

# STUDI PERENCANAAN JEMBATAN KALI SURABAYA PADA AKSES TOL SUMO DENGAN BALOK BETON PRATEKAN TIPE / GIRDER

Indra Ferdiansyah  
Email: indraferdiansyah89@ymail.com

## ABSTRAK

Dalam tugas akhir ini dilakukan studi perencanaan jembatan kali Surabaya pada akses tol Surabaya-Mojokerto di Kabupaten Mojokerto dengan balok beton pratekan tipe / girder sebagai struktur utamanya. Jembatan Kali Surabaya mempunyai bentang total yaitu 128,8 m dan lebar 11,15 m, panjang jembatan kali Surabaya dibagi menjadi III bentang yaitu bentang I: 40,60 m, bentang II: 47,60 m, dan bentang III: 40,60 m. Perencanaan ini dimulai dengan pengumpulan data-data teknis yang diperlukan dalam perencanaan. Untuk pembebanan pada jembatan ini menggunakan (Standard pembebanan untuk jembatan) RSNI T-02-2005, SNI T-12-2004 (Perencanaan struktur beton untuk jembatan). Hasil perencanaan besarnya pembebanan pada lantai kendaraan dari perhitungan beban primer didapat berat plat lantai kendaraan: 1608,8 Kg/m, beban sendiri / girder: 2500,5 Kg/m, beban hidup: 2442,9 Kg/m dan beban garis: 12348 kg, sedangkan untuk beban sekunder diperoleh beban angin : 342,1 Kg/m dan akibat gaya rem: 9000 Kg. Besarnya momen maksimum (Mmax) yang terjadi akibat berat sendiri / girder: 708191,6 Kgm, akibat berat lantai kendaraan: 455633 Kgm, akibat berat diafragma: 45239 Kgm, akibat beban hidup: 838828,6 Kgm, akibat beban angin : 96894,4 Kgm, akibat beban rem: 29700 Kgm. Perencanaan dimensi plat lantai kendaraan diperoleh tebal plat lantai: 20 cm dengan tulangan pokok: D16 - 150 mm, dan tulangan bagi: D13 - 200 mm. Hasil perhitungan direncanakan / girder sebanyak 6 buah dengan jarak antar girder 185 cm, dimensi / girder didapat tinggi girder 245 cm, tebal badan web 20 cm, lebar flens atas 80 cm, tebal flens atas 20 cm, lebar flens bawah 70 cm, tebal flens bawah 25 cm. / girder dengan panjang L: 47,60 m menggunakan 4 tendon masing-masing terdapat 19 strand. Fo: 1468120 Kg mengalami kehilangan prategang total sebesar 13,49 %, sedangkan lendutan total yang terjadi sebesar 3,792 cm. Semua dimensi yang dipakai memenuhi persyaratan dari beban yang bekerja. Pada perencanaan pondasi digunakan pondasi tiang pancang sebanyak 30 buah dengan kedalaman 24 meter, diameter 60 cm, selimut beton 45 mm, menggunakan tulangan pokok 10D13, tulangan spiral D10 - 30 mm.

**Kata Kunci :** Jembatan pratekan, / girder, Akses Tol Sumo

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Jembatan merupakan 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).

(Sumber: struyk van der veen, 1984).

Pada dasarnya jembatan Kali Surabaya di Kabupaten Mojokerto ini dibangun karena sebagai bagian dari perencanaan pembangunan jalan tol Sumo. Dimana jembatan tersebut

dibangun diatas kali Surabaya yang menjadi penghubung jalur lalu lintas tol Sumo. Jembatan akses tol ini nantinya berfungsi sebagai jalur perlintasan kendaraan bermotor roda empat atau lebih dengan 2 lajur 1 arah dengan panjang bentang 128,8 m dan lebar 11,15 m. Bentang jembatan dibagi menjadi 3 yaitu bentang I: 40,60 m, bentang II: 47,60 m, dan bentang III: 40,60 m. Pada tugas akhir ini mengambil bentang jembatan terpanjang yaitu dari P1 sampai P2 dengan bentang 47,60 m. Jembatan tersebut berada di atas sungai dan melihat kondisi tanah yang ada maka pondasi yang digunakan pada jembatan Kali Surabaya menggunakan pondasi tiang pancang.

#### Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas maka diperoleh identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Dibutuhkan jembatan baru dengan lantai kendaraan yang memenuhi syarat dan mampu menerima beban yang ada.
2. Profil gelagar yang digunakan pada jembatan Kali Surabaya adalah gelagar pratekan tipe *I girder* dengan panjang 47,60 m.
3. Gelagar pratekan *I girder* yang direncanakan mempunyai beban yang cukup besar sehingga memerlukan dimensi pilar yang sesuai.
4. Kondisi tanah keras terletak pada kedalaman 24 m sehingga diperlukan pondasi yang sesuai dengan kondisi di lapangan.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, maka dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besarnya pembebanan yang terjadi pada lantai kendaraan ?
2. Berapa dimensi *I girder* untuk menahan gaya yang bekerja ?
3. Berapa dimensi pilar yang sesuai pada jembatan ?
4. Jenis pondasi apa yang sesuai dan berapa dimensi pondasi yang akan direncanakan ?

#### Tujuan dan Manfaat

Sesuai dengan judul tugas akhir di atas maka tujuan yang di harapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Merencanakan sebuah jembatan pratekan dengan balok beton pratekan tipe *I girder* yang sesuai dengan RSNI T-12-2004 dan RSNI T-02-2005.
2. Menerapkan disiplin ilmu tentang struktur jembatan yang diterima selama perkuliahan.

Sedangkan manfaat dari tugas akhir ini adalah diharapkan sebagai pengetahuan agar dapat mengaplikasi ilmu yang didapat dengan penerapan di lapangan dan sebagai bahan masukan bagi instansi terkait agar terhubungnya antar ruas jalan tol Surabaya - Mojokerto di Kabupaten Mojokerto yang dipisahkan oleh sungai.

#### Lingkup Pembahasan

Mengingat banyaknya yang dibahas dalam tugas akhir ini, pembahasan perencanaan struktur jembatan pratekan dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Perhitungan plat lantai kendaraan
2. Perhitungan sandaran dan diafragma
3. Perhitungan gelagar *I girder*
4. Perhitungan kontrol lendutan
5. Perhitungan balok ujung (End Block)
6. Perhitungan pilar
7. Perhitungan pondasi

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Jembatan Jalan Raya

Pengertian jembatan secara umum 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).

(struyk dan van der veen, 1984)

Secara umum struktur jembatan dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

1. Struktur Atas
2. Struktur bawah

### Pembebanan Jembatan

Pada perencanaan jembatan ini, dipakai peraturan perencanaan teknik jembatan (RSNI T-02-2005), selanjutnya akan dibahas jenis beban yang bekerja pada jembatan jalan raya yaitu Pembebanan kelas I adalah aplikasi pembebanan sebesar 100 % beban "T" (beban truck) dan 100 % beban "D" (beban lajur).

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah ;

- a. Beban primer
  - Beban hidup
  - Beban mati
- b. Beban lalu lintas
  - Lajur lalu lintas
  - Beban lajur "D"
  - Beban truk "T"
  - Faktor beban dinamis
  - Gaya rem
- c. Beban lingkungan
  - Beban angin
  - Pengaruh gempa

### Klasifikasi beton pratekan

Beton pratekan (*prestressed concrete*) adalah suatu sistem dimana sebelum beban luar bekerja, diciptakan tegangan yang berlawanan tanda dengan tegangan yang nantinya akan terjadi akibat beban.

### Material untuk beton pratekan

1. Beton mutu tinggi > 400 Mpa
2. Baja mutu tinggi
  - Kawat (*wire*)
  - Untaian kawat (*strand*)
  - Batang (*bar*)

### Sistem pemberian gaya pratekan

Beberapa sistem penegangan secara internal yang umum dipakai antara lain:

1. Sistem pratarik (*Pre-tensioning*)
2. Sistem pasca tarik (*Post-tensioning*)

### Kehilangan pratekan

Kehilangan pratekan dapat dikelompokkan menjadi 2 kategori:

1. Kehilangan tegangan langsung disebabkan oleh perpindahan elastis beton.
2. Kehilangan yang bergantung waktu, termasuk didalamnya adalah kehilangan akibat rangkai, susut, dan relaksasi baja.

### Kontrol lendutan

Lendutan adalah perubahan bentuk balok diantara dua tumpuan (pada bentang) pada daerah vertikal. Pada balok pratekan akan terjadi dua macam lendutan, yaitu:

1. Lendutan ke arah atas (*camber*) yang disebabkan oleh gaya pratekan akibat letak tendon eksentris.

$$\Delta = M.L^2/(8.EI)$$

$$\text{Dimana: } M = 1/8 q.L^2$$

2. Lendutan ke arah bawah (*deflection*) yang disebabkan oleh beban mati dan beban hidup.

$$\Delta = 5.q.L^4/(384.EI) \text{ (T.Y. Lin \& Burn, 1996: 326)}$$

### Perencanaan kepala jembatan

Kepala jembatan dan pondasi termasuk dalam bangunan bawah jembatan yang menerima beban-beban dari bangunan diatasnya meliputi beban mati, beban hidup dan beban-beban lainnya yang bekerja pada struktur

jembatan yang kemudian diteruskan ke tanah sebagai dasar dan landasan struktur jembatan. (Sumber: Sosrodarsono & nakazwa, hal 303).

### Gaya gaya yang bekerja

- Stabilitas terhadap beban eksentrinitas

$$e = \frac{1}{2}B - \frac{\sum MV - MH}{\sum V} < \frac{1}{6}B$$

- Stabilitas terhadap guling

$$Sf = \frac{\sum MV}{\sum MH} \geq 1,5$$

- Stabilitas terhadap geser

$$Sf = \frac{\sum V \cdot \tan \theta}{\sum H} \geq 1,5$$

(Sumber: Bowles Analisa dan desain pondasi hal 85)

### Perencanaan pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan beban-beban dari konstruksi diatasnya ke lapisan tanah yang lebih dalam. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- a. Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
- b. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
- c. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
- d. Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas

### Berdasarkan Data SPT

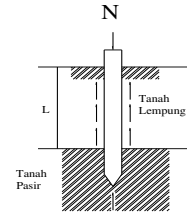
Daya dukung yang diijinkan: (Sumber :

Sosrodarsono hal 99).

$$Ra = \frac{Ru}{n}$$

### Daya dukung tiang pancang tunggal

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang (*bearing pile*) dan tahanan geser (*friction pile*) pada dinding tiang seperti terlihat pada gambar di bawah.



### Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok

Berdasarkan perumusan "Uniform Building Code" dari AASHO

$$S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m + n - 2}$$

$$E_{ff} \eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right]$$

$$\theta = \text{Arc. Tan } \frac{d}{S} \quad (\theta^0)$$

### Gaya Yang Bekerja Pada Tiang Pancang

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{Max}}{n y \cdot \sum x^2}$$

## METODOLOGI

### Persiapan

Tahap persiapan meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

1. Studi pustaka terhadap materi untuk penentuan desain.
2. Menentukan data-data yang dibutuhkan.
3. Mencari instansi yang akan dijadikan nara sumber.
4. Pembuatan proposal penyusunan tugas akhir.
5. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi proyek.
6. Perencanaan jadwal pembuatan desain.

### Metode pengumpulan data

Metode yang dilakukan selama pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Metode observasi
2. Metode literatur

### Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh,

selanjutnya dilakukan perencanaan dan perhitungan konstruksi yaitu sebagai berikut :

1. Perencanaan bangunan atas
2. Perencanaan bangunan bawah
3. Perencanaan pondasi tiang pancang

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Teknis Perencanaan

- Data-data Jembatan

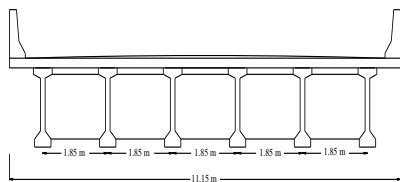
Tipe jembatan= Gelagar pratekan

Bentang jembatan = 47,60 m

Lebar melintang jembatan= 11,15 m

Jarak antar gelagar = 1,85 m

Lantai kendaraan= 2 lajur 1 arah



### Potongan melintang jembatan

- Data-data Bahan

a Plat lantai kendaraan

Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) = 29 Mpa

Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa

b Beton barrier

Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) = 21 Mpa

Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa

c Diafragma

Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) = 29 Mpa

Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa

d Balok pracetak

Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) = 58 Mpa

Jenis strand = *Uncoated seven wire strand grade 270 (ASTM A416)*

### Pembebanan Lantai Kendaraan

Plat di anggap balok selebar 1m

a. Beban mati

- Berat pelat lantai =  $0,20 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 624 \text{ Kg/m}$
- Berat lapisan aspal =  $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,6 \text{ Kg/m}$

- Berat air hujan =  $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ Kg/m}$   
 $q_1 = 869,6 \text{ Kg/m}$

b. Beban hidup

- Muatan "T" yang bekerja pada lantai kendaraan adalah tekanan gandar = 225 kN = 22500 kg, atau tekanan roda = 11250 kg

(RSNI T-02-2005, hal 19)

- Faktor beban dinamis "FBD" untuk beban T diambil 30%  
 $FBD = 0,40$  (RSNI T-02-2005 Hal : 21)  
 Faktor beban  $Ku; TT = 1,8$

(RSNI T-02-2005 Hal : 19)

$$\text{Maka } P = (1 + 0,40) \times 11250 = 15750 \text{ kg}$$

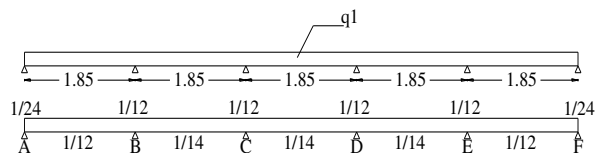
Jadi beban total hidup  $P = 15750 \text{ kg}$

Pult atau Beban  $T = 1,8 \times 15750$

$$= 28350 \text{ kg}$$

### Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

Momen Akibat Beban Mati



### Koefisien momen

Momen maksimum pada Tumpuan

$$M_B = M_C = M_D = M_E = -1/12 \times q_1 \times L^2 \\ = -1/12 \times 869,6 \times 1,85^2 \\ = -248,017 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum pada Lapangan

$$M_{AB} = M_{EF} = -1/12 \times 869,6 \times 1,85^2 \\ = -248,017 \text{ kg.m}$$

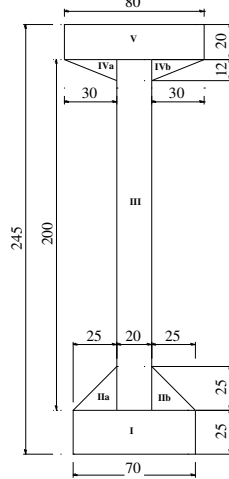
### Momen akibat beban hidup

$S = 1,85 \text{ m}$

$$M_T = M_L = 0,8 \times \frac{1,85 + 0,6}{10} \times 28350 \\ = 5556,6 \text{ kg.m}$$

## Perencanaan balok pratekan

### • Sebelum komposit



### Balok sebelum komposit

Analisa penampang sebelum komposit terhadap sisi bawah

| No       | Luas (A)                          | Jarak | (A.Y)    |
|----------|-----------------------------------|-------|----------|
| I        | $70 \times 25 = 1750$             | 12,5  | 21875    |
| II       | $0,5 \times 25 \times 25 = 312,5$ | 33,33 | 10415,6  |
| II       | $0,5 \times 25 \times 25 = 312,5$ | 33,33 | 10415,6  |
| III      | $200 \times 20 = 4000$            | 125   | 500000   |
| IV       | $0,5 \times 30 \times 12 = 180$   | 221   | 39780    |
| IV       | $0,5 \times 30 \times 12 = 180$   | 221   | 39780    |
| V        | $80 \times 20 = 1600$             | 235   | 376000   |
| $\Sigma$ | 8335                              |       | 998266,2 |

#### a. Central Gravity of Concrete (c.g.c)

Letak titik berat dari bawah :

$$Y_b = \frac{998266,25}{8335} = 119,77 \text{ cm}$$

Letak titik berat dari atas :

$$Y_a = 245 - 119,8 = 125,23 \text{ cm}$$

#### b. inersia (I) :

$$I_1 = \left( \frac{1}{12} \times 70 \times 25^3 \right) + 1750 (107,27)^2 = 20228138,41 \text{ cm}^4$$

$$I_{2a} = \left( \frac{1}{36} \times 25 \times 25^3 \right) + 312,5 (86,43)^2 = 2345270,98 \text{ cm}^4$$

$$I_{2b} = \left( \frac{1}{36} \times 25 \times 25^3 \right) + 312,5 (86,43)^2 = 2345270,98 \text{ cm}^4$$

$$I_3 = \left( \frac{1}{12} \times 20 \times 200^3 \right) + 4000 (5,23)^2 = 13442744,93 \text{ cm}^4$$

$$I_{4a} = \left( \frac{1}{36} \times 30 \times 12^3 \right) + 180 (101,23)^2 = 1845992,32 \text{ cm}^4$$

$$I_{4b} = \left( \frac{1}{36} \times 30 \times 12^3 \right) + 180 (101,23)^2 = 1845992,32 \text{ cm}^4$$

$$I_5 = \left( \frac{1}{12} \times 80 \times 20^3 \right) + 1600 (115,23)^2$$

$$= 21298057,97 \text{ cm}^4$$

$$\text{Total } I = 63351467,91 \text{ cm}^4$$

#### c. Tahanan momen (W)

$$W_b = \frac{63351467,91}{119,77} = 528951,5 \text{ cm}^3$$

$$W_a = \frac{63351467,91}{125,23} = 505872,8 \text{ cm}^3$$

#### d. Batas inti (kern)

$$k_b = \frac{505872,8}{8335} = 60,69 \text{ cm}$$

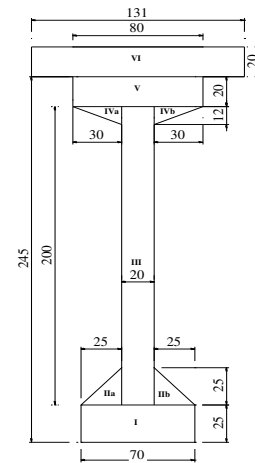
$$k_a = \frac{528951,5}{8335} = 63,46 \text{ cm}$$

### • Sesudah komposit

$$n_c = \frac{E_c \text{ pelat}}{E_c \text{ balok}} = \frac{25332,08}{35824,98} = 0,708$$

$$b_e \leq S = b_e \leq 185 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi, } b_{ef} = b_e \cdot n_c = 185 \times 0,708 = 131 \text{ cm}$$



### Balok sesudah komposit

Analisa penampang sesudah komposit terhadap sisi bawah

| No       | Luas A                            | Jarak | (A.Y)      |
|----------|-----------------------------------|-------|------------|
| I        | $70 \times 25 = 1750$             | 12,5  | 21875      |
| II       | $0,5 \times 25 \times 25 = 312,5$ | 33,33 | 10415,6    |
| II       | $0,5 \times 25 \times 25 = 312,5$ | 33,33 | 10415,6    |
| III      | $200 \times 20 = 4000$            | 125   | 500000     |
| IV       | $0,5 \times 30 \times 12 = 180$   | 221   | 39780      |
| IV       | $0,5 \times 30 \times 12 = 180$   | 221   | 39780      |
| V        | $80 \times 20 = 1600$             | 235   | 376000     |
| VI       | $131 \times 20 = 2620$            | 255   | 668100     |
| $\Sigma$ | 8335                              |       | 1666366,25 |

#### a. Central Gravity of Concrete (c.g.c')

Terhadap sisi bawah :

$$Y_b' = \frac{1666366,2}{10955} = 152,11 \text{ cm}$$

Terhadap sisi atas :

$$Y_a' = 265 - 152,11 = 112,89 \text{ cm}$$

b. Momen inersia ( $I_{komp}$ )

$$I_{komp} = 63351467,91 + 8335 (152,11 - 119,77)^2 + 1/12 \cdot 131 \cdot 20^3 + 2620 \cdot 102,89^2 = 99893556,12 \text{ cm}^4$$

c. Tahanan momen (W)

$$Wb' = \frac{99893556,12}{152,11} = 656718,7 \text{ cm}^3$$

$$Wa' = \frac{99893556,12}{112,89} = 884876 \text{ cm}^3$$

d. atas inti (kern)

Kern bawah :

$$kb' = \frac{884876}{10955} = 80,77 \text{ cm}$$

Kern atas:

$$ka' = \frac{656718,7}{10955} = 59,95 \text{ cm}$$

### Perhitungan statika

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

a. Beban Primer

- Beban mati

- Berat Sendiri Balok

$$q = 0,8335 \times 2500 \times 1,2 = 2500,5 \text{ Kg/m}$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot 2500,5 \cdot 47,6^2 = 708191,6 \text{ Kg.m}$$

- Berat Plat Lantai Kendaraan

Berat plat lantai

$$= 0,2 \cdot 1,85 \cdot 2400 \cdot 1,3 = 1154,4 \text{ Kg/m}$$

Berat aspal

$$= 0,05 \cdot 1,85 \cdot 2240 \cdot 1,3 = 269,4 \text{ Kg/m}$$

Berat air hujan

$$= 0,05 \cdot 1,85 \cdot 1000 \cdot 2,0 = 185 \text{ Kg/m}$$

$$q_{total} = 1608,8 \text{ Kg/m}$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot 1608,8 \cdot 47,6^2 = 455633 \text{ Kg.m}$$

- Berat sendiri diafragma

$$(P) = 0,20 \times 2 \times 1,65 \times 2400 \times 1,2 = 1901 \text{ Kg}$$

$$P_{total} = 1901 \times 5 = 9504 \text{ Kg}$$

$$\text{Maka, } RA = RB = \frac{9504}{2} = 4752 \text{ Kg}$$

$$M_{max} = 4752 \times 23,8 - 1901 \times 23,8 - 1901 \times 11,9 = 45239,04 \text{ Kg.m}$$

- Beban hidup

Beban tersebar merata (BTR)

$$q = 9,0 \times (0,5 + (15/47,6)) = 7,336 \text{ kPa} = 733,6 \text{ Kg/m}^2$$

Jarak antar gelagar = 1,85 m, maka :

$$q' = 1,85 \times 733,6 \times 1,8 = 2442,9 \text{ Kg/m}$$

$$M_{L1} = 1/8 \cdot q' \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 2442,9 \cdot 47,6^2 = 691887,4 \text{ Kg.m}$$

Akibat beban garis "P" :

faktor beban = 1,8

$$P = 49,0 \text{ KN/m (RSNI T-02-2005 Hal : 15)}$$

$$= 4900 \text{ Kg/m}$$

Faktor Beban Dinamis koefisien kejut

L = 47,6 m, maka FBD diambil 40 %

$$K = 1 + FBD = 1 + 0,4 = 1,4$$

$$P = (1 + 0,4) \times 4900 \times 1,8 = 12348 \text{ Kg}$$

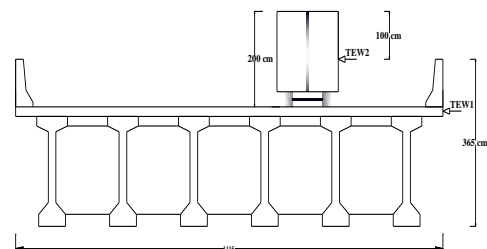
$$M_{L2} = 1/4 \cdot 12348 \cdot 47,6 = 146941,2 \text{ Kg.m}$$

Jadi momen akibat beban lajur " D "

$$ML = 691887,4 + 146941,2 = 838828,6 \text{ Kg.m}$$

b. Beban sekunder

- Beban angin pada jembatan



### Akibat beban angin

$$b/d = 11,15 / 3,65 = 3,1$$

karena  $C_w$  harganya diantara 2 dan 6 maka harus di interpolasi :

Diketahui  $b/d = 2,0 \dots C_w = 1,5$

$b/d > 6,0 \dots C_w = 1,25$

$$\text{Maka, } C_{w3,1} = 1,5 + \frac{(3,1 - 2)}{(6 - 2)} \times (1,25 - 1,5) = 1,43$$

Pada tepi jembatan yang terkena angin :

$$T_{EW1} = 0,0006 \cdot 1,43 \cdot 30^2 \cdot (3,65 \cdot 47,60) = 134,16 \text{ KN} = 13416 \text{ Kg}$$

- Beban angin tambahan akibat kendaraan pada jembatan

Dimana, nilai  $C_w$  dan  $V_w$  sama dengan diatas maka :

$$T_{EW2} = 0,0012 \cdot 1,43 \cdot 30^2 = 1,54 \text{ KN}$$

$$P_a = (13416 + 154) = 13570 \text{ Kg}$$

$$P_{au} = (1,2) \cdot 13570 = 16285 \text{ Kg}$$

Panjang gelagar yang terkena angin sepanjang 47,60 m dan beban tersebut dianggap beban merata, maka :

$$q_w = \frac{16285}{47,60} = 342,1 \text{ Kg/m}$$

- $M_{\max} = 1/8 \cdot 342,1 \cdot 47,60^2$   
 $= 96894,4 \text{ Kg.m}$
- akibat gaya rem (faktor beban = 1,8)  
 Panjang jembatan = 47,60 m  
 Berdasarkan gambar 9 RSNi T-02-2005 Hal 22, didapat gaya rem sebesar (T) = 100 KN = 10000 kg, dianggap bekerja pada permukaan lantai kendaraan.  
 $PR = 1/2 \cdot 10000 = 5000 \text{ Kg}$   
 $PRU = (1,8) \cdot 5000 = 9000 \text{ Kg}$   
 $Z_r = 0,05 + 0,20 + 1,25 + 1,8 = 3,3 \text{ m}$   
 dimana :  
 $Z_r = (\text{tebal aspal+plat beton}) + \text{jarak garis netral (Ya) + Tinggi titik tangkap.}$

$$M_r = 9000 \cdot 3,3 = 29700 \text{ Kg.m}$$

Tabel rekapitulasi momen

| Momen                  | (Kg.m)    |
|------------------------|-----------|
| berat balok pratekan   | 708191,6  |
| berat lantai kendaraan | 455633    |
| berat diafragma        | 45239     |
| beban hidup            | 838828,6  |
| beban angin            | 96894,4   |
| beban rem              | 29700     |
| Jumlah Total           | 2174486,6 |

### Desain Pendahuluan

- a. Menentukan Gaya Pratekan

$$MG = 70819160 \text{ Kg.cm}$$

$$MT = 217448660 \text{ Kg.cm}$$

Maka gaya pratekan efektif yang diperlukan adalah

$$F = \frac{MT}{0,65h} \quad (\text{T.Y Lin \& H.Burns Hal. 167})$$

$$F = \frac{217448660}{0,65 \cdot 245} = 1365455 \text{ Kg}$$

Kehilangan gaya pratekan diperkirakan 15%, maka :

$$F_o = \frac{F}{0,85} = \frac{1365455}{0,85} = 1606417 \text{ Kg}$$

- b. Menentukan Eksentrisitas

$$e_1 = \frac{fc \cdot \sum I}{Y_a \cdot F_o} = \frac{19,1 \cdot 63351467,91}{125,23 \cdot 1606417} = 6,01 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{Mg}{F_o} = \frac{70819160}{1606417} = 44,1 \text{ cm}$$

$$e = e_1 + e_2 + kb$$

$$= 6,01 + 44,1 + 60,69$$

$$= 110,8 \text{ cm} < Y_b = 119,77 \text{ cm}$$

- c. Gaya pratekan efektif yang dibutuhkan adalah :

$$F_{\text{eff}} = \frac{217448660}{110,8 + 63,46} = 1247902 \text{ Kg}$$

Gaya pratekan awal

$$F_o = \frac{1247902}{0,85} = 1468120 \text{ Kg}$$

Luas penampang yang dibutuhkan :

$$A_c = \frac{1468120}{350} \cdot \left( 1 + \frac{110,8 - \frac{70819160}{1468120}}{63,46} \right)$$

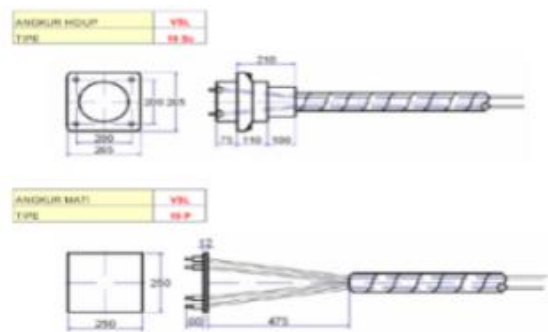
$$= 8329,13 \text{ cm}^2 < A_c = 8335 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

### Perhitungan tendon

$$n = \frac{F_o}{\text{gaya penegangan putus satu tendon}}$$

$$= \frac{1468120}{350000} = 4,1 \rightarrow 4 \text{ buah tendon}$$

Jadi digunakan 4 buah tendon dengan masing-masing tendon terdapat 19 strand. Dari table VSL digunakan angkur hidup tipe 5-19 Sc dan angkur mati tipe 5-19 P dengan spesifikasi sebagai berikut :



### Angkur hidup 19Sc dan angkur mati 19P

#### Daerah aman tendon

- Batas atas ( $a_1$ ) =  $\frac{MT}{F_{\text{eff}}}$ , diukur dari kern atas ( $k_a'$ ) arah ke bawah.

(T.Y Lin & H.Burns Hal.275)

$$a_1 = \frac{MT}{F_{\text{eff}}} = \frac{217448660}{1247902} = 174,25 \text{ cm}$$

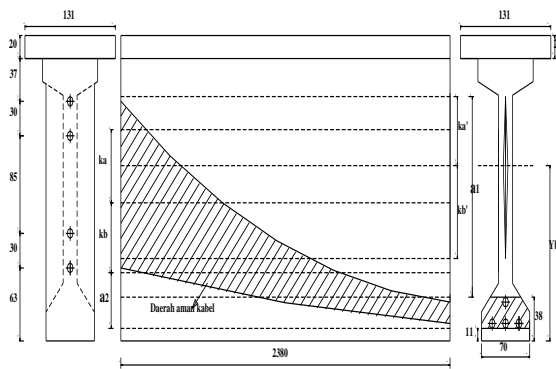
$$\text{batas atas : } yb' + ka' - a_1 \\ = (152,11 + 59,95 - 174,25) = 38 \text{ cm}$$

- Batas bawah ( $a_2$ ) =  $\frac{MG}{F_0}$ , diukur dari kern bawah ( $kb'$ ) arah ke bawah.

(T.Y Lin & H. Burns Hal.275)

$$a_2 = \frac{MG}{F_0} = \frac{70819160}{1468120} = 48,24 \text{ cm}$$

$$\text{batas bawah : } yb - kb - a_2 \\ = (119,77 - 60,69 - 48,24) = 11 \text{ cm}$$



Daerah aman kabel

Tabel posisi masing-masing tendon

| Tendon | Z <sub>1</sub> (cm) | Σstrand | Z <sub>2</sub> (cm) | f   |
|--------|---------------------|---------|---------------------|-----|
| 1      | 208                 | 19      | 38                  | 170 |
| 2      | 178                 | 19      | 11                  | 167 |
| 3      | 93                  | 19      | 11                  | 82  |
| 4      | 63                  | 19      | 11                  | 52  |

### Menentukan koordinat tendon

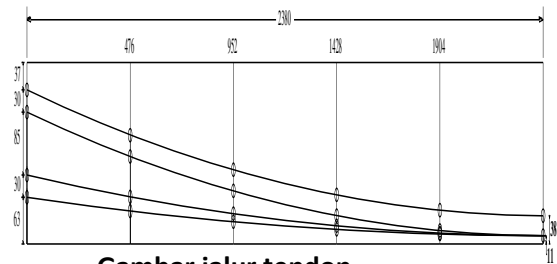
Berdasarkan bentuk tendon parabola maka penempatan kabel disusun:

- Letak tendon 1

$$Y_1 = 208 - \frac{4 \cdot 170 \cdot 476 (4760 - 476)}{4760^2} = 146,8 \text{ cm}$$

Dengan cara yang sama diperoleh  $Y_2, Y_3$  dan  $Y_4$

| Jarak (x) | Tendon (1) | Tendon (2) | Tendon (3) | Tendon (4) |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 476       | 146,8      | 117,9      | 63,5       | 44,3       |
| 952       | 99,2       | 71,1       | 40,5       | 29,7       |
| 1428      | 65,2       | 37,7       | 24,1       | 19,3       |
| 1904      | 44,8       | 17,7       | 14,3       | 13,1       |
| 2380      | 38         | 11         | 11         | 11         |



Gambar jalur tendon

### Kontrol tegangan

Pemeriksaan tegangan pada penampang harus ditinjau dalam beberapa keadaan yaitu :

- Keadaan awal

$$f_a = -\frac{F_0}{A} + \frac{F_0 \cdot e \cdot ya}{I} - \frac{MG \cdot ya}{I} \\ = -\frac{1468120}{8335} + \frac{1468120 \cdot 110,8 \cdot 125,23}{63351467,91} - \frac{70819160 \cdot 125,23}{63351467,91} \\ = 5,4 < 19,1 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

$$f_b = -\frac{F_0}{A} - \frac{F_0 \cdot e \cdot yb}{I} + \frac{MG \cdot yb}{I} \\ = -\frac{1468120}{8335} - \frac{1468120 \cdot 110,8 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{70819160 \cdot 119,77}{63351467,91} \\ = -349,75 < -350 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

- Keadaan setelah kehilangan gaya Pratekan

$$f_a = -\frac{F}{A} + \frac{F \cdot e \cdot ya}{I} - \frac{MG \cdot ya}{I} \\ = -\frac{1247902}{8335} + \frac{1247902 \cdot 110,8 \cdot 125,23}{63351467,91} - \frac{70819160 \cdot 125,23}{63351467,91} \\ = -16,41 < 19,1 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

$$f_b = -\frac{F}{A} - \frac{F \cdot e \cdot yb}{I} + \frac{MG \cdot yb}{I} \\ = -\frac{1247902}{8335} - \frac{1247902 \cdot 110,8 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{70819160 \cdot 119,77}{63351467,91} \\ = -277,21 < -350 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

- Keadaan setelah plat lantai dicor (MG + MD)

$$f_a = -\frac{F}{A} + \frac{F \cdot e \cdot ya}{I} - \frac{MG \cdot ya}{I} - \frac{MD \cdot ya}{I} \\ = -\frac{1247902}{8335} + \frac{1247902 \cdot 110,8 \cdot 125,23}{63351467,91} - \frac{70819160 \cdot 125,23}{63351467,91} - \frac{50087200 \cdot 125,23}{63351467,91} \\ = -115,42 < 19,1 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

$$f_b = -\frac{F}{A} - \frac{F \cdot e \cdot yb}{I} + \frac{MG \cdot yb}{I} + \frac{MD \cdot yb}{I}$$

$$= -\frac{1247902}{8335} - \frac{1247902 \cdot 110,8 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{70819160 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{50087200 \cdot 119,77}{63351467,91}$$

$$= -182,52 < -350 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

- Keadaan setelah beban luar bekerja (MG + MD + ML)

$$f_a = -\frac{F}{A} + \frac{F \cdot e \cdot y_a}{I} - \frac{MG \cdot y_a}{I} - \frac{MD \cdot y_a}{I} + \frac{ML \cdot y_{a'}}{I_{komp}}$$

$$= -\frac{1247902}{8335} + \frac{1247902 \cdot 110,8 \cdot 119,77}{63351467,91} - \frac{70819160 \cdot 119,77}{63351467,91} - \frac{50087200 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{96542300 \cdot 119,77}{99893556,12}$$

$$= -224,53 < 19,1 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

$$f_b = -\frac{F}{A} - \frac{F \cdot e \cdot y_b}{I} + \frac{MG \cdot y_b}{I} + \frac{MD \cdot y_b}{I} + \frac{ML \cdot y_{b'}}{I_{komp}}$$

$$= -\frac{1247902}{8335} - \frac{1247902 \cdot 110,8 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{70819160 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{50087200 \cdot 119,77}{63351467,91} + \frac{96542300 \cdot 119,77}{99893556,12}$$

$$= -35,51 < -350 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

### Kontrol kehilangan tegangan

Metode penarikan kabel menggunakan sistem post tensioning, sehingga jenis kehilangan gaya Pratekan adalah :

1. Kehilangan Akibat Deformasi Elastis Beton

$$ES = \Delta fs = \frac{n \times F_o}{A_c} \quad (\text{Lin.T.Y dan Burns H. Needs}$$

Desain Struktur Beton Pratekan Hal. 98)

$$ES = \frac{668,1 + 445,4 + 222,7}{4} = 334,1 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Kehilangan Akibat Rangkak Beton

$$CR = K_{cr} \cdot \frac{E_s}{E_c} \cdot (f_{cir} - f_{cds}) \quad (\text{Lin.T.Y dan Burns H. Needs Desain Struktur Beton Pratekan Hal. 107})$$

Needs Desain Struktur Beton Pratekan Hal. 107)

$$CR = 1,6 \cdot \frac{1900000}{358249,8} \cdot (336,74 - 211,44) = 1063,3 \text{ Kg/cm}^2$$

3. Kehilangan Akibat Susut Beton

$$SH = \epsilon_{sh} \cdot K_{sh} \cdot E_s \quad (\text{Lin.T.Y dan Burns H. Needs Desain Struktur Beton Pratekan Hal. 108})$$

Struktur Beton Pratekan Hal. 108)

Dimana :

$$\epsilon_{sh} = 8,2 \times 10^{-6} \left( 1 - 0,06 \cdot \frac{V}{S} \right) (100 - RH)$$

(0,06 . V/S digunakan apabila dalam satuan inch , jika dalam

satuan cm digunakan 0,0236 . V/S)

$$\epsilon_{sh} = 8,2 \times 10^{-6} (1 - 0,0236 \cdot 11,9) \cdot (100 - 70) = 1,8 \times 10^{-4}$$

$$SH = \epsilon_{sh} \cdot K_{sh} \cdot E_s$$

$$= 1,8 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 1900000$$

$$= 268,9 \text{ Kg/cm}^2$$

### 4. Kehilangan Akibat Relaksasi Baja

$$RE = [K_{re} - J(SH + CR + ES)] C$$

(Lin.T.Y dan Burns H. Needs Desain Struktur Beton Pratekan

Hal. 110)

$$RE = [1380 - 0,040 \cdot (268,9 +$$

$$1063,3 + 334,1)] \cdot 0,75$$

$$= 847,5 \text{ Kg/cm}^2$$

Total kehilangan gaya prapenegangan adalah :

$$f_{st} = ES + CR + SH + RE$$

$$= 351,2 + 1063,3 + 268,9 + 847,5$$

$$= 2513,8 \text{ Kg/cm}^2$$

Prosentase kehilangan tegangan:

$$= \frac{2513,8}{18640} \cdot 100\% = 13,49\% < 20\% \dots \text{OK}$$

### Perhitungan Balok Ujung (End Blok)

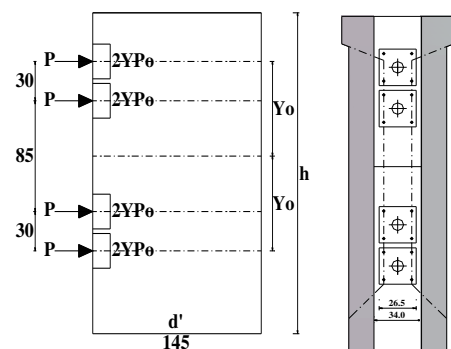
Perhitungan End Block merupakan gaya tunggal yang sentris

$$d = 26,5 \text{ cm}$$

$$d' = 2 \cdot 72,5 = 145 \text{ (panjang daerah end block)}$$

$$2 YPo = d = 26,5 \text{ cm}$$

$$2 Yo = d' = 145 \text{ cm}$$



Blok Ujung

$$= \frac{Y_{Po}}{Y_o} = \frac{d}{d'} = \frac{26.5}{145} = 0,18$$
$$\begin{aligned} F_{bst} &= 0,3 \cdot P \left( 1 - \frac{Y_{Po}}{Y_o} \right)^{0,58} \\ &= 0,3 \times 350000 (1 - 0,18)^{0,58} \\ &= 93583,94 \text{ kg} \end{aligned}$$
$$A_s = \frac{F_{bst}}{F_y} = \frac{93583,94}{4000} = 23,396 \text{ cm}^2$$

**Jurnal Rekayasa Sipil - Vol. 3 No. 2 Agustus 2015; ISSN 2337-7720**

= 331181,8 Kg  
 Berat aspal  
 =  $0,05 \times 47,6 \times 11,15 \times 2240 \times 1,3$   
 = 77275,74 Kg  
 Berat air hujan  
 =  $0,05 \times 47,6 \times 11,65 \times 1000 \times 2,0$   
 = 55454 Kg  
 Berat balok pratekan  
 =  $(2500,5 \times 47,6) \times 6$   
 = 714142,8 Kg  
 Berat diafragma  
 =  $(1901 \times 11,15) \times 5$   
 = 105980,8 Kg  
 Berat sandaran  
 =  $2 (0,287 \times 2400 \times 47,6) \times 1,3$   
 = 85245,89 Kg  
 R = 1369280,9 Kg  
 Reaksi akibat beban mati ( Rm )  
 =  $\frac{1}{2} \cdot 1369280,9$   
 Beban hidup :  
 Reaksi akibat beban hidup :  
 Beban hidup merata (q) = 2442,9 Kg/m  
 Rh =  $\frac{1}{2} \cdot q \cdot L$   
 =  $\frac{1}{2} \cdot 2442,9 \cdot 47,6 = 58141,02$  Kg  
 Beban hidup garis (P) = 12348 Kg  
 R<sub>Total</sub> = Rm + Rh + P  
 = 684640,47 + 58141,02 + 12348  
 = 755129,5 Kg

### Perhitungan Pembebanan pilar

#### 1. Gaya – gaya vertikal

##### a. Momen Akibat Berat Sendiri Pilar

| titik | Gaya vertikal (ton)                                             | Jarak (m) | momen                  |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------|------------------------|
| 1     | $1,65 \times 2,30 \times 11,15 \times 2,4$                      | 101,55    | 566,16                 |
| 2     | $1 \times 3,98 \times 11,15 \times 2,4$                         | 106,5     | 593,76                 |
| 3     | $\left(\frac{6+11,15}{2}\right) \times 0,5 \times 2 \times 2,4$ | 20,58     | 114,73                 |
| 4     | $11,8 \times 2 \times 6 \times 2,4$                             | 339,84    | 1894,61                |
| 5     | $\left(\frac{6+10,8}{2}\right) \times 0,5 \times 9 \times 2,4$  | 90,72     | 505,76                 |
| 6     | $1,5 \times 9 \times 10,80 \times 2,4$                          | 349,92    | 1950,8                 |
|       | R                                                               | 755,129   | 4209,85                |
|       | $\Sigma V$                                                      | 1764,25 t | $\Sigma MV$ 9835,69 tm |

#### 2. Gaya-Gaya Horizontal

Titik berat Pilar

$$Kh = C \times S = 0,18 \times 1 = 0,18$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 TEQ &= 0,18 \times 1 \times 1764,25 \\
 &= 317,565 \text{ ton} = 317565 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Tabel titik berat pilar

| titik | Luas                                                 | Jarak (m) | Luas x jarak |
|-------|------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| 1     | $1,65 \times 2,30 \times 11,15$                      | 42,31     | 5,575        |
| 2     | $1 \times 3,98 \times 11,15$                         | 44,38     | 5,575        |
| 3     | $\left(\frac{6+11,15}{2}\right) \times 0,5 \times 2$ | 8,58      | 5,575        |
| 4     | $11,8 \times 2 \times 6$                             | 141,6     | 5,575        |
| 5     | $\left(\frac{6+10,8}{2}\right) \times 0,5 \times 9$  | 37,8      | 5,575        |
| 6     | $1,5 \times 9 \times 10,80$                          | 145,8     | 5,575        |
|       |                                                      | 420,466   | 2344,099     |

$$Y = \frac{2344,099}{420,466} = 5,575 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 MTEQ &= 317,565 \times 5,575 \\
 &= 1770,42 \text{ ton.m} = 1770420 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

### Kombinasi Pembebanan

Beban Vertikal

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= \Sigma \text{ Berat Pilar} \\
 &= 1764250 \text{ Kg} = 684640,47 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma MV &= \Sigma \text{ Momen pada Pilar} \\
 &= 9835690 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

Beban horizontal

$$\begin{aligned}
 \Sigma H &= TEQ \\
 &= 317565 \text{ Kg} \\
 \Sigma MH &= MTEQ \\
 &= 1770420 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Stabilitas

- Stabilitas terhadap guling

(Josep E.Bowles.Analisa dan Desain Pondasi.1993.hal 90)

$$SF = \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = \frac{6363713}{1145468} = 5,56 > 1,5 \text{ (OK)}$$

- Stabilitas Terhadap Geser

(Josep E.Bowles.Analisa dan Desain Pondasi.1993.hal 85)

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma V \cdot \tan \theta}{\Sigma H} = \frac{1141473 \times 0,700}{205465} \\
 &= 3,89 > 1,5 \text{ .....(OK)}
 \end{aligned}$$

- Stabilitas terhadap Eksentrisitas

(Josep E.Bowles.Analisa dan Desain Pondasi.1993.hal 84)

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{1}{2} \cdot B - \frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma V} < \frac{1}{6} \cdot B \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 11,15 - \frac{6363713 - 1145468}{1141473} < \frac{1}{6} \cdot 11,15 \\
 &= 5,58 - 4,57 = 1,01 < 1,86 \text{ .....(OK)}
 \end{aligned}$$

### Pondasi tiang pancang

#### 1. Data perencanaan

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah (SPT), dibutuhkan tiang pancang dengan panjang 24 meter untuk mencapai kondisi tanah keras.

Diameter tiang pancang = 60 cm

Mutu baja  $f_y$  400 Mpa = 4000 Kg/cm<sup>2</sup>

Mutu beton  $f_c$  50 Mpa = 500 Kg/cm<sup>2</sup>

Gaya vertikal = 1764,250 ton

#### 2. Daya dukung tiang pancang

- Berdasarkan kekuatan bahan

$$A_{\text{tiang}} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 60^2 = 2826 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\text{bahan}} = 0,45 \times 600 = 225 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_{\text{tiang}} = 225 \times 2826 = 635850 \text{ Kg}$$

- Terhadap kekuatan tanah

Harga N pada ujung tiang  $N_1 = 36$

$q_d = 300 \text{ t/m}^2$

$$q_d \times A = 300 \times \frac{3,14 \times 0,6^2}{4}$$

$$= 84,78 \text{ ton}$$

Gaya geser maksimum

$$U \sum l_i \times f_i = \pi \times d \times \sum l_i \times f_i$$

$$= 3,14 \times 0,6 \times 211,87 = 399,16 \text{ ton}$$

$$\text{Jadi : } R_u = q_d \times A + \pi \times d \times \sum (l_i \cdot f_i)$$

$$= 84,78 + 399,16 = 483,94 \text{ ton}$$

Daya dukung yang menentukan berdasarkan kondisi tanah.

sehingga  $R_u = 483,94 \text{ ton}$

$$R_a = \frac{483,94}{3} = 161,31 \text{ ton}$$

Berat sendiri tiang

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \times 24 \times 2,5 = 16,96 \text{ ton}$$

Kemampuan satu tiang pancang :

$$N = 161,31 - 16,96 = 144,35 \text{ ton}$$

#### Kontrol jarak antar tiang

Dicoba menggunakan tiang pancang sebanyak 30 buah

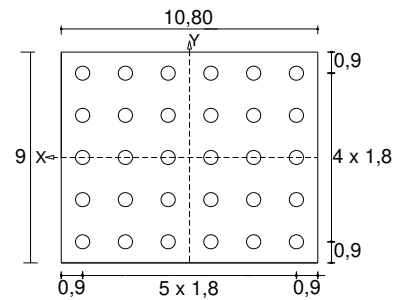
$$S \leq \frac{1,57 \times 60 \times 5 \times 6}{5 + 6 - 2} = 314 \text{ cm}$$

Kontrol S

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

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

$$150 \leq S \leq 180, \text{ diambil } S = 180 \leq 314 \text{ cm}$$



Jarak antar tiang

#### Effisiensi kelompok tiang

Effisiensi dari rumus "Uniform Building Code" dari AASHTO

$$\eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right]$$

(Ir. Sardjono, 1996:67)

$$\theta = \arcsin \cdot \tan \frac{60}{180} = 18^\circ 25' 4''$$

$$\eta = 1 - \frac{18^\circ 25' 4''}{90} \times \left[ \frac{(6-1) \times 5 + (5-1) \times 6}{5 \times 6} \right]$$

$$= 1 - (0,205 \times 1,63) = 0,67$$

Maka daya dukung tiang

$$= 0,67 \times 136,85 \text{ ton} = 96,12 \text{ ton}$$

#### Tiang pancang menerima gaya eksentris

Diketahui :

$$\Sigma V = 1764250 \text{ Kg} = 1764,250 \text{ ton}$$

$$\Sigma MH = 1770423 \text{ Kgm} = 1770,42 \text{ tonm}$$

$$n_x = 6 \text{ buah}$$

$$n_y = 5 \text{ buah}$$

$$X_{\text{max}} = 4,5 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 3,6 \text{ m}$$

$$\rightarrow \Sigma X^2 = 2 \cdot 5 \cdot [4,5^2] + 2 \cdot 5 \cdot [2,7^2] + 2 \cdot 5 \cdot [0,9^2]$$

$$= 202,5 + 72,9 + 8,1 = 283,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } P_{\text{mak}} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{\Sigma MH \cdot X_{\text{max}}}{n_y \cdot \Sigma X^2}$$

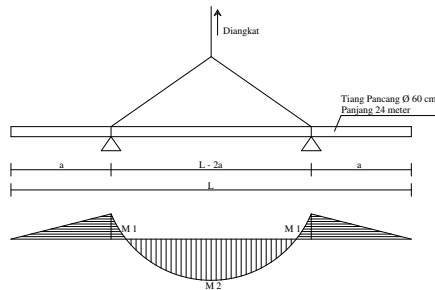
(Ir. Sardjono, 1996, "Pondasi Tiang Pancang 1" . hal 60)

$$= \frac{1764,25}{30} \pm \frac{1770,423 \times 4,5}{5 \times 283,5}$$

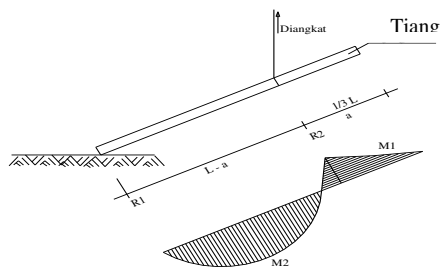
$$= 58,81 + 5,62 = 64,43 \text{ ton} < q_{\text{tiang}}$$

$$= 96,12 \text{ ton ....(aman)}$$

### Penulangan tiang pancang



#### Gaya angkat pada kondisi I



#### Gaya angkat pada kondisi II

Momen yang paling menentukan adalah pada kondisi II (diambil momen terbesar 17452,97 kg.m).

Dipakai rencana tulangan  $\varnothing 19$

$$d = 600 - 45 - (1/2 \cdot 19) - 12 = 533,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M}{\phi \cdot b \cdot d^2} = 1,277$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$w = 0,85 \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 1,277}{50}} \right) = 0,026$$

$$\rho = 0,026 \times \frac{50}{400} = 0,0032 < \rho_{\min} = 0,0035$$

$$A_s = 0,0035 \times 600 \times 535,5 = 1124 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok 10  $\varnothing 13$

$$A_s = 1327,3 \text{ mm}^2$$

Tulangan geser :

Untuk tulangan geser menggunakan tulangan spiral D10

$$A_g = A_{\text{tiang}} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (600^2) = 282600 \text{ mm}^2$$

$$A_c = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (510^2) = 204178,5 \text{ mm}^2$$

$$F_c = 50 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 320 \text{ Mpa}$$

Sehingga diperoleh :

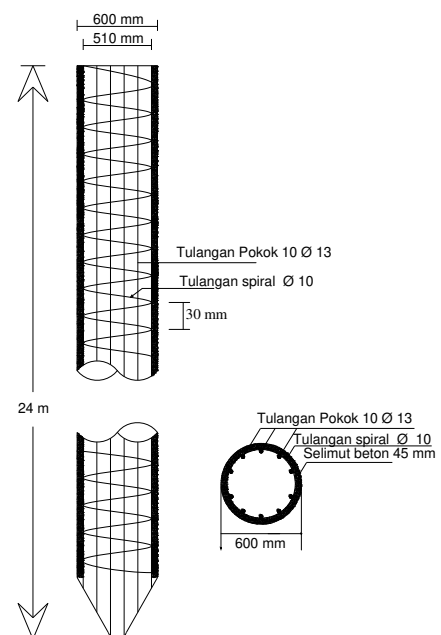
$$\rho_{s(\min)} = 0,45 \times \left( \frac{282600}{204178,5} - 1 \right) \times \frac{50}{320} = 0,0270$$

$$A_{sp} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}$$

$$\rho_s \text{ aktual} = \frac{4 \times 78,5}{320 \times 0,027} = 36,34 \rightarrow 40 \text{ mm}$$

Untuk menentukan jarak spasi bersih lilitan spiral tidak boleh lebih 80 mm dan kurang dari 25 mm, maka :

$$\text{Jarak spasi bersih} = 40 - 10 = 30 \text{ mm}$$



### Penulangan tiang pancang

### PENUTUP

#### Kesimpulan

Dari hasil perhitungan studi perencanaan jembatan akses tol Surabaya-Mojokerto dengan beton pratekan tipe *I girder* pada jembatan Kali Surabaya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besarnya pembebanan pada lantai kendaraan dari perhitungan beban primer didapat berat plat lantai: 1608,8 kg/m, beban profil *I girder*: 2500,5 kg/m, beban hidup : 2442,9 kg/m dan beban garis : 12348 kg. Sedangkan untuk beban sekunder

diperoleh beban angin : 342,1 kg/m dan beban rem : 9000 kg.

2. Dari hasil perhitungan didapat dimensi *I girder* dengan tinggi: 245 cm, tebal badan web: 20 cm, lebar flens atas: 80 cm, tebal flens atas: 20 cm, lebar flens bawah: 70 cm, tebal flens bawah 25 cm. *I girder* direncanakan sebanyak 6 buah dengan panjang  $L : 47,60$  m menggunakan 4 tendon dengan masing-masing tendon terdapat 19 *strand*. Tegangan awal  $F_o : 1468120$  kg mengalami kehilangan prategang total sebesar 13,49%.
3. Direncanakan pilar dengan tinggi 16,95 m, panjang bagian atas pilar sesuai dengan lebar jembatan yaitu 11,15 m dengan lebar pilar 3,98 m, panjang kolom pilar 6 m dengan lebar 2 m, panjang bagian bawah pilar 10,8 m dengan lebar 9m.
4. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah (*SPT*) kondisi tanah keras terdapat pada kedalaman 24 meter sehingga dipakai pondasi tiang pancang pancang. Dimensi tiang pancang direncanakan sebanyak 30 buah dengan diameter luar 60 cm, selimut beton 45 mm, menggunakan tulangan pokok 10D13, tulangan spiral D10 - 30 mm.

#### Saran

1. Dalam studi tugas akhir ini menggunakan perencanaan gelagar pratekan tipe I, dimana bentang jembatan perlu diperhatikan. Alternatif lain gelagar yang dapat dipakai yaitu gelagar box.
2. Dalam menentukan jenis jembatan yang dibangun, pemilihan perencanaan jembatan hendaknya mempertimbangkan akan diperolehnya beberapa keuntungan baik dari segi mutu, biaya maupun waktu agar pada perhitungan

strukturnya dapat diperoleh hasil perencanaan yang memuaskan.

3. Untuk perencanaan pondasi dapat memakai pondasi sumuran atau kaison.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2004. **"RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Pada Jembatan"**. Badan Standard Nasional.

Anonim. 2005. **"RSNI T-02-2005 Standard Pembebanan Untuk Jembatan"**. Badan Standard Nasional.

Nawy Edward G. 2001. **"Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar"**. Edisi Keempat Jilid 1. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Krishna Raju 1989. **Beton Prategang**. Edisi Kedua. Penerbit Erlangga.

Ned TY Lin dan Burns H. **Desain Struktur Prategang I.** Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga.

Istimawan. 1994. **Struktur Beton Bertulang**. Gramedia Pustaka Umum Jakarta.

Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa, 2000. **Mekanika tanah dan teknik pondasi**. PT Pradya Paramita.Jakarta.

Sardjono,HS. 1998. **Pondasi tiang pancang jilid 1** ,Penerbit Sinar wijaya.