
8	KOM 8	87289,12	23594,870	110883,990	49363,220	78606,900
9	KOM 9	87289,12	23698,690	110987,810	49600,345	78727,590

4.8.3. Kontrol Stabilitas Guling Dan Geser

$$\text{Sudut geser } (\emptyset) = 30^\circ$$

$$\text{Kohesi tanah } (c) = 1,25 \text{ t/m} = 1250 \text{ kg/m}$$

Ukuran dasar pondasi,

$$Bx = 6 \text{ m}$$

$$By = 1,4 \text{ m}$$

4.8.3.1 . Stabilitas Guling

$$\text{Gaya vertikal, } P = Ptot$$

$$\text{Momen guling, } M_{\text{guling}} = M_x$$

Momen Penahan,

$$M_{\text{penahan}} = \frac{(P \cdot Bx)}{2}$$

Angka aman terhadap guling,

$$SF = \frac{M \text{ penahan}}{M \text{ guling}} > 1,5$$

Tabel 4.13 Angka Aman (Sf) Terhadap Guling

No	KOMBINASI BEBAN	Ptot (Kg)	M (Kgm)	M guling (Kgm)	M penahan (Kgm)	SF	Keterangan > 1,5
1	KOM 1	113227,430	75524,060	75524,060	339682,290	4,5	AMAN (OK)
2	KOM 2	104048,640	76220,330	76220,330	312145,920	4,1	AMAN (OK)
3	KOM 3	112196,940	76341,020	76341,020	336590,820	4,4	AMAN (OK)
4	KOM 4	99844,650	1196,610	1196,610	299533,950	250,3	AMAN (OK)
5	KOM 5	107788,090	66,980	66,980	323364,270	4827,8	AMAN (OK)
6	KOM 6	105523,750	80514,590	80514,590	316571,250	3,9	AMAN (OK)
7	KOM 7	113672,040	80635,280	80635,280	341016,120	4,2	AMAN (OK)
8	KOM 8	110883,990	78606,900	78606,900	332651,970	4,2	AMAN (OK)
9	KOM 9	110987,810	78727,590	78727,590	332963,430	4,2	AMAN (OK)

4.8.3 .2. Setabilitas Geser

$$\text{Gaya geser, } F \text{ geser} = H$$

Gaya penahan,

$$F \text{ penahan} = (C \cdot B_x \cdot B_y) + (P \text{ tot} \cdot \tan \emptyset)$$

Angka aman terhadap geser

$$SF = \frac{F \text{ penahan}}{F \text{ geser}} > 1,5$$

Tabel 4.14 Angka Aman (Sf) Terhadap Geser

No	KOMBINASI BEBAN	Ptot (Kg)	F Geser (Kg)	F Penahan (Kg)	SF	Keterangan > 1,5
1	KOM 1	113227,430	29159,830	75832,227	2,60	AMAN (OK)
2	KOM 2	104048,640	37795,330	70536,065	1,87	AMAN (OK)
3	KOM 3	112196,940	38205,970	75237,634	1,97	AMAN (OK)
4	KOM 4	99844,650	27698,080	68110,363	2,46	AMAN (OK)
5	KOM 5	107788,090	28845,730	72693,728	2,52	AMAN (OK)
6	KOM 6	105523,750	39019,210	71387,204	1,83	AMAN (OK)
7	KOM 7	113672,040	39429,850	76088,767	1,93	AMAN (OK)
8	KOM 8	110883,990	49363,220	74480,062	1,51	AMAN (OK)
9	KOM 9	110987,810	49600,345	74539,966	1,50	AMAN (OK)

Kontrol daya dukung tanah (Kombinasi 7)

Perhitungan daya dukung ultimit digunakan persamaan Terzaghi :

$$\bar{\sigma}_{ijin} = \frac{1}{F_S} \left((1,3 \cdot c \cdot N_c) + (H \cdot \gamma_t \cdot N_q) + (0,3 \cdot \gamma_t \cdot B \cdot N_r) \right)$$

Rencana dimensi tiang borepile (b) = 0,8 m

Kedalaman pondasi borepile (H) = 8 m

Dari tabel Terzaghi untuk $\phi = 30^\circ$ didapat :

$$N_c = 37,2$$

$$N_q = 22,5$$

$$N_\gamma = 20$$

$$\bar{\sigma}_{ijin} = \frac{1}{3} ((1,3 \cdot 1250 \cdot 37,2) + (8 \cdot 1700 \cdot 22,5) + (0,3 \cdot 1700 \cdot 0,8 \cdot 20))$$

$$\bar{\sigma}_{ijin} = 124870 \text{ kg/m}^2$$

$$e = \frac{b}{2} - \frac{\sum M_{penahan} - \sum M_{guling}}{\sum V} < \frac{b}{6}$$

$$e = \frac{6}{2} - \frac{341016,120 - 80635,280}{113672,040} < \frac{6}{6}$$

$$e = 0,709 < 1, \quad \text{diambil } e = 0,709 \text{ m}$$

Luas telapak footplat

$$A = 6 \cdot 1,4 = 8,4 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{maks} = \frac{\sum V}{A} \left[1 + \frac{6 \cdot e}{b} \right]$$

$$\sigma_{maks} = \frac{113672,040}{8,4} \left[1 + \frac{6 \cdot 0,709}{6} \right]$$

$$\sigma_{maks} = 23126,847 \text{ kg/m}^2 \leq \bar{\sigma}_{ijin} = 124870 \text{ kg/m}^2 \dots \dots OK!$$

$$\sigma_{min} = \frac{\sum V}{A} \left[1 - \frac{6 \cdot e}{b} \right]$$

$$\sigma_{min} = \frac{113672,040}{8,4} \left[1 - \frac{6 \cdot 0,709}{6} \right]$$

$$\sigma_{min} = 3937,924 \text{ kg/m}^2 > 0 \dots \dots \dots \dots OK!$$

Perencanaan pondasi *bore file*

Data perencanaan pondasi *bore file*

$$\text{Berat isi tanah rata-rata } (\gamma_t) = 1,7 \text{ t/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 30^\circ$$

$$\text{Kohesi tanah } (c) = 1,25 \text{ t/m} = 1250 \text{ kg/m}$$

Dimensi tiang *bore file* = 80 cm

Panjang tiang (Df) = 8 m

$$V_u = 113672,040 \text{ kg}$$

$$M_u = 80635,280 \text{ kgm}$$

- Perhitungan daya dukung ultimate digunakan persamaan Terzaghi :

$$\bar{\sigma}_u = \frac{1}{F_S} \left((1,3 \cdot c \cdot N_c) + (D_f \cdot \gamma_t \cdot N_q) + (0,3 \cdot \gamma_t \cdot B \cdot N_\gamma) \right)$$

Dari tabel Terzaghi untuk $\phi = 30^\circ$ didapat :

$$N_c = 37,2$$

$$N_q = 22,5$$

$$N_\gamma = 20,0$$

$$\bar{\sigma}_u = \frac{1}{3} \left((1,3 \cdot 1250 \cdot 37,2) + (8 \cdot 1700 \cdot 22,5) + (0,3 \cdot 1700 \cdot 0,8 \cdot 20,0) \right)$$

$$\bar{\sigma}_u = 124870 \text{ kg/m}^2$$

- Analisis daya dukung masing – masing tiang :

$$P_1 = \text{adhesi}$$

$$P_1 = \frac{1}{F_S} \cdot K \cdot L \cdot c$$

$$P_1 = \frac{1}{3} \cdot (\pi \cdot 0,8) \cdot 8 \cdot 1250 = 8380,952 \text{ kg}$$

$$P_2 = \text{gesekan}$$

$$P_2 = \frac{1}{F_S} \cdot K \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot L^2 \cdot \gamma_t \right) (1 + \tan^2 \phi) \tan \phi$$

$$P_2 = \frac{1}{3} \cdot (\pi \cdot 0,8) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 8^2 \cdot 1700 \right) (1 + \tan^2 30) \tan 30$$

$$P_2 = 39484,160 \text{ kg}$$

$$P_3 = \text{Point bearing}$$

$$P_3 = A \cdot \bar{\sigma}_u$$

$$P_3 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_u$$

$$P_3 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \cdot 124870 = 62791,771 \text{ kg}$$

$$P_{netto} = P_1 + P_2 + P_3 - \text{berat tiang}$$

$$P_{netto} = P_1 + P_2 + P_3 - A \cdot L \cdot \gamma_b$$

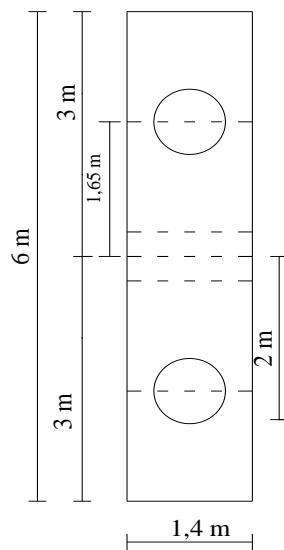
$$P_{netto} = 8380,952 + 39484,160 + 62791,771 - \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \right) \cdot 8 \cdot 2400$$

$$P_{netto} = 101001,866 \text{ kg}$$

Jumlah tiang yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{P_{netto}} = \frac{113672,040}{101001,866} = 1,12 \sim 2$$

Dicoba dengan 2 buah tiang



Gambar 4.4 Jumlah Tiang dan Tata Letak Pondasi Tiang

- Kontrol daya dukung tiang

$$\sum y^2 = (2 \cdot 1 \cdot 1,65)^2$$

$$\sum y^2 = 10,89 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_u \cdot y}{\sum y^2}$$

$$P = \frac{113672,040}{2} \pm \frac{80635,280 \cdot 1,65}{10,89}$$

$$P = 56836,02 + 12217,467 = 69053,487 \text{ kg} < 101001,866 \text{ kg} \dots \text{Aman}$$

$$P = 56836,02 - 12217,467 = 44618,553 \text{ kg} < 101001,866 \text{ kg} \dots \text{Aman}$$

Penulangan pondasi *bore file*

Momen maksimum untuk satu tiang pada dasar abutmen

$$M_{\text{dasar}} = 80635,280 \text{ kgm}$$

Momen untuk satu tiang :

$$M_1 = \frac{M_{\text{dasar}}}{n} = \frac{80635,280}{2} = 40317,64 \text{ kgm} = 403176400 \text{ Nmm}$$

Gaya geser maksimum terjadi pada bagian atas pondasi akibat beban horizontal

$$H_u = \frac{H}{n} = \frac{49600,345}{2} = 24800,172 \text{ kg}$$

Kapasitas momen pada dasar pondasi tiang

$$M_1 = K_C^R \cdot A_{\text{st}} \cdot f_y \cdot d$$

$$d = 800 - 60 = 740 \text{ mm}$$

$$A_{st} = \frac{M_1}{K_C^R \cdot f_y \cdot d}$$

$$A_{st} = \frac{403176400}{0,75 \cdot 390.740} = 1862,676 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 22 ($A_s = 380,285 \text{ mm}^2$)

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{st}}{A_s} = \frac{1862,676}{380,285} = 4,89 \approx 8$$

digunakan **8 D 22**

Dipakai tulangan geser **D 13 – 200 mm**

- Penulangan telapak abutment

Data – data penulangan telapak :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{lebar telapak} = 6000 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

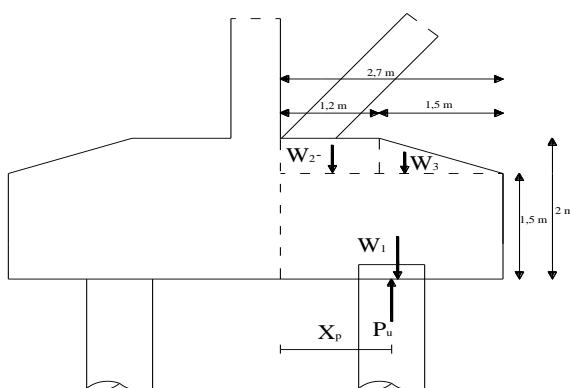
$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$d = 1400 \text{ mm}$$

$$\text{diameter taing bor} = 800 \text{ mm}$$

jumlah taing bor, $n = 2$ buah

jumlah tiang bor dalam satu baris tegak lurus momen, $ny = 1$ buah



Gambar 4.5 Gaya Pada Telapak Abutment

Beban maksimum yang diterima satu tiang bor

$$P_{maks} = 69053,487 \text{ kg}$$

Tabel 4.15 Momen gaya geser ultimit telapak abutmen

Kode	Volume (m ³)	Berat volume beton (kg/m ³)	Berat (kg)	Lengan (m)	Momen (Kgm)
W1	2,7 . 1,5 . 1,4 = 5,67	2400	13608	1,35	18370,8
W2	1,2 . 0,5 . 1,4 = 0,84	2400	2016	0,6	1209,6
W3	1,5 . 0,5 . 0,5 . 1,4 = 1,575	2400	3780	1,7	6426
			19404		26006,4

Momen maksimum pada telapak abutment akibat reaksi tiang bor,

$$Mp = n_y \cdot P_{maks} \cdot x_p = 1 \cdot 69053,487 \cdot 1,35 = 93222,207 \text{ kgm}$$

Momen ultimit rencana telapak abutment

$$Mur = Mp - Mu = 93222,207 - 26006,4 = 67215,807 \text{ kgm}$$

Momen ultimit per meter lebar

$$Mu = \frac{Mur}{b} = \frac{67215,807}{1,4} = 48011,209 \text{ kgm} = 480112090 \text{ Nmm}$$

Gaya geser rencana telapak abutment

$$Vur = n_y \cdot P_{maks} - \square = 1 \cdot 69053,487 - 19404 = 49649,487 \text{ kg}$$

Gaya geser ultimit rencana per meter lebar

$$Vu = \frac{Vur}{b} = \frac{49649,487}{1,4} = 35463,919 \text{ kg} = 354639,19 \text{ N}$$

Perhitungan tulangan lentur

$$k = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \frac{480112090}{0,8 \cdot 1000 \cdot 1400^2} = 0,306 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,003589$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = 0,000789$$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,003589 \cdot 1000 \cdot 1400 = 5024,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 26 (A = 531,143 mm²)

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{531,143 \cdot 1000}{5024,6} = 105,70 \text{ mm}$$

Dipakai **D 26 – 100 mm**

Perhitungan tulangan geser

$$V_u = 354639,19 \text{ N}$$

Syarat

$$V_u \leq \frac{1}{2} \emptyset \cdot V_c \dots \dots \text{tak perlu tulangan geser}$$

$\frac{1}{2}\phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot V_c \dots \dots \text{diperhitungkan ada gaya geser minimum}$

$$V_n = \frac{V_u}{0,6} = \frac{354639,19 \text{ N}}{0,6} = 591065,316 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 1400 = 1278019,301 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \cdot 1278019,301 = 766811,580 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2}\phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 766811,580 = 383405,790 \text{ N}$$

$V_u < \phi \cdot V_c = 354639,19 \text{ N} < 766811,580 \text{ N}$ (perlu tulangan geser minimum)

Digunakan sengkang 2 kaki D13, $A = 132,785 \text{ mm}^2$

Digunakan **D13 – 200**

4.9. Perhitungan Pondasi Pilar

4.9.1 Data Footplat

Kuat tekan beton $f'_c = 30 \text{ Mpa}$

Tegangan leleh baja $= 390 \text{ Mpa}$

Modulus elastisitas beton $E_c = 25743 \text{ Mpa}$

Berat Beton $W_c = 2400 \text{ kg/m}^2$

Tekanan tanah pada pelat

Berat isi tanah rata-rata (γ_t) $= 1,7 \text{ t/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$

Sudut geser (ϕ) $= 30^\circ$

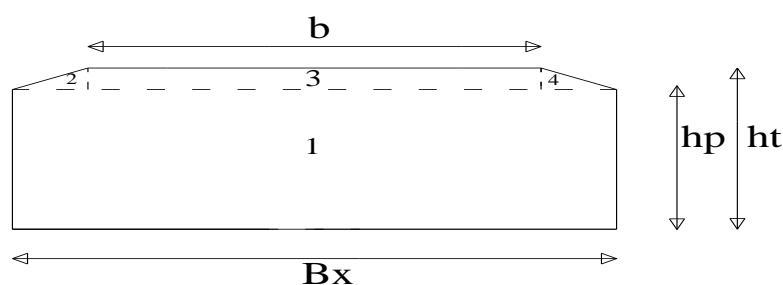
Kohesi tanah (c) $= 1,25 \text{ t/m} = 1250 \text{ kg/m}$

4.9.1.1 Dimensi Footplat

Lebar arah x, $B_x = 4 \text{ m}$ Tebal, $h_p = 1,3 \text{ m}$

Lebar arah y, $B_y = 1,4 \text{ m}$ Tebal, $h_t = 1,5 \text{ m}$

4.9.2 Beban Rencana Fondasi



Gambar 4.6 Dimensi footplat pilar

Tabel 4.16.Berat Sendiri Footplat

No	Lebar (m)	Tebal (m)	Panjang (m)	Volume (m³)	Berat (Kg)
1	4	1,3	1,4	7,28	17472
2	0,5	0,2	1,4	0,07	168
3	3	0,2	1,4	0,84	2016
4	0,5	0,2	1,4	0,07	168
Berat sendiri footplat			Wp =	19824	

Beban Kerja Pada Pondasi Footplat

Tabel 4.17. Kombinasi beban kerja pada pondasi footplat

NO	KOMBINASI BEBAN KERJA	Wp (Kg)	P (Kg)	Ptot (Kg)	H (Kg)	M (kgm)
1	KOM 1	19824	19564,62	39388,62	1923,64	1496,89
2	KOM 2	19824	25380,11	45204,11	1068,69	831,6
3	KOM 3	19824	25625,88	45449,88	1068,69	831,6
4	KOM 4	19824	24028,09	43852,09	2162,32	1682,62
5	KOM 5	19824	24016,63	43840,63	7,629E-11	2,902E-11
6	KOM 6	19824	21623,06	41447,06	9232,09	5829,27
7	KOM 7	19824	21868,83	41692,83	9232,09	5829,27
8	KOM 8	19824	33154,13	52978,13	2586,05	4007,32
9	KOM 9	19824	33399,90	53223,90	2586,05	4007,32

4.9.3. Kontrol Stabilitas Guling Dan Geser

4.9.3.1 . Stabilitas Guling

Gaya vertikal,

$$P = P_{tot}$$

Momen guling,

$$M \text{ guling} = Mx$$

Momen Penahanan,

$$M \text{ penahan} = \frac{(P \cdot Bx)}{2}$$

Angka aman terhadap guling,

$$SF = \frac{M \text{ penahan}}{M \text{ guling}} > 1,5$$

Tabel 4.18 Angka Aman (Sf) Terhadap Guling

No	KOMBINASI BEBAN	Ptot (Kg)	M (Kgm)	M guling (Kgm)	M penahan (Kgm)	SF	Keterangan > 1,5
1	KOM 1	39388,620	1496,890	1496,890	78777,240	52,627	AMAN (OK)
2	KOM 2	45204,110	831,600	831,600	90408,220	108,716	AMAN (OK)
3	KOM 3	45449,880	831,600	831,600	90899,760	109,307	AMAN (OK)
4	KOM 4	43852,090	1682,620	1682,620	87704,180	52,124	AMAN (OK)
5	KOM 5	43840,630	0,000	0,000	87681,260	0,000	AMAN (OK)
6	KOM 6	41447,060	5829,270	5829,270	82894,120	14,220	AMAN (OK)
7	KOM 7	41692,830	5829,270	5829,270	83385,660	14,305	AMAN (OK)
8	KOM 8	52978,130	4007,320	4007,320	105956,260	26,441	AMAN (OK)
9	KOM 9	53223,900	4007,320	4007,320	106447,800	26,563	AMAN (OK)

4.9.3 .2. Setabilitas Geser

$$\text{Gaya geser, } F_{\text{geser}} = H$$

Gaya penahan,

$$F_{\text{penahan}} = (C \cdot B_x \cdot B_y) + (P_{\text{tot}} \cdot \tan \emptyset)$$

Angka aman terhadap geser

$$SF = \frac{F_{\text{penahan}}}{F_{\text{geser}}} > 1,5$$

Tabel 4.19 Angka Aman (Sf) Terhadap Geser

No	KOMBINASI BEBAN	P _{tot} (Kg)	F geser (Kg)	F penahan (Kg)	SF	Keterangan > 1,5
1	KOM 1	39388,620	1923,640	29727,234	15,454	AMAN (OK)
2	KOM 2	45204,110	1068,690	33082,771	30,956	AMAN (OK)
3	KOM 3	45449,880	1068,690	33224,581	31,089	AMAN (OK)
4	KOM 4	43852,090	2162,320	32302,656	14,939	AMAN (OK)
5	KOM 5	43840,630	0,000	32296,044	0,000	AMAN (OK)
6	KOM 6	41447,060	9232,090	30914,954	3,349	AMAN (OK)
7	KOM 7	41692,830	9232,090	31056,763	3,364	AMAN (OK)
8	KOM 8	52978,130	2586,050	37568,381	14,527	AMAN (OK)
9	KOM 9	53223,900	2586,050	37710,190	14,582	AMAN (OK)

Kontrol daya dukung tanah (Kombinasi 9)

Perhitungan daya dukung ultimit digunakan persamaan Terzaghi :

$$\bar{\sigma}_{\text{ult}} = \frac{I}{\text{Area}} ((1,3 \cdot C \cdot \gamma_b) + (C \cdot \gamma_u \cdot \gamma_b) + (0,3 \cdot \gamma_u \cdot \gamma_c \cdot \gamma_b))$$

Rencana dimensi tiang *borepile* (b) = 0,8 m

Kedalaman pondasi *borepile* (H) = 8 m

Dari tabel Terzaghi untuk $\emptyset = 30^\circ$ didapat :

$$N_c = 37,2$$

$$N_q = 22,5$$

$$N_\gamma = 20$$

$$\bar{\sigma}_{ijin} = \frac{1}{3} ((1,3 \cdot 1250 \cdot 37,2) + (8 \cdot 1700 \cdot 22,5) + (0,3 \cdot 1700 \cdot 0,8 \cdot 20))$$

$$\bar{\sigma}_{ijin} = 124870 \text{ kg/m}^2$$

$$e = \frac{b}{2} - \frac{\sum M_{\text{penahan}} - \sum M_{\text{guling}}}{\sum V} < \frac{b}{6}$$

$$e = \frac{4}{2} - \frac{106447,800 - 4007,320}{53223,900} < \frac{4}{6}$$

$$e = 0,075 < 0,666, \quad \text{diambil } e = 0,075 \text{ m}$$

Luas telapak *footplat*

$$A = 4 \cdot 1,4 = 5,6 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{maks} = \frac{\sum V}{A} \left[1 + \frac{6 \cdot e}{b} \right]$$

$$\sigma_{maks} = \frac{53223,900}{5,6} \left[1 + \frac{6 \cdot 0,075}{4} \right]$$

$$\sigma_{maks} = 10573,497 \text{ kg/m}^2 \leq \bar{\sigma}_{ijin} = 124870 \text{ kg/m}^2 \dots \dots OK!$$

$$\sigma_{min} = \frac{\sum V}{A} \left[1 - \frac{6 \cdot e}{b} \right]$$

$$\sigma_{min} = \frac{53223,900}{5,6} \left[1 - \frac{6 \cdot 0,075}{4} \right]$$

$$\sigma_{min} = 8435,037 \text{ kg/m}^2 > 0 \dots \dots \dots \dots OK!$$

Perencanaan pondasi *bore file*

Data perencanaan pondasi *bore file*

Berat isi tanah rata-rata (γ_t) = 1,7 t/m³ = 1700 kg/m³

Sudut geser (\emptyset) = 30⁰

Kohesi tanah (c) = 1,25 t/m = 1250 kg/m

Dimensi tiang *bore file* = 80 cm

Panjang tiang (Df) = 8 m

$$V_u = 53223,900 \text{ kg}$$

$$M_u = 5829,270 \text{ kgm}$$

- Perhitungan daya dukung ultimate digunakan persamaan Terzaghi :

$$\bar{\sigma}_u = \frac{1}{F_S} \left((1,3 \cdot c \cdot N_c) + (D_f \cdot \gamma_t \cdot N_q) + (0,3 \cdot \gamma_t \cdot B \cdot N_y) \right)$$

Dari tabel Terzaghi untuk $\emptyset = 30^0$ didapat :

$$N_c = 37,2$$

$$N_q = 22,5$$

$$N_y = 20,0$$

$$\bar{\sigma}_u = \frac{1}{3} \left((1,3 \cdot 1250 \cdot 37,2) + (8 \cdot 1700 \cdot 22,5) + (0,3 \cdot 1700 \cdot 0,8 \cdot 20,0) \right)$$

$$\bar{\sigma}_u = 124870 \text{ kg/m}^2$$

- Analisis daya dukung masing – masing tiang :

P_1 = adhesi

$$P_1 = \frac{1}{F_S} \cdot K \cdot L \cdot c$$

$$P_1 = \frac{1}{3} \cdot (\pi \cdot 0,8) \cdot 8 \cdot 1250 = 8380,95 \text{ kg}$$

P_2 = gesekan

$$P_2 = \frac{1}{F_S} \cdot K \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot L^2 \cdot \gamma_t \right) (1 + \tan^2 \phi) \tan \phi$$

$$P_2 = \frac{1}{3} \cdot (\pi \cdot 0,8) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 8^2 \cdot 1700 \right) (1 + \tan^2 30) \tan 30$$

$$P_2 = 39484,160 \text{ kg}$$

P_3 = Point bearing

$$P_3 = A \cdot \bar{\sigma}_u$$

$$P_3 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_u$$

$$P_3 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \cdot 124870 = 62791,771 \text{ kg}$$

$$P_{netto} = P_1 + P_2 + P_3 - \text{berat tiang}$$

$$P_{netto} = P_1 + P_2 + P_3 - A \cdot L \cdot \gamma_b$$

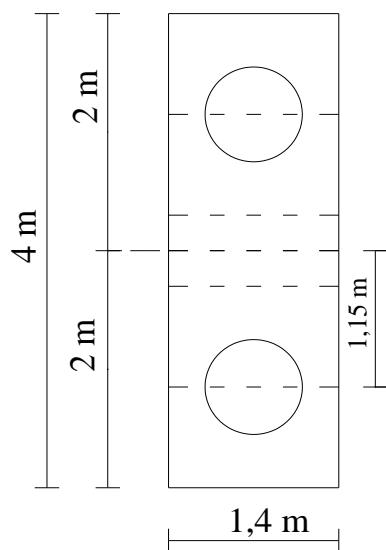
$$P_{netto} = 8380,95 + 39484,160 + 62791,77 - \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \right) \cdot 8 \cdot 2400$$

$$P_{netto} = 101001,866 \text{ kg}$$

Jumlah tiang yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{P_{netto}} = \frac{53223,900}{101001,866} = 0,526 \sim 2$$

Dicoba dengan 2 buah tiang :



Gambar 4.7 Jumlah Tiang dan Tata Letak Pondasi Tiang

- Kontrol daya dukung tiang

$$\sum y^2 = (2 \cdot 1 \cdot 1,15)^2$$

$$\sum y^2 = 5,29 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_u \cdot y}{\sum y^2}$$

$$P = \frac{53223,900}{2} \pm \frac{5829,270 \cdot 1,15}{5,290}$$

$$P = 26611,95 + 1267,232 = 27879,189 \text{ kg} < 101001,866 \text{ kg} \dots \text{Aman}$$

$$P = 26611,95 - 1267,232 = 25344,718 \text{ kg} < 101002,866 \text{ kg} \dots \text{Aman}$$

Penulangan pondasi *bore file*

Momen maksimum untuk satu tiang pada dasar abutmen

$$M_{\text{dasar}} = 5829,270$$

Momen untuk satu tiang :

$$M_1 = \frac{M_{\text{dasar}}}{n} = \frac{5829,270}{2} = 2914,635 \text{ kgm} = 29146350 \text{ Nmm}$$

Gaya geser maksimum terjadi pada bagian atas pondasi akibat beban horizontal

$$H_u = \frac{H}{n} = \frac{9232,090}{2} = 4616,045 \text{ kg}$$

Kapasitas momen pada dasar pondasi tiang

$$M_1 = K_C^R \cdot A_{st} \cdot f_y \cdot d$$

$$d = 800 - 60 = 740 \text{ mm}$$

$$A_{st} = \frac{M_1}{K_C^R \cdot f_y \cdot d}$$

$$A_{st} = \frac{29146350}{0,75 \cdot 390.740} = 134,65 \text{ mm}^2$$

Untuk penulangan di ambil 1 % dari luas penampang

$$A_{st} = 0,01 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 800^2 = 5028,571 \text{ mm}^2$$

digunakan **10 D 26**

Dipakai tulangan geser **D 13 – 150 mm**

- Penulangan telapak abutment

Data – data penulangan telapak :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{lebar telapak} = 6000 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

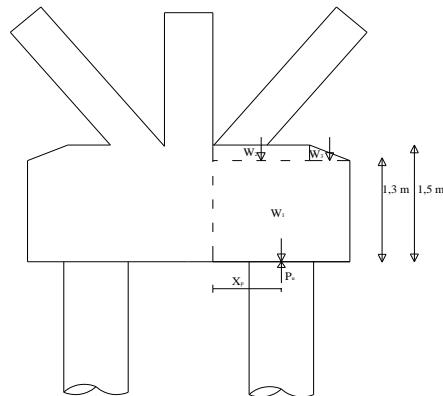
$h = 1300 \text{ mm}$

$d = 1200 \text{ mm}$

diameter taing bor = 800 mm

jumlah taing bor, $n = 2$ buah

jumlah tiang bor dalam satu baris tegak lurus momen, $ny = 1$ buah



Gambar 4.8 Gaya Pada Telapak

Beban maksimum yang diterima satu tiang bor

$$P_{maks} = 27879,189 \text{ kg}$$

Tabel 4.20 Momen gaya geser ultimit telapak abutmen

Kode	Volume (m^3)	Berat volume beton (kg/m^3)	Berat (kg)	Lengan (m)	Momen (Kgm)
W1	$1,7 \cdot 1,3 \cdot 1,4 = 3,094$	2400	7425,6	0,85	6311,76
W2	$1,2 \cdot 0,2 \cdot 1,4 = 0,336$	2400	806,4	0,6	483,84
W3	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,2 \cdot 1,4 = 0,07$	2400	168	1,36	228,48
			8400		7024,08

Momen maksimum pada telapak abutment akibat reaksi tiang bor,

$$Mp = n_y \cdot P_{maks} \cdot x_p = 1 \cdot 27879,189 \cdot 0,85 = 23697,310 \text{ kgm}$$

Momen ultimit rencana telapak abutment

$$Mur = Mp - Mu = 23697,310 - 7024,08 = 16673,23 \text{ kgm}$$

Momen ultimit per meter lebar

$$Mu = \frac{Mur}{b} = \frac{16673,23}{1,4} = 11909,45 \text{ kgm} = 119094500 \text{ Nmm}$$

Gaya geser rencana telapak abutment

$$Vur = n_y \cdot P_{maks} - W_u = 1 \cdot 27879,189 - 8400 = 19479,189 \text{ kg}$$

Gaya geser ultimit rencana per meter lebar

$$Vu = \frac{Vur}{b} = \frac{19479,189}{1,4} = 13913,706 \text{ kg} = 139137,06 \text{ N}$$

Perhitungan tulangan lentur

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{119094500}{0,8 \cdot 1000 \cdot 1200^2} = 0,103 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,003589$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = 0,000264$$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,003589 \cdot 1000 \cdot 1200 = 4306,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 26 (A = 531,143 mm²)

$$S = \frac{A \cdot b}{A_s} = \frac{531,143 \cdot 1000}{4306,8} = 123,32 \text{ mm}$$

Dipakai **D 26 – 100 mm**

Perhitungan tulangan geser

$$V_u = 19479,189 \text{ N}$$

Syarat

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi \cdot V_c \dots \dots \text{tak perlu tulangan geser}$$

$$\frac{1}{2} \phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot V_c \dots \dots \text{diperhitungkan ada gaya geser minimum}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,6} = \frac{19479,189}{0,6} = 32465,315 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 1200 = 1095445,115 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \cdot 1095445,115 = 657267,069 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 657267,069 = 328633,534 \text{ N}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c = 19479,189 \text{ N} < 657267,069 \text{ N}$$

(hanya perlu tulangan geser minimum)

Digunakan sengkang 2 kaki D13, A= 132,785 mm²

Digunakan **D13 – 200**

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan perhitungan struktur dapat ditarik beberapa kesimpulan :

- Struktur jembatan yang direncanakan adalah struktur jembatan dengan metode statis tak tentu sehingga dalam perhitungan strukturnya digunakan *software SAP V.14*. untuk lebih memudahkan dalam perhitungan gaya – gaya dalam.
- Dari hasil analisis perhitungan struktur, seluruh dimensi yang direncanakan sesuai dengan syarat keamanan.

Abutmen

- Dari hasil perhitungan stabilitas struktur terhadap geser, guling dan daya dukung tanah, konstruksi abutmen masih memenuhi syarat keamanan.
- Dari hasil analisa struktur didapat jumlah pondasi *bore file* sebanyak 12 buah dengan diameter *bore file* sebesar 80 cm.

Pilar jembatan

- Dari hasil perhitungan stabilitas struktur terhadap geser, guling dan daya dukung tanah, konstruksi pilar jembatan masih memenuhi syarat keamanan..
- Dari hasil analisa struktur didapat jumlah pondasi *bore file* sebanyak 12 buah dengan diameter *bore file* sebesar 80 cm.
- Pada kolom ujung diberi pelat penahan tekanan tanah, *backwall* (pelat abutmen).

5.2 Saran

1. Pada perencanaan struktur atas jembatan lengkung masih perlu analisis yang lebih lanjut agar bisa menghasilkan struktur yang dapat dipertanggung jawabkan secara teknis.
2. Untuk mencapai perencanaan yang baik dan benar-benar matang maka diperlukan studi kelayakan yang teliti dan referensi yang lengkap.
3. Perhitungan struktur jembatan ini disarankan menggunakan *software SAP V.15*. khusus jembatan sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsroni, Ali. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Surakarta : Graha Ilmu.
- Christady, Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I Edisi ke-2*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Standar Pembebaran Untuk Jembatan* (RSNI T-02- 2005).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2004). *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan* (RSNI T-12– 2004).
- G. Nawy, Edward. (1998). *Beton Bertulang*. Bandung : Rafika Aditama.
- Ilham, M Noer, (2008). *Analisis Beban dan Kekuatan Abutmen Jembatan Wanagama*. Yogyakarta.
- Supriyadi, Bambang, DR. Ir. dan Setyo M Agus, ST. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta : Penerbit Beta Offset.