

STUDI PERENCANAAN JEMBATAN PRATEKAN DI TELUK LAMONG KECAMATAN BENOWO KOTA SURABAYA

Khoirul Wahidin (2070510002)

ABSTRAK

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Jembatan mempunyai arti penting guna memperlancar transportasi yang semakin berkembang dan juga sebagai penghubung, akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi setiap orang sehingga akan menjadi bahan studi yang menarik.

Perencanaan jembatan teluk lamong mengambil bentang 41,3 meter, dengan lebar 13,24 meter dengan menggunakan metode pratekan pasca tarik. Untuk pembebanan pada jembatan ini menggunakan peraturan Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton), RSNI4 (Perencanaan Struktur untuk Jembatan), dan BMS 1992.

Dari hasil perhitungan besi tulangan untuk plat lantai kendaraan adalah diameter 18 mm. Hasil perhitungan dimensi gelagar tipe beton pratekan tinggi 210 cm, lebar flens atas 80 cm, lebar flens bawah 70 cm, tebal flens atas 20 cm, tebal flens bawah 25 cm, tebal badan balok 20 cm. Semua dimensi yang dipakai memenuhi persyaratan dari beban yang bekerja. Tendon yang digunakan berjumlah 4buah tendon jumlah strand 19 dengan diameter 12,7 mm. Pada perencanaan abutment dipilih bentuk persegi. Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang dengan diameter 60 cm, kedalaman 13 meter, sebanyak 12 buah dan besi tulangan yang dipakai diameter 18 mm.

Kata Kunci : Struktur Jembatan, Beton Pratekan, Pondasi.

PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. rintangan ini dapat berupa jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Perkembangan transportasi yang semakin erat kaitannya dengan pembangunan, baik berupa pembangunan jalan maupun jembatan yang berfungsi untuk memperlancar arus kendaraan sehingga tercipta efisiensi waktu dalam beraktifitas.

Sebagaimana yang telah disebutkan di atas, jembatan mempunyai arti penting guna memperlancar transportasi yang semakin berkembang dan juga sebagai penghubung, akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi setiap orang sehingga akan menjadi bahan studi yang menarik.

Objek dari Tugas Akhir ini adalah jembatan penghubung dari titik A1 sampai titik P1 yang terletak di kecamatan Benowo, tepatnya di kota Surabaya dan bila dilihat dari geografis teluk lamong tambak osowilangun terletak 112° 40' garis bujur dan 07° 11" garis lintang selatan, bila dilihat dari waterfront adalah

tidak memerlukan pemecah gelombang karena posisi proyek terlindungi oleh pulau Madura.

Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan yang diharapkan dari studi perencanaan jembatan di teluk lamong ini adalah untuk merencanakan jembatan baru dengan konstruksi gelagar pratekan menggunakan Standar Pembebanan RSNI T-03-2005, sebagai karya ilmiah perencanaan konstruksi dari teori yang telah diterima dalam perkuliahan.

Sedangkan manfaat dari 'Studi Perencanaan Jembatan Pratekan di Teluk Lamong Kecamatan Benowo Kota Surabaya' adalah memberi alternatif perencanaan jembatan yang kokoh dan efisien serta memberikan gambaran serta masukan kepada instansi terkait keuntungan-keuntungan yang bisa didapat pada masa akan datang.

Identifikasi Masalah

`Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada bagian terdahulu maka permasalahan yang akan dibahas pada Studi Perencanaan Jembatan Pratekan di Teluk Lamong meliputi :

1. Yang melewati jembatan kendaraan besar sehingga perlu lantai kendaraan yang sesuai.
2. Direncanakan gelagar yang memenuhi syarat untuk menerima beban dari arus lalu lintas yang sangat padat.
3. Direncanakan abutment yang mampu menerima beban yang ada dan memenuhi syarat.
4. Karena struktur tanahnya dalam maka konstruksi pondasi yang sesuai dengan kondisi lapangan adalah pondasi tiang pancang.

Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dapat dirumuskan sebagai berikut, yaitu:

1. Berapa pembebanan dan dimensi plat lantai kendaraan?
2. Berapa dimensi gelagar beton pratekan?
3. Berapa dimensi abutment yang sesuai dengan kondisi jembatan?
4. Berapa ukuran pondasi yang di rencanakan?

TINJAUAN PUSTAKA

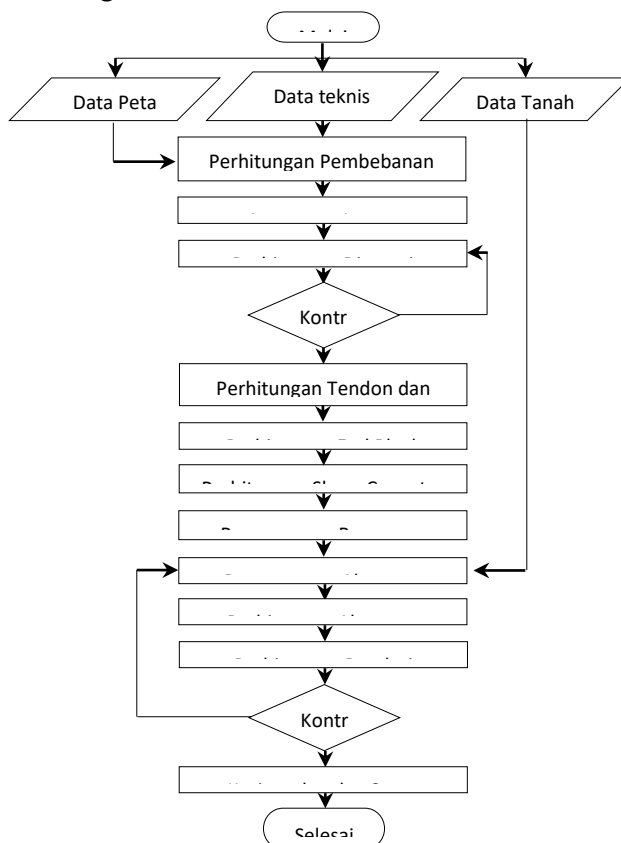
Sesuai dengan judul skripsi yaitu Studi Perencanaan Jembatan Pratekan di Teluk Lamong Kecamatan Benowo kota Surabaya, maka pembahasan hanya pada bangunan jembatan, yang meliputi:

1. Perhitungan plat lantai kendaraan
 - Pembebanan lantai kendaraan
2. Perhitungan Trotoar dan sandaran
 - Pembebanan trotoar
 - Pembebanan sandaran
3. Perhitungan gelagar beton pratekan
 - Perencanaan balok Prategang
 - Perhitungan statika
 - Tegangan ijin
4. Perhitungan Jumlah tendon
 - Perencanaan tendon
 - Perencanaan daerah aman tendon
 - Menentukan koordinat tendon
5. Perhitungan kontrol lendutan
 - Menentukan keadaan awal
 - Menentukan keadaan setelah kehilangan gaya prategang
6. Perhitungan balok ujung (End Block)
 - Gaya tarik pemecah
 - Besar gaya tarik pada lepas gumpal
7. Perhitungan abutment
 - Perencanaan abutment
 - Perhitungan pembebanan kepala jembatan

- Perhitungan gaya-gaya horizontal
 - Kontrol stabilitas
 - Penulangan abutment
8. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang
- Perhitungan berat sendiri pondasi
 - Perhitungan daya dukung pondasi
 - Menentukan jumlah pondasi
 - Kontrol jarak antar tiang pancang
 - Effisiensi satu tiang pancang dalam kelompok
 - Perhitungan penahan geser tiang pancang
 - Perhitungan penulangan pondasi tiang pancang

METODE PENELITIAN

Bagan Alir Studi Perencanaan



Data-data Perencanaan

Data Struktur

Tipe gelagar jembatan = Gel Pratekan

Panjang total jembatan 41,3 m

Lebar trotoar

2x0,75m

Lebar lantai kendaraan 11 m

Jarak gelagar memanjang 2,30 m

Tebal plat lantai kendaraan 0,25 m

Tebal plat lantai trotoar 0,25 m

– Plat lantai jembatan

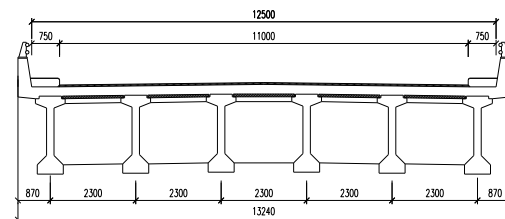
- Mutu baja tul (f_y) 240 Mpa

- Mutu beton (f_c') 35 Mpa

– Balok pracetak

- Mutu baja (f_y) 390 Mpa

- Mutu beton (f_c') 50 Mpa



Data Pembebanan

a) Lapisan aspal lantai kendaraan

- Tebal aspal 0,05 m

- Berat vol aspal 2240 kg/m³

Faktor beban K 1,3

(RSNI T-02-2005 Hal : 9)

b) Plat beton lantai trotoar

- Tebal plat beton 0,25 m

- Tebal tegel dan spesi 0,05 m

- Berat Volume beton bertulang= 2400 kg/m³

- Berat Volume tegel dan spesi = 2240 kg/m³

Faktor beban K 1,3

(RSNI T-02-2005 Hal : 9)

c) Plat beton lantai kendaraan

- Tebal plat beton

= 0,25 m

- Berat Volume beton bertulang = 2400 kg/m³

Faktor beban K 1,3

(RSNI T-02-2005 Hal : 9)

d) Air hujan dengan faktor beban

- Tinggi air hujan = 0,05 m

- Berat Volume air hujan =
1000 kg/m³

Faktor beban K 2,0

(RSNI T-02-2005 Hal : 11)

Perencanaan Plat Lantai

Pembebanan Lantai Kendaraan

a. Beban Mati

B.S Plat beton

$0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780 \text{ kg/m}$

Berat lapisan aspal

$0,05 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,6 \text{ kg/m}$

Berat air hujan

$0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$

$q_1 = 1025,6 \text{ kg/m}$

cacatan : 1,00 adalah tiap meter panjang plat

b. Beban Hidup

- Muatan 'T' yang bekerja pada lantai kendaraan adalah tekanan gandar = 225 kN = 22500 kg, atau tekanan roda sebesar = 11250 kg (RSNI T-02-2005

Hal : 19)

- Faktor beban dinamis "FBD" untuk beban T diambil 30%

FBD = 0,30

Faktor beban Ku;TT = 1,8 (RSNI

T-02-2005 Hal : 19)

Maka P

$(1 + 0,30) \times 11250 = 14625 \text{ kg}$

Jadi beban total hidup P

14625 kg

Pult atau Beban

$T = 1,8 \times 14625 = 26325 \text{ kg}$

Pembebanan Trotoar

Beban mati

B.s Plat beton

$0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780 \text{ kg/m}$

Berat spesi + tegel

$0,05 \times 1 \times 2200 \times 1,3 = 143 \text{ kg/m}$

Berat air hujan

$0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$

$q_2 = 1023 \text{ kg/m}$

Pembebanan Sandaran

Jarak sandaran baja 3m

Ø pipa 3" = 76,3 mm

(Sunggono, 1995, Hal 299)

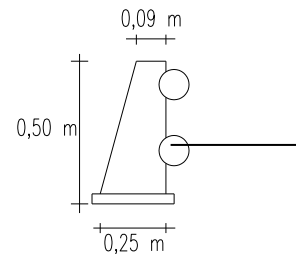
Tebal 3,2 mm

Berat pipa 5,77

kg/m

Brt. pipa sandaran

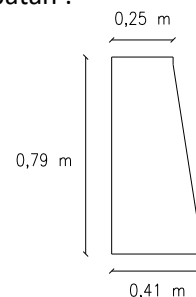
$3,00 \times 5,77 \times 1,00 \times 1,3 = 22,50 \text{ kg/m}$



Brt. Plat Baja sandaran

$\frac{0,09 + 0,25}{2} \times 0,5 \times 0,025 \times 7850 \times 1,00 \times 1,1$
 $= 18,350 \text{ kg/m}$

Tiang sandaran beton sepanjang jembatan :



Luas Trapesium

$\frac{1}{2} (\text{jumlah sisi sejajar}) \times t$
 $= \frac{1}{2} \times (0,25 + 0,41) \times 0,79 = 0,260 \text{ m}^2$

Jadi berat tiang sandaran

$0,260 \times 2400 \times 1,00 \times 1,3 = 811,2 \text{ kg/m}$

$q_3 = 852,05 \text{ kg/m}$

$q_4 = q_2 + q_3$

$= 1023 + 852,05$

$q_4 = 1875,05 \text{ kg/m}$

Catatan: 1,00 adalah tiap meter panjang plat

Beban hidup
Beban hidup Trotoar
Faktor beban = 1,8 (RSNI T-02-2005, Hal : 19)
Beban hidup trotoar harus
diperhitungkan terhadap beban hidup
sebesar :
 $q_s = 5 \text{ Kpa} = 500 \text{ kg/m}^2$
(RSNI T-02-2005 Hal : 24)

$$q_5 = 500 \times 1 \times 1,8 = 900 \text{ kg/m}^2$$

PEMBAHASAN

Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{L_y}{L_x} \quad (\text{Istimawan, 1994 Hal : 45})$$

$$\text{Maka } \beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{600}{230} = 2,60 > 2 \text{ (Pelat satu arah)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 35}{240} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 240} = 0,075$$

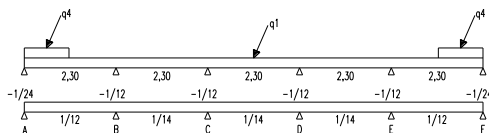
$$\rho_{\text{Max}} = 0,75 \times 0,075 = 0,056$$

$$\rho_{\text{Min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$d = h - \frac{1}{2} \phi - \text{tebal selimut beton}$$

$$= 250 - (\frac{1}{2} \times 16) - 25 = 217 \text{ mm}$$

Momen akibat beban mati



Momen pada tumpuan:

$$M_A = M_F = -1/24 \times q_1 \times L^2$$

$$= -1/24 \times 1025,6 \times 2,30^2$$

$$= -226,059 \text{ kg.m}$$

$$M_B = M_C = M_D = M_E = -1/12 \times q_1 \times L^2$$

$$= -1/12 \times 1025,6 \times 2,30^2$$

$$= -452,118 \text{ kg.m}$$

Momen pada lapangan:

$$M_{AB} = M_{EF} = 1/12 \times q_1 \times L^2$$

$$= 1/12 \times 1025,6 \times 2,30^2$$

$$= 452,118 \text{ kg.m}$$

$$M_{BC} = M_{CD} = M_{DE} = 1/14 \times q_1 \times L^2$$

$$= 1/14 \times 1025,6 \times 2,30^2$$

$$= 387,530 \text{ kg.m}$$

Momen akibat beban hidup

$$S \rightarrow 2,30 \text{ m} - 0,80 = 1,5 \text{ m}$$

$$MT = ML = 0,8 \times \frac{S + 0,6}{10} \times P_{\text{ult}}$$

$$= 0,8 \times \frac{S + 0,6}{10} \times 26325$$

$$= 4422,6 \text{ kg.m}$$

Penulangan plat lantai kendaraan arah melintang (Y)

Penulangan pada tumpuan - lapangan

$$M_U = 452,118 + 4422,6 = 4874,718 \text{ kg.m} = 48,74718 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{4874,718}{0,8} = 6093,397 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{6093,397 \times 10^4}{1000 \times 217^2}$$

$$= 1,2940 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{240}{0,85 \times 35}$$

$$= 8,07 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{8,07} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,07 \times 1,2940}{240}} \right)$$

$$= 0,0107$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0058 < \rho = 0,0107 < \rho_{\text{max}} = 0,056$$

Maka dipakai $\rho = 0,0107$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0107 \times 1000 \times 217$$

$$= 2321,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{S'} = 20\% \times A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$= 20\% \times 2321,9$$

$$= 464,38 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan tarik D_{18-100} ; $A_s = 2544,7 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan tekan D_{10-150} ; $A_s = 523,6 \text{ mm}^2$

(Istimawan, 1994 Hal : 459)

Penulangan plat lantai kendaraan arah memanjang (x)

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak maksimum antara tulangan} = \frac{78,5}{434} \times 1000 = 180,87 \text{ mm}$$

Perhitungan pipa sandaran

Direncanakan menggunakan pipa :

Diameter pipa (ϕ) = 3 inch x 25,4 = 76,3 mm

Berat pipa (qd) = 5,77 kg/m

Tebal pipa (t) = 2,8 mm

Beban volume pipa (W) = 11,5 cm³

Beban horizontal (bh) = 100 kg/m

$$\text{Momen arah horizontal} = \frac{1}{8} \cdot B_h \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 100 \cdot 3^2$$

$$\begin{aligned} \text{Momen vertikal} &= \frac{1}{8} \cdot q_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 5,77 \cdot 3^2 \\ &= 6,49 \text{ kgm} = 649,1 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

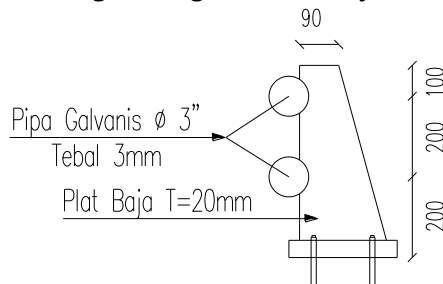
Tegangan yang terjadi akibat beban horizontal :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{W} = \frac{11250}{11,5} \\ &= 978,260 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi akibat berat sendiri :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{W} = \frac{649,1}{11,5} \\ &= 56,443 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tiang sandaran baja



$$(H) = 100 \times 3 = 300 \text{ kg.}$$

Tebal plat baja (b) = 20 mm = 2 cm

Lebar plat baja (h) = 170 mm = 17 cm

Momen yang ditahan tiang sandaran :

$$\begin{aligned} M &= H \times L = 300 \times 0,50 = 150 \text{ kgm} \\ &= 15000 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{6} b h^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 2 \times 17^2 = 96,33 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{W} = \frac{15000}{96,33} \\ &= 155,714 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan angkur

4Ø20 – 200

$$\begin{aligned} \text{Geser: } R_n &= 0,75 \times 0,5 \times 825 \times 1 \times \\ &= 9,71 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tumpu: } R_n &= 0,75 \times 2,4 \times 20 \times 20 \times 240 \\ &= 17,28 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Tahanan untuk 4 angkur:

$$T_n = 4 \times 9,71 = 38,84 \text{ ton}$$

Dari 3 kemungkinan tersebut

ØT_n = 38,84 ton yang menentukan

Jadi beban hidup yang terjadi sebesar D + L = 6,47 + 19,42 = 25,89 ton. Sehingga tahanan angkur (38,84 ton) > beban hidup yang bekerja (25,89 ton) jadi angkur 4 Ø 20 mampu menahan beban.

Perhitungan penulangan beton barrier

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 35}{240} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 240} = 0,075 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,075 = 0,056$$

$$\rho_{\text{Min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} d &= \text{tebal selimut beton} - H - \frac{1}{2} \phi \\ &= 250 - 50 - \frac{1}{2} \times 12 = 194 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= q_3 + M_l \\ &= 852,05 + 79 = 931,05 \text{ kg.m} \\ &= 9,31 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{931,05}{0,8} = 1163,81 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{1163,81 \times 10^4}{1000 \times 194^2} \\ &= 0,3092 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times 35} \\ &= \frac{240}{0,85 \times 35} \\ &= 8,07 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{8,07} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,07 \times 0,3092}{240}} \right)$$

$$= 0,00257$$

$$\rho_{min} = 0,0058 < \rho =$$

$$0,00257 < \rho_{max} = 0,056$$

Maka dipakai $\rho = 0,00257$

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00257 \times 1000 \times 194$$

$$= 498,58 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 20\% \times A_{s_{perlu}}$$

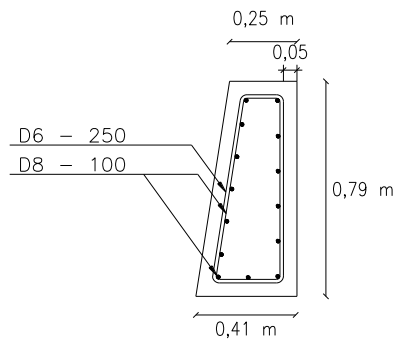
$$= 20\% \times 498,58$$

$$= 99,716 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan tarik $D_{8-100} = 502,7 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan tekan $D_{6-250} = 113,1 \text{ mm}^2$

(Istimawan, 1994 Hal : 459)



Kontrol Gaya Geser Pons Lantai

Muatan "T" dengan $P = 25 \text{ kN}$ dan luas bidang kontak roda $125 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$.

(RSNI T – 02 – 2005, Hal 19)

Karena $f_{cv} = 2,262 \text{ Mpa} \geq 0,34 \times \sqrt{35} = 2,011 \text{ Mpa}$, maka:

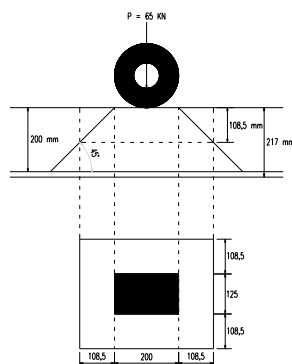
$$V_{uc} = u \times d \times f_{cv}$$

$$= 1518 \times 217 \times 2,262$$

$$= 745116,372 \text{ N} \quad 745,116 \text{ kN}$$

$$P = 65 \text{ kN} < V_{uc} = 745,116 \text{ kN} \dots \text{(tidak}$$

perlu tulangan geser)



Muatan "T" dengan $P = 112,5 \text{ kN}$ dan luas bidang kontak roda $200 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$.

$$f_{cv} = 0,17 \times \left\{ 1 + \left(\frac{2}{500/225} \right) \right\} \times \sqrt{35} =$$

$$1,911 \text{ Mpa}$$

$$0,34 \times \sqrt{f_{c'}} < f_{cv}$$

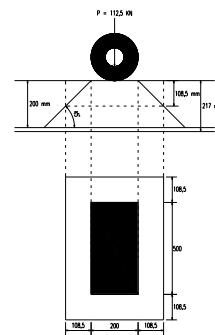
$$0,34 \times \sqrt{35} = 2,011 \text{ Mpa} < f_{cv} = 1,911 \text{ Mpa}$$

$$V_{uc} = u \times d \times f_{cv}$$

$$= 2268 \times 217 \times 1,911 = 940510,116 \text{ N}$$

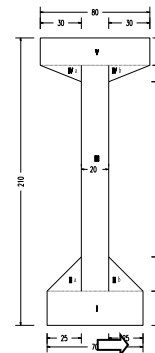
$$940,51 \text{ kN}$$

$$P = 65 \text{ kN} < V_{uc} = 940,51 \text{ kN}$$



Perencanaan Balok Pratekan

A. Sebelum Komposit



Statis Momen (F.a) Sebelum Komposit

No	Luas penampang (F) cm ²	Jarak titik pusat terhadap serat bawah (a) cm	Statis momen (F.a) cm ³
1	70 x 25 = 1750	12,5	21875
2a	0,5 x 25 x 25 = 312,5	33,33	10416,67

2b	0,5 x 25 x 25 = 312,5	33,33	I_5 10416,67
3	165 x 20 = 3300	107,5	Total I 354750
4 _a	0,5 x 30 x 12 = 180	186	33480
4 _b	0,5 x 30 x 12 = 180	186	33480
5	80 x 20 = 1600	200	320000
Total	7635	758,67	784418,33

$$= \left(\frac{1}{12} \times 80 \times 20^3 \right) + 1600 (97,26)^2$$

$$= 15188545,49 \text{ cm}^4$$

$$= 42622999,26 \text{ cm}^4$$

Jari inersia (i)

$$i = \frac{\sum I}{\sum F} = \frac{42622999,26}{7635} = 5582,58 \text{ cm}^2$$

letak kern (titik inti)

$$\text{kern bawah : } k_a = \frac{i^2}{Y_b} = \frac{5582,58}{102,74} = 54,34 \text{ cm}$$

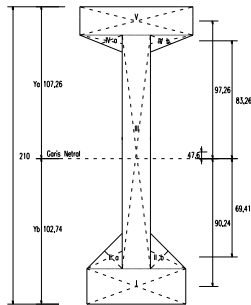
$$\text{kern atas : } k_b = \frac{i^2}{Y_a} = \frac{5582,58}{107,26} = 52,05 \text{ cm}$$

Jarak garis netral (c.g.c)

$$\text{Terhadap sisi bawah : } Y_b = \frac{\sum F \times a}{\sum F}$$

$$= \frac{784418,33}{7635} = 102,74 \text{ cm}$$

$$\text{Terhadap sisi atas : } Y_a = 210 - 102,74 = 107,26 \text{ cm}$$



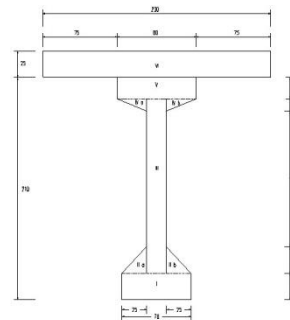
B. Sesudah komposit

Penentuan lebar efektif (beff), diambil nilai terkecil dari:

1. Jarak as ke as balok gelagar
2. $\frac{1}{4} \times L$ balok gelagar
3. 12 x tebal plat

1. Jarak as ke as 230 cm
2. $\frac{1}{4} \times 4130 \text{ cm} = 1032 \text{ cm}$
3. 12 x 25 cm = 300 cm

Maka $B_{\text{eff}} = 230 \text{ cm}$



Mencari momen inersia :

$$I_1 = \left(\frac{1}{12} \times 70 \times 25^3 \right) + 1750 (90,24)^2$$

$$= 14341846,63 \text{ cm}^4$$

$$I_{2a} = \left(\frac{1}{36} \times 25 \times 25^3 \right) + 312,5 (69,41)^2$$

$$= 1516396,98 \text{ cm}^4$$

$$I_{2b} = \left(\frac{1}{36} \times 25 \times 25^3 \right) + 312,5 (69,41)^2$$

$$= 1516396,98 \text{ cm}^4$$

$$I_3 = \left(\frac{1}{12} \times 20 \times 165^3 \right) + 3300 (4,76)^2$$

$$= 7561331,25 \text{ cm}^4$$

$$I_{4a} = \left(\frac{1}{36} \times 30 \times 12^3 \right) + 180 (83,26)^2$$

$$= 1249240,97 \text{ cm}^4$$

$$I_{4b} = \left(\frac{1}{36} \times 30 \times 12^3 \right) + 180 (83,26)^2$$

$$= 1249240,97 \text{ cm}^4$$

Statis Momen Sesudah Komposit

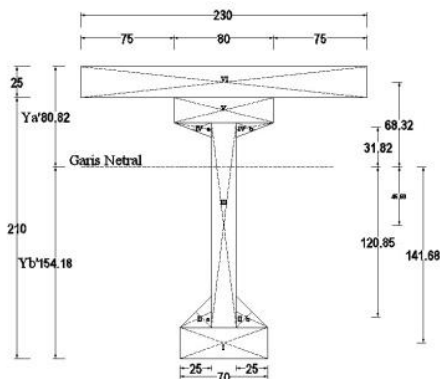
No	Luas penampang (F) cm ²	Jarak titik pusat terhadap serat bawah (a) cm	Statis momen (F.a) cm ³
1	70 x 25 = 1750	12,5	21875
2a	0,5 x 25 x 25 = 312,5	33,33	10415,63
2b	0,5 x 25 x 25 = 312,5	33,33	10415,63

3	165 x 20 3300	=	107,5	354750
4 _a	0,5 x 30 x 12 =180		186	33480
4 _b	0,5 x 30 x 12 =180		186	33480
5	80 x 20 1600	=	200	320000
6	230 x 25 5750	=	222,5	1279375
Tota I	13385		981,16	2063791,2 5

Jarak garis netral (c.g.c)

$$\text{Terhadap sisi bawah : } Y_{b'} = \frac{\sum F \times a}{\sum F} = \frac{2063791,25}{13385} = 154,18 \text{ cm}$$

$$\text{Terhadap sisi atas : } Y_{a'} = 235 - 154,18 = 80,82 \text{ cm}$$



$$I_{\text{komp}} = I_{\text{pracetak}} + F_{\text{pracetak}} (Y_{b'} - Y_b)^2 + I_6 + F_6 \times a^2$$

$$= 42622999,26 + 7635 \times (154,18 - 102,74)^2 + \left(\frac{1}{12} \times 230 \times 25^3\right) + 5750 \times 68,32^2 = 89964079,16 \text{ cm}^4$$

Jari – jari inersia

$$i^2 = \frac{I_{\text{komp}}}{\sum F} = \frac{89964079,16}{13385} = 6721,26 \text{ cm}^2$$

letak kern (titik inti)

$$\text{kern bawah : } k_{a'} = \frac{i^2}{Y_{b'}} = \frac{6721,26}{154,18} = 43,59 \text{ cm}$$

$$\text{kern atas : } k_{b'} = \frac{i^2}{Y_{a'}} = \frac{6721,26}{80,82} = 83,16 \text{ cm}$$

1. Perhitungan Statika

1) Perhitungan beban penampang komposit

Hal-hal yang perlu dihitung dalam perhitungan statika balok adalah:

a. Beban primer

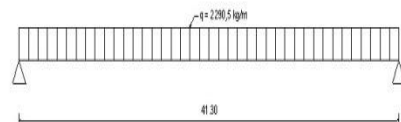
• Berat Sendiri Balok

Luas balok penampang

$$A = 7635 \text{ cm}^2 = 0,7635 \text{ m}^2$$

$$q = A \times \gamma_{\text{Beton}} = 0,7635 \times 2500 \times 1,2 = 2290,5 \text{ kg/m}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{1}{8} \times 2290,5 \times 41,3^2 = 488360,36 \text{ kgm}$$



• Berat Plat Lantai Kendaraan

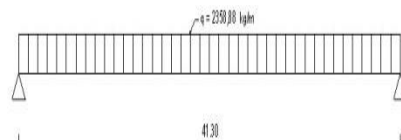
(Tebal plat x jarak gelagar memanjang x berat volume x faktor beban)

$$\text{Berat plat lantai} = 0,25 \times 2,3 \times 2400 \times 1,3 = 1794 \text{ kg/m}$$

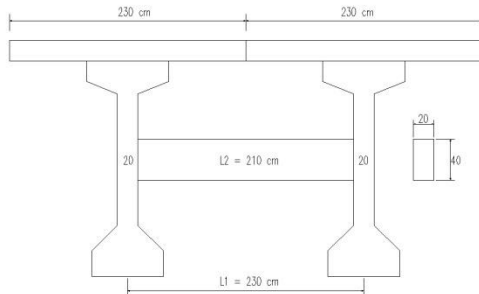
$$\text{Berat aspal} = 0,05 \times 2,3 \times 2240 \times 1,3 = 334,88 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat air hujan} = 0,05 \times 2,3 \times 1000 \times 2,0 = 230 \text{ kg/m}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{1}{8} \times 2358,88 \times 41,3^2 = 502939,75 \text{ kgm}$$



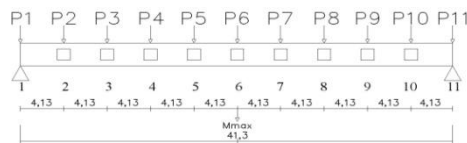
• Akibat Beban Balok Diafragma



Gambar Balok Diafragma

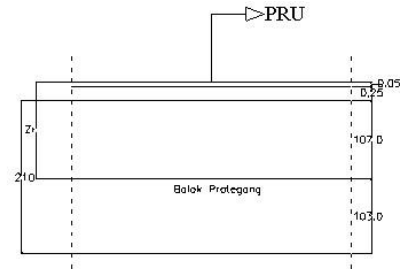
Ukuran balok diafragma:

- $L_1 = 230 \text{ cm}$
- $L_2 = 230 \text{ cm} - 20 \text{ cm} = 210 \text{ cm}$
- $h = 40 \text{ cm}$
- $b = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 40 = 20 \text{ cm}$



$$\begin{aligned}
 P &= 0,20 \times 0,40 \times 2,10 \times 2,4 \\
 &= 0,4032 \text{ ton} = 403,2 \text{ kg} \\
 \text{Jumlah diafragma} &= 11 \text{ buah} \\
 P_{\text{tot}} &= 403,2 \times 11 = 4435,2 \text{ kg} \\
 \text{Maka, RA} &= \text{RB} = \frac{4435,2}{2} = 2217,6 \text{ kg} \\
 M_{\text{max}} &= 2217,6 \times 20,65 - 403,2 \times 20,65 - \\
 &403,2 \times 16,52 \\
 &- 403,2 \times 12,39 - 403,2 \times 8,26 - 403,2 \times \\
 &4,13 \\
 &= 20815,2 \text{ kgm} \\
 \bullet \text{ Beban hidup} \\
 M_{L1} &= \frac{1}{8} \times q' \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 3215,95 \times 41,3^2 = 685676,71 \text{ kgm} \\
 \bullet \text{ Akibat beban garis "P" : factor} \\
 &\text{beban} = 1,8 \\
 M_{L2} &= \frac{1}{4} \times P \times L \\
 &= \frac{1}{4} \times 11466 \times 41,3 = 118386,45 \text{ kgm} \\
 \bullet \text{ Akibat gaya rem}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_r &= \text{tebal aspal} + \text{plat beton} + Y_a \\
 &= 0,05 + 0,25 + 1,072 = 1,372 \text{ m} \\
 M_r &= \text{PRU} \times Z_r = 8100 \times 1,372 = 11113,2 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$



Momen	Besar Momen (kgm)
Akibat berat balok pratekan	488360,36
Akibat berat lantai kendaraan	502939,75
Akibat berat diafragma	20815,2
Akibat beban hidup	685676,71
Akibat beban angin	2336,80
Akibat beban rem	11113,2
Jumlah Total	1711242,02

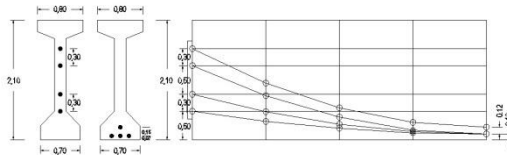
2. Tegangan Ijin

$$\begin{aligned}
 \text{a. Tegangan tarik } (f_c) \\
 f_c &= 0,25 \sqrt{f'_c} = 0,25 \sqrt{50} = 1,768 \\
 M_{pa} &= 17,68 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{tegangan tekan } (f_{ci}) \\
 f_{ci} &= 0,6 \times f_c = 0,6 \times 50 = 30 \\
 M_{pa} &= 300 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{b. Tegangan tarik } (f'_{ct}) \\
 f'_{ct} &= 0,5 \sqrt{f'_c} = 0,5 \sqrt{50} = 3,535 \\
 M_{pa} &= 35,35 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Tegangan tekan } (f'_{c}) \\
 f'_{c} &= 0,45 \sqrt{f'_c} = 0,45 \sqrt{50} = 3,182 \\
 M_{pa} &= 31,82 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

(SK SNI 03-2847-2002 hal 175-176 pasal 20.4(1)&(2))

Jalur Tendon

Jarak x	Posisi masing – masing kabel			
	Tendo n 1 (Y ₁)	Tendo n 2 (Y ₂)	Tendo n 3 (Y ₃)	Tendo n 4 (Y ₄)
516	99,65	77,52	49,38	32,50
103 2	56,53	40,02	27,52	20,01
154 8	30,65	17,52	14,38	12,50
206 4	22	10	10	10



Kontrol Tegangan

Pemeriksaan tegangan pada penampang harus ditinjau dalam beberapa keadaan yaitu :

A. Keadaan awal

$$f_a = -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o x e x y_a}{I} - \frac{MG x y_a}{I}$$

$$= -\frac{1474890,76}{42622999,26} + \frac{7635}{1253657,15 x 90 x 107,26} - \frac{48836036 x 107,26}{42622999,26}$$

$$= 17,96 \text{ cm}$$

$$f_b = -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o x e x y_b}{I} - \frac{MG x y_b}{I}$$

$$= -\frac{1474890,76}{42622999,26} + \frac{7635}{1253657,15 x 90 x 102,74} - \frac{48836036 x 102,74}{42622999,26}$$

$$= 9,07 \text{ cm}$$

B. Keadaan setelah kehilangan gaya pratekan

$$f_a = -\frac{F}{A} + \frac{F x e x y_a}{I} - \frac{MG x y_a}{I}$$

$$= -\frac{1253657,15}{7635} + \frac{1253657,15 x 90 x 107,26}{42622999,26} - \frac{48836036 x 107,26}{42622999,26}$$

$$= -3,16 \text{ cm}$$

$$f_b = -\frac{F}{A} + \frac{F x e x y_b}{I} - \frac{MG x y_b}{I}$$

$$= -\frac{1253657,15}{7635} + \frac{1253657,15 x 90 x 102,74}{42622999,26} - \frac{48836036 x 102,74}{42622999,26}$$

$$= -9,94 \text{ cm}$$

C. Keadaan setelah plat lantai dicor

$$f_a = -\frac{F}{A} + \frac{F x e x y_a}{I} - \frac{MD x y_a}{I}$$

$$= -\frac{1253657,15}{7635} + \frac{1253657,15 x 90 x 107,26}{42622999,26} - \frac{101211531 x 107,26}{42622999,26}$$

$$= -134,96 \text{ cm}$$

$$f_b = -\frac{F}{A} + \frac{F x e x y_b}{I} - \frac{MD x y_b}{I}$$

$$= -\frac{1253657,15}{7635} + \frac{1253657,15 x 90 x 102,74}{42622999,26} - \frac{101211531 x 102,74}{42622999,26}$$

$$= -136,19 \text{ cm}$$

D. Keadaan setelah beban luar bekerja

$$f_a = \frac{ML x Y_a'}{I}$$

$$= \frac{69912671 x 80,82}{42622999,26} = 132,56 \text{ cm}$$

$$f_b = \frac{ML x Y_b'}{I}$$

$$= \frac{69912671 x 154,18}{42622999,26} = 252,90 \text{ cm}$$

Kontrol kehilangan tegangan

Total kehilangan gaya prapenegangan adalah :

$$f_{st} = 2789,28 \text{ kg/cm}^2$$

Prosentasi kehilangan tegangan adalah:

$$\frac{f_{st}}{f_{pu}} x 100\% = \frac{2789,28}{18621,9} x 100$$

$$= 14 \% < 15 \% \dots \text{Aman !}$$

Kontrol Terhadap Geser

1. Akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 R_a &= R_b \\
 &= \frac{1}{2} \times q \times L + \left(\frac{1}{2} \times p \times 6,25 \right) \\
 &= \frac{1}{2} \times 4649,38 \times 41,3 + \left(\frac{1}{2} \times 403,2 \times 6,25 \right) \\
 &= 97269,69 \text{ kg} \\
 V_{td} &= \text{sepanjang } 1,05 \text{ cm} \\
 V_{td} &= R_a - p - (q \times 1,05) \\
 &= 97269,69 - 403,2 - (4649,38 \times 1,05) \\
 &= 91984,64 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi sejauh 1m dari tumpuan :

$$\begin{aligned}
 M_{DL} &= R_a \times x - \left(\frac{1}{2} \times q \times x^2 \right) - p \times x \\
 &= 97269,69 \times 1,05 - \left(\frac{1}{2} \times 4649,38 \times 1,05^2 \right) - 403,2 \times 1,05 \\
 &= 99146,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Akibat beban hidup

Momen yang terjadi pada jarak 1,05m adalah :

$$\begin{aligned}
 M_{LL} &= 96412,89 \times 1,05 - \left(\frac{1}{2} \times 4649,38 \times 1,05^2 \right) - (403,2 \times 1,05) \\
 &= 98247,20 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kuat geser

$$V_u = 91984,64 + 91531,04 = 183515,68 \text{ kg}$$

$$M_u = 99146,84 + 98247,20 = 197394,04 \text{ kg}$$

Kuat geser beton

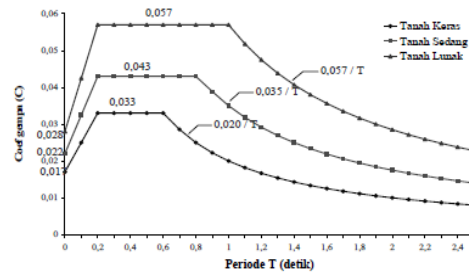
$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{20} + \frac{5 \times 183515,68 \times 1,68}{197394,04} \times 2 \times \\
 &1,68 = 26,28 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$A_v = 2 \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \right) = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$V = \frac{183515,68}{0,85} - 26,28 = 215874,52 \text{ kg}$$

Gaya – gaya Horizontal

a. Akibat gaya gempa



No	Luas (m ²)	Jarak (m)	Luas x Jarak (m ³)
1	1,10 x 1,40 x 13,24 = 20,40	1,70	34,68
2	1,00 x 2,40 x 13,24 = 31,77	1,20	38,12
Σ	52,17		72,8

$$\begin{aligned}
 Y &= \left[\frac{72,8}{52,17} \right] \\
 &= 1,40
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{TEQ} &= T_{EQ} \times \text{jarak titik berat abutment} \\
 &= 34210,32 \times 1,40 = 47894,45 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kombinasi pembebanan

Beban Vertikal

$$\Sigma V = 1055874,06 \text{ kg}$$

$$\Sigma MV = 1292546,87 \text{ kg.m}$$

Beban Horizontal

$$\Sigma H = 34210,32 \text{ kg}$$

$$\Sigma MH = 47894,45 \text{ kg.m}$$

Kontrol stabilitas

Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = \frac{1292546,87}{47894,45} \\
 &= 26,99 > 1,5 \dots \dots \dots (\text{ok})
 \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma V \times \tan \theta}{\Sigma H} = \frac{1055874,06 \times \tan 35}{34210,32} \\
 &= 18,91 > 1,5 \dots (\text{ok})
 \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap eksentritas

$$e = \frac{1}{2} \times 2,40 - \frac{1292546,87 - 47894,45}{1055874,06} < \frac{1}{6} \times 2,40$$

$$= 0,02 < 0,4 \dots \dots \dots (\text{ok})$$

Stabilitas terhadap tegangan tanah

$$\sigma = \frac{1055,87}{13,24 \times 2,40} \left\{ 1 \pm \frac{6 \times 0,02}{2,40} \right\}$$

$$= 33,23 \{ 1 \pm 0,05 \}$$

$$\sigma_{\max} = 33,23 \{ 1 + 0,05 \} = 34,90 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = 33,23 \{ 1 - 0,05 \} = 31,57 \text{ ton/m}^2$$

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Kemampuan terhadap kekuatan bahan tiang

$$A_{\text{tiang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (60)^2$$

$$= 2826 \text{ cm}^2$$

$$P = \sigma_{\text{bahan}} \times A_{\text{tiang}}$$

$$= 225 \times 2826$$

$$= 635850 \text{ kg} = 635,85 \text{ ton}$$

Kemampuan terhadap kekuatan tanah

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{2826 \times 100}{3}$$

$$= 94200 \text{ kg} = 94,2 \text{ ton}$$

Nilai JHP

Kedalaman	Perhitungan	Nilai cleef (kg/cm ²)
0 – 2 m	$\frac{120 - 0}{300}$	0,6
2 – 4 m	$\frac{160 - 120}{300}$	0,2
4 – 6 m	$\frac{195 - 160}{300}$	0,17
6 – 8 m	$\frac{240 - 195}{300}$	0,22
8 – 13 m	$\frac{290 - 240}{300}$	0,25

Daya dukung keseimbangan total

$$= 94,2 + 16,05 = 110,25 \text{ ton}$$

Berat sendiri tiang

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \times 13 \times 2,5$$

$$= 9,184 \text{ ton}$$

Maka kemampuan daya dukung untuk satu tiang pancang

$$= 110,25 - 9,184 = 101,06 \text{ ton}$$

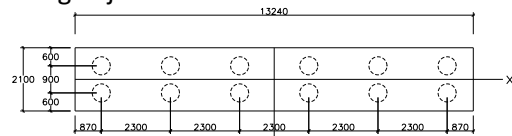
$$101,06 < P_{\text{bahan tiang}} = 635,85 \text{ ton}$$

Menentukan jumlah tiang

$$N = \frac{1055,87}{101,06}$$

$$= 10,44 \sim 11 \text{ buah}$$

Dicoba menggunakan tiang pancang dengan jumlah 12 buah



Jarak tiang pancang

Kontrol jarak tiang pancang

$$S \leq \frac{1,57 \times 0,6 \times 2 \times 6}{2 + 6 - 2}$$

$$S \leq 1,88 \text{ m} = 188 \text{ cm}$$

Kontrol S

$$2,5 D \leq S \leq 3 D$$

$$2,5 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$$

$$150 \leq S \leq 180, \text{ diambil } S = 180 \leq 188$$

Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang

$$\eta = 1 - \frac{14,60}{90} \left\{ \frac{(6-1) 2 + (2-1) \times 6}{2 \times 6} \right\}$$

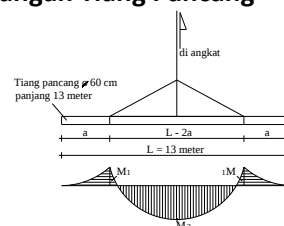
$$= 1 - 0,163 (1,333) = 1,116$$

Maka daya dukung tiang tegak = $\eta \times Q_{sp}$

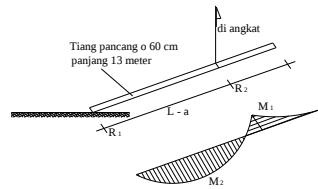
$$= 1,116 \times 101,06 \text{ ton}$$

$$= 112,78 \text{ ton}$$

Penulangan Tiang Pancang



Gaya angkat pada kondisi I



Gaya angkat pada kondisi II

Jadi momen yang paling menentukan adalah pada kondisi I (diambil momen terbesar).

Dipakai rencana rulangan $\emptyset 19$

$$d = 600 - 80 - \left(\frac{1}{2} \times 19\right) - 13 = 497,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{14924,82 \times 10^6}{0,8 \times 600 \times 497,5^2} = 1,25$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

$$W = 0,85 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times R_n}{f_c}}\right) = 0,85 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 1,25}{60}}\right) = 0,030$$

$$\rho = W \times \frac{f_c}{f_y} = 0,030 \times \frac{60}{390} = 0,0046$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,0046$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0067 \times 600 \times 497,5 = 1999,95 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok 10 $\emptyset 16$: 2010,6 mm²

Tulangan geser :

Untuk tulangan geser menggunakan tulangan spiral D12

$$\text{Rumus : } 0,45 \times \left(\frac{282600}{212264} - 1\right) \times \frac{60}{240} = 0,037$$

Sedangkan jarak spesi maksimum diperoleh dengan cara :

$$Asp = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

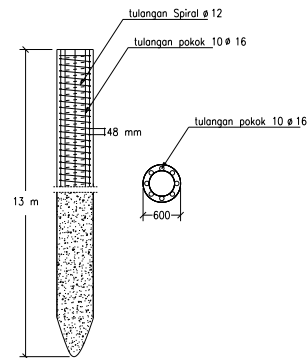
$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_s \text{ aktual} &= \frac{4 \times Asp}{f_y \times p_{s_{\min}}} \\ &= \frac{4 \times 113,043}{240 \times 0,037} \\ &= 50,92 \text{ mm} \sim 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk menentukan jarak spasi bersih lilitan spiral tidak boleh lebih dari 88 mm dan kurang dari 15 mm, maka :

$$\text{Jarak spasi bersih} = 60 - 12 = 48 \text{ mm}$$



Penulangan Tiang Pancang

KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan Studi Perencanaan Jembatan Pratekan di Teluk Lamong Kecamatan Benowo Kota Surabaya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Hasil perencanaan besarnya pembebanan yang terjadi pada lantai kendaraan
 - Perhitungan beban penampang komposit pada :
 - Beban primer
 - Berat plat lantai kendaraan : 2358,88 kg/m
 - Beban hidup : 3215,95 kg/m
 - Beban garis "P" : 11466 kg
 - Beban sandaran dan beton barier : 1875,05 kg/m

- b. Beban sekunder
 - Beban angin :10,96 kg/m
 - Akibat gaya rem :8100 kg/m

2. Hasil perhitungan dimensi gelagar tipe beton pratekan :
 - Tinggi : 210 cm
 - Lebar flens atas : 80 cm
 - Lebar flens bawah : 70 cm
 - Tebal flens atas : 20 cm
 - Tebal flens bawah : 25 cm
 - Tebal badan balok : 20 cm
3. Dari perhitungan dan data yang ada maka direncanakan ukuran abutment untuk tinggi 2,10 m panjang abutment sesuai dengan lebar 13,24 m, lebar abutment 2,40 m.
4. Pondasi yang dipakai adalah pondasi tiang pancang dikarenakan pondasi ini sesuai dengan yang ada dilapangan dengan kedalaman 13 meter, diameter luar 60 cm, diameter dalam 52 cm serta jumlah pondasi sebanyak 12 buah.

SARAN

1. Dalam merencanakan konstruksi jembatan perlu diperhatikan adalah kondisi lapangan yang nantinya akan berpengaruh pada bahan yang digunakan.
2. Dalam merencanakan konstruksi jembatan perlu diperhatikan adalah faktor aman dari konstruksi tersebut dan sebaiknya dalam medimensi harus mendekati faktor aman yang diijinkan, sehingga pendimensian tidak dikatakan pemborosan.
3. Dalam merencanakan konstruksi jembatan yang harus dipertimbangkan perencanaan

struktur yang digunakan, baik struktur atas maupun struktur bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. **Perencanaan Jembatan Teluk Lamong**. PT. Virama Karya Gresik
- Anonim. 2010. **Data Bor Tanah**. PT. Virama Karya Gresik
- Gideon H. Kusuma M.Eng.1993. **Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang**. Jilid 1. Penerbit Erlangga.
- Gunawan T. 1999. **Struktur Beton Bertulang**. Jilid 1
- E. Bowles 1993. **Analisis Dan Desain Pondasi**. Edisi Keempat Jilid 2. Penerbit Erlangga.
- Hadipratomo Winarni. **Struktur Beton Prategang**. Jakarta
- Hery C.H 1994. **Mekanika Tanah 2**. PT Gramedia Pustaka Umum Jakarta.
- Istimawan. 1994. **Struktur Beton Bertulang**. Gramedia Pustaka Umum Jakarta.
- Raju Khisna. 1993. **Beton Prategang**. Edisi kedua. Penerbit Erlangga.
- Struyk, Van Der Veen, Soemargono.1990.**Jembatan**. Edisi Ketiga.PT Pradya Paramita.Jakarta
- Sunggono, KH.1984. **Mekanika Tanah**. Penerbit Nova
- Suyono Sosrodarsono, 1994. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. PT. Pradya Paramita
- Soetoyo. **Kontruksi Beton Pratekan**.

Supriyadi, B., 2000, *"Jembatan"*, Edisi ketiga, Yogyakarta

T.Y.Lin. 1996. *Desain Struktur Beton Prategang*. Edisi 3. Penerbit PT. Gelora Aksara Pratama.