

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi suatu daerah sangat dipengaruhi oleh sarana transportasinya. Sarana transportasi yang memadai memudahkan mobilisasi masyarakat dalam berbagai aktivitas kehidupan. Sarana transportasi berupa jalan yang baik, jembatan yang kuat, serta sarana-sarana lainnya saat ini menjadi perhatian pemerintah bagi pemenuhan kebutuhan masyarakatnya. Sarana transportasi yang baik sangat menunjang terciptanya perekonomian yang baik pula bagi masyarakat setempat khususnya dan nasional umumnya. Dalam hal ini jembatan sangat mendukung karena merupakan konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai saluran irigasi dan pembuang. Kondisi jembatan yang kurang baik atau kurang memadai dapat mengakibatkan kegiatan ekonomi menjadi tidak lancar.

Seiring dengan makin berkembangnya teknologi angkutan jalan raya maka konstruksi jembatan harus direncanakan sesuai dengan tuntutan transportasi baik dari segi kenyamanan, keamanan, maupun keindahan. Oleh karena itu proses perencanaannya harus diperhitungkan dengan sebaik mungkin. Pada umumnya perhitungan jembatan terbagi atas dua bagian penting yaitu bagian atas jembatan dan bagian bawah jembatan. Bagian atas jembatan akan memikul langsung beban-beban lalu lintas di atasnya sedangkan bagian bawah jembatan memikul beban di atasnya dan meneruskan beban-beban ke lapisan tanah keras.

Perencanaan sebuah jembatan menjadi hal yang penting, terutama dalam

menentukan jenis jembatan apa yang tepat untuk di bangun di tempat tertentu dan metode pelaksanaan apa yang akan digunakan. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu kegiatan konstruksi.

Di Provinsi Bali, beberapa hal yang menjadi alasan bagi pemerintah untuk meningkatkan pembangunan jalan khususnya jembatan, dikarenakan semakin meningkatnya pertumbuhan lalu lintas/jumlah kendaraan, perkembangan pariwisata, pertumbuhan penduduk dan disebabkan semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi masyarakat.

Dari uraian tersebut diatas maka penulis tertarik untuk merencanakan kembali konstruksi jembatan yang sudah yaitu Jembatan Tukadaya, Jalan Nasional Denpasar-Gilimanuk, Desa Tukadaya, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembarana, Provinsi Bali dengan type/jenis jembatan yang berlainan tetapi dengan data yang sama yang diharapkan dapat menghemat biaya pelaksanaan konstruksi tanpa mengurangi kemampuan/daya dukung dari jembatan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas rumusan yang penulis bahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana perhitungan perenecanaan bangunan atas jembatan?
2. Bagimana perhitungan perencanaan bangunan bawah jembatan menggunakan metode beton pratekan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penulis melakukan perencanaan proyek ini sebagai tugas akhir secara umum adalah untuk memenuhi syarat kelulusan pendidikan dan khususnya untuk mengetahui lebih jauh aplikasi disiplin ilmu yang sudah didapat sebelumnya, sedangkan secara khususnya adalah Modifikasi Type Gelagar Jembatan Tukadaya, Jalan Nasional Denpasar-Gilimanuk, Desa Tukadaya, Kecamatan Melaya, Jembrana-Bali, Dari Balok T-Konvensional ke balok T-Pratekan, untuk mendapatkan dimensi balok yang ekonomis. Adapun maksud penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan pendahuluan desain jembatan balok beton pratekan bentang 40 m.
2. Mendapatkan hasil perencanaan struktur bangunan atas terhadap jembatan dengan desain yang memenuhi batasan keamanan dan kenyamanan yang diisyaratkan.
3. menuangkan hasil desain struktur dalam bentuk gambar kerja berdasarkan hasil perhitungan.

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mendapatkan desain penampang dan penempatan tendon yang efektif agar memenuhi tegangan yang diijinkan.
- b. Mendapatkan desain struktur bangunan bawah jembatan sesuai dengan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan yang stabil dan ekonomis
- c. Mendapatkan desain gambar struktur jembatan yang baik.

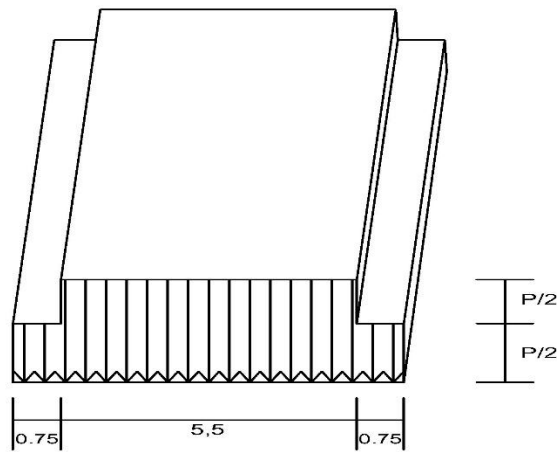
1..4 Lingkup Pembahasan

Dalam penyusunan tugas akhir ini kami akan membahas perencanaan jembatan yang meliputi antara lain :

1. Bangunan atas jembatan
 - a. Bangunan atas gelagar jembatan di rencanakan memakai beton pratekan
 - b. Bentuk penampang gelagar induk direncanakan berbentuk profil T
2. Bangunan bawah jembatan
 - a. Bangunan bawah abutmen jembatan direncanakan menggunakan dua buah abutment terbuat dari beton bertulang
 - b. Untuk pondasi direncanakan memakai jenis pondasi bored pile dari beton bertulang

2.1. Merencanakan Gelagar Jembatan (Menurut Departemen Pekerjaan Umum 1987, Pedoman Perencanaan Pebebanan jembatan Jalan Raya SKBI-1.3.28.1987)

1. Beban D terbagi rata perjalur :



Gambar 2.2 Muatan D terbagi rata

Untuk $30\text{m} < L < 60\text{m}$

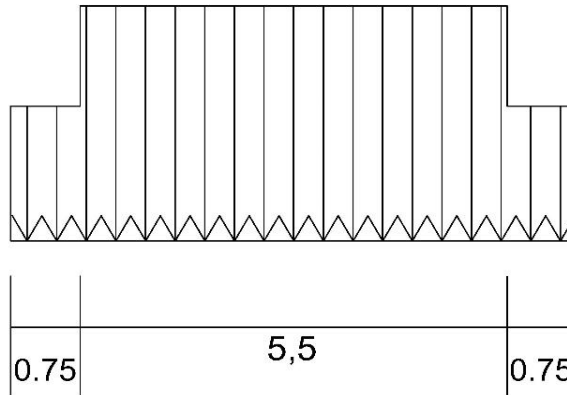
$$P = 2.2 - \frac{1.1}{60} (L - 30) \text{ t/m}$$

Dimensi L = panjang bentang

2. Faktor Kejut :

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L}$$

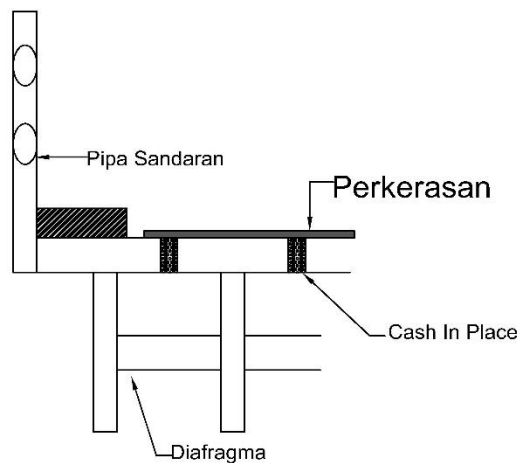
3. Beban D garis $P = 12 \text{ ton}$ (berlaku selebar 5.50 m). Untuk jembatan kelas I atau kelas A, maka beban besarnya beban diambil 100%



Gambar 2.3. Muatan D Garis

4. Beban pada trotoar :

Muatan hidup pada trotoar di tentukan 500 kg/m². Untuk perhitungan kekuatan gelagar diperhitungkan muatan 60% dari muatan hidup trotoar.



Gambar 2.4. Trotoar

5. Faktor Distribusi :

Menurut Departemen Pekerjaan Umum 1987, Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, SKBI-1.3.28.1987

$\alpha = 1,00$ bila kekuatan gelaar melintang tidak diperhitungkan

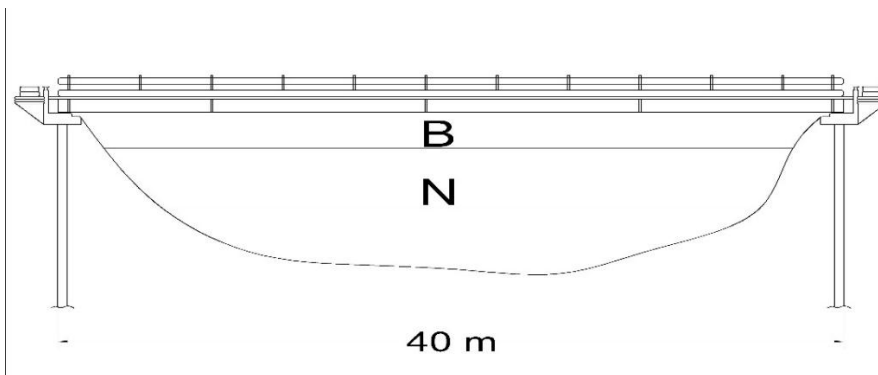
$\alpha = 0,75$ bila kekuatan gelaar melintang diperhitungkan

6. Beban Mati :

- a. Beban trotoar yang meliputi
 1. Berat air hujan
 2. Beton tumbuk
 3. Pipa sandaran
 4. Tiang sandaran
- b. Beban pada jalur lalu lintas meliputi
 1. Cast in place
 2. Air hujan
 3. Perkerasan
 4. Beban balok diafragma
 5. Beban berat sendiri gelagar

2.2. Merencanakan Gelagar Jembatan

Gelagar jembatan direncanakan memakai konstruksi beton pratekan dengan profil bentuk T jembatan terdiri dari dua perletakan panjang bentang 40 meter



Gambar 2.1 Bentang Jembatan

Keterangan : B = Panjang Total Jembatan

N = Lebar Permukaan Sungai

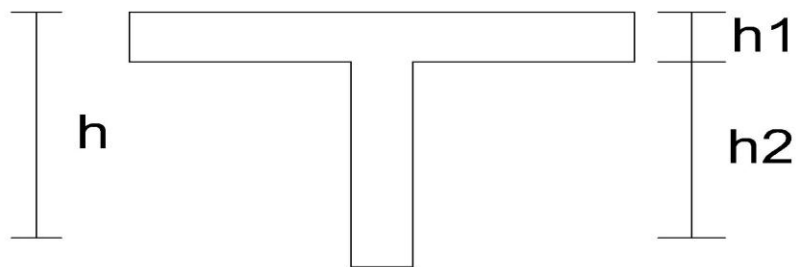
Proses perhitungannya sebagai berikut :

2.2.1. Menentukan Karakteristik

1. Beton dengan tegangan - tegangan yang diijinkan
2. Baja prategang dengan tegangan - tegangan ijinnya
3. Sistem prategang yang dipakai, sistem post tensioning

2.2.2. Perencanaan Pendahuluan

1. Perkiraan tinggi balok
 - a. Berdasarkan M_t (Momen total)



Gambar 2.5 Perkiraan tinggi balok

$$h = k \sqrt{M_t} \text{ (cm)}$$

Dimana nilai k berkisar antara (10 - 14)

$$M_t = M_{bs} + M_b$$

$$M_{bs} = \text{Momen akibat berat sendiri (0,15 - 0,30) } M_b$$

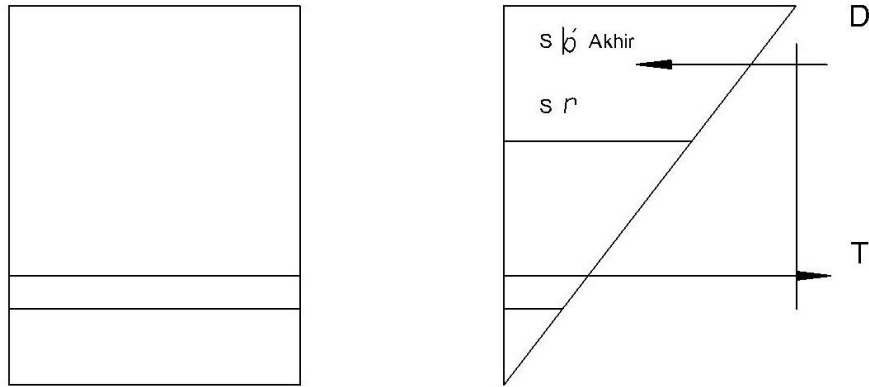
$$M_b = \text{Momen akibat beban luar}$$

- b. Berdasarkan bentang jembatan (L) :

$$h = 1/20 L \text{ s/d } 1/30 L$$

2. Perkiraan ukuran penampang dan bentuk penampang :

Anggapan dasar bahwa kejadian pada beban akhir dianggap tegangan sebagai berikut



Gambar 2.6. Tegangan beton keadaan akhir

Tegangan beton pada serat bawah = 0

Tegangan beton pada serat atas = σ_b akhir

Tegangan rata - rata $\sigma_r = 0,5 \sigma_b$

Lengan momen (d) diperkirakan = 0,65 h

$$\text{Gaya prategang efektif (T)} = \frac{M_t}{0,65h}$$

Dengan $D = T$ dan $\sigma_r = \sigma_b$, maka luas penampang beton yang diperkirakan

$$A_b = \frac{T}{\sigma_r}$$

Setelah A_b dan h diketahui , maka luas penampang yang sesuai

$$T = \frac{M_t}{0,65h} \text{ berlaku apabila } M_{bs} > 0,25 M_t$$

Bila M_{bs} lebih kecil dari $0,25 M_t$ maka pada keadaan awal M_{bs} tidak mampu kehilangan tegangan tarik pada serat atas kehilangan prategang. Untuk menghilangkan tarikan ini kabel digeser ke atas , sehingga d mengecil. Dalam hal ini ukuran penampang ditentukan oleh $M_b = M_t - M_{bs}$ dan d diambil $0,5 h$ sehingga :

$$T = \frac{M_t}{0,5 h} = \frac{M_t - M_{bs}}{0,5 h}$$

2.2.3. Perencanaan Akhir

Perencanaan akhir yaitu memeriksa penampang apakah sudah memenuhi kondisi tegangan yang direncanakan. Pada perencanaan ini dipakai kondisi yaitu diijinkannya tegangan tarik , tetapi kekuatannya diabaikan.

1. Keadaan awal

- a. Dihitung luas penampang bagian tekanan (A_{b1})
- b. Dicari titik berat bagian tekan (C_b) dengan jarak Y_{11} dari bagian sisi bawah gelagar dan Y_{21} dari sisi atas.

$$Y_{11} = \frac{S_m}{A_{b1}}$$

$$Y_{21} = h_1 - Y_{11}$$

$$S_m = \text{statis momen terhadap beban bawah}$$

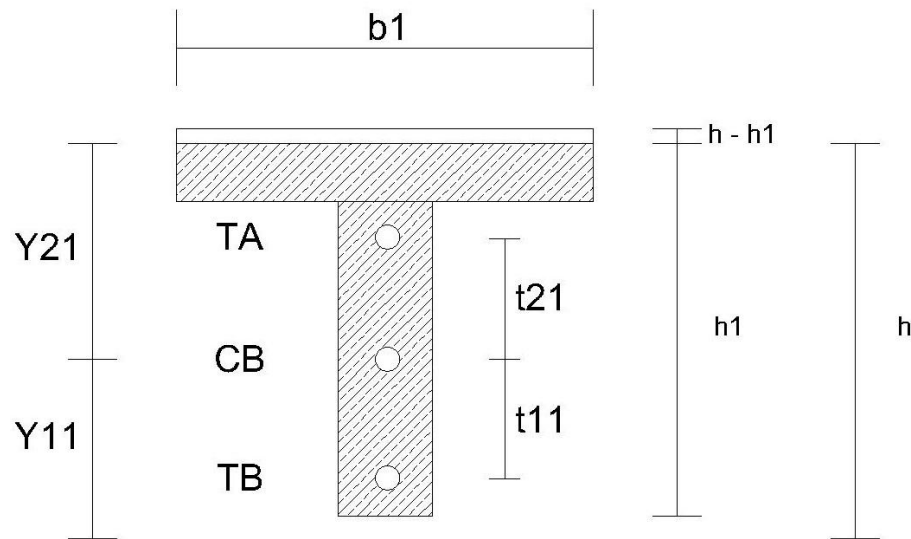
$$A_{b1} = \text{luas bidang tekan}$$

$$h_1 = \text{tinggi bidang tekan}$$

c. Menghitung teras atas dan teras bawah

$$\text{Teras bawah (t11)} = \frac{I_{b1}/A_{b1}}{Y_{21}} = \frac{I_{b1}^2}{Y_{21}}$$

$$\text{Teras atas (t21)} = \frac{I_{b1}/A_{b1}}{Y_{11}} = \frac{I_{b1}^2}{Y_{11}}$$



Gambar 2.7. Tegangan beton keadaan awal

Dimana : I_{b1} = Inersia tampang bagian tekan

I_{b1}^2 = Jari - jari inersia

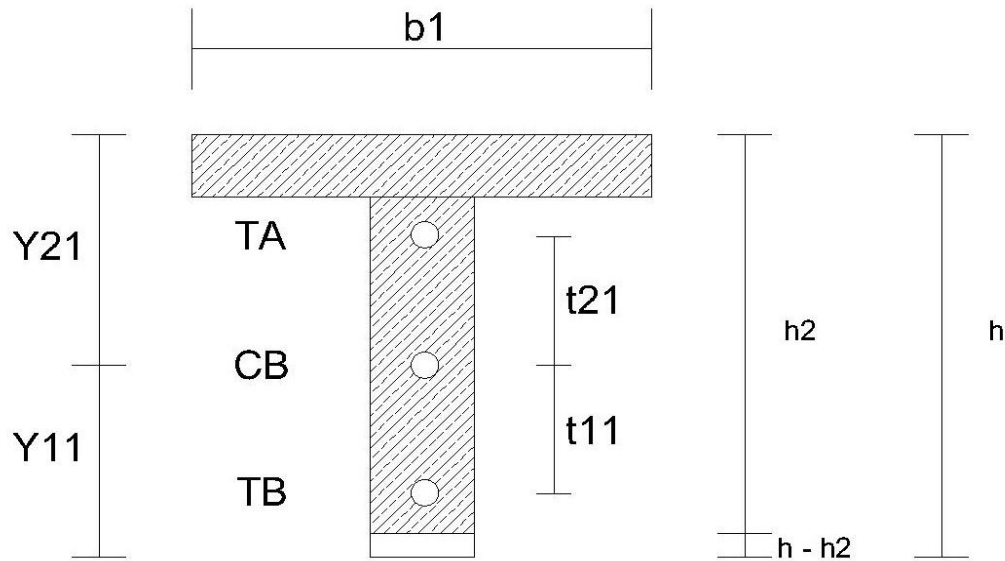
2. Keadaan akhir

a. Menghitung luas tampang bagian tekan (A_{b2})

b. Menghitung titik berat dan jaraknya

$$Y_{22} = \frac{S_m}{A_{b1}} \text{ dan } Y_{21} = h_2 - Y_2$$

c. Menghitung teras atas dan teras bawah :



Gambar 2..8 Tegangan beton keadaan akhir

$$t_{12} = \frac{I_{b2}/A_b}{Y_{22}}$$

$$t_{22} = \frac{I_{b2}/A_b}{Y_{12}}$$

3. Menentukan Letak Kabel

Kabel diletakan sejauh ea dari Cb sedemikian rupa, sehingga pada

keadaan awal $ea_1 = t_{11} + M_{bs}/T_a$ atau

$$ea_1 = Y_{11} - 20$$

$$\text{Keadaan akhir} \quad ea_2 = h - Y_2 - 20$$

4. Menghitung Gaya Prategang

Dengan ditentukannya letak kabel ea maka :

Gaya prategang efektif :

$$T = \frac{Mt}{ea^2 + t^2}$$

$$T_a = \frac{T}{0,85}$$

5. Memeriksa kembali Ab

Pemeriksaan kembali ab dilakukan dengan memakai gaya prategang yang telah ditentukan, yaitu T dan Ta

a. Keadaan awal : pemeriksaan pada keadaan awal didasarkan atas tegangan tekan untuk beton pada serat bawah :

$$Ab_1 = \frac{T_a \cdot h_2}{\sigma_{b1} \cdot Y_{11}}$$

b. Keadaan akhir Ab diperiksa kembali pada keadaan akhir didasarkan atas tegangan tekan untuk beton pada serat atas :

$$Ab_2 = \frac{T_a \cdot h_2}{\sigma_{b12} \cdot Y_{12}}$$

6. Menghitung Luas Penampang Baja (A)

Dihitung berdasarkan gaya prategang awal (Ta) dan prategang akhir (T)

a. Berdasarkan Ta maka :

b. Berdasarkan T maka :

Diantaranya kedua ini dipakai harga yang terbesar kemudian dipilih kabel prategang yang sesuai.

7. Menghitung penampang idiil

- Dicari letak titi berat (Y1 dan Y2) seperti rumus terdahulu
- Menghitung teras atas dan teras bawah (t1 dan t2)

Dengan rumus yang sama dengan memakai :

$$t1 = \frac{Ib/Ab}{Y2} \quad \text{dan} \quad t2 = \frac{Ib/Ab}{Y1}$$

2.2.4. Kehilangan Prategang

Kehilangan prategang pada system Post Tensioning diperkirakan sebesar 15% yaitu akibat :

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| 1. Elastis beton dan deformasi | 1% |
| 2. Rangkak beton | 5% |
| 3. Susut beton | 6% |
| 4. Rangkak Baja | <u>3%</u> |
| | 15% |

- Akibat elastis beton :

- Akibat kabel :

$$\sigma_{a1} = \sigma_{at} \cdot n \cdot w \left(1 + \frac{ea^2}{lb_2} \right) \left(1 + \frac{m-1}{2m} \right)$$

Dimana :

$$m = \text{Jumlah kabel}$$

$$w = A/Ab$$

$$n = Ea/Eb$$

2. Akibat deformasi (menambah prategang) :

Karena kabel tidak pada Cb maka beton pada Ca mengalami deformasi akibat beban total

$$\sigma_b = \frac{M t . e_a}{I_b}$$

$$\sigma_{a2} = n . \sigma_b$$

$$\sigma_{ar} = \sigma_{a1} - \sigma_{a2}$$

$$\text{Presentase : } \frac{\sigma_{ar}}{\sigma_{at}} \times 100\%$$

b. Akibat susut beton :

Menurut penyelidikan regangan susut beton rata - rata sebesar $\epsilon_{bs} = 0,0003$

$$\sigma_{as} = \frac{E_a . \epsilon_{bs}}{1 + n . w (1 + e_a / i_b^2)}$$

$$\text{Presentase} = \frac{\sigma_{bs}}{\sigma_{at}} \times 100\%$$

c. Akibat Rangkak Beton :

Kabel dianggap 1 lapis terpusat pada Ca

$$\sigma_{ar} = \sigma_{at} \frac{(\phi - 1) n . w (1 + e_a^2 / i_b^2)}{1 + (\phi - 1) n . w (1 + e_a^2 / i_b^2)}$$

Besarnya harga $\phi = 2,5$

d. Akibat rangkak baja :

Dalam perhitungan system post tensioning kehilangan rangkak baja diambil 3%

2.2.5. Perhitungan Tegangan Baton

Dalam perhitungan ini dipakai penampang Idiil :

$$A_t = A_b + (n-1) A$$

Titik berat Idiil C_b sebesar e_t , dimana :

$$e_t = \frac{n \cdot A \cdot e_a}{A_t}$$

$$Y_{t1} = Y_1 - e_t ; Y_{t2} = Y_2 - e_t$$

$$E_{at} = e_a - e_t ; I_t = I_b + e_t^2 \cdot A_b + e_{at}^2 \cdot A$$

1. Keadaan awal :

a. Akibat gaya prategang awal (T_a)

$$\text{- Serat bawah} : \sigma_b = - T_a / A_t - T_a \cdot E_{at} \cdot Y_{t1} / I_t$$

$$\text{- Serat atas} : \sigma_b = - T_a / A_t - T_a \cdot E_{at} \cdot Y_{t2} / I_t$$

b. Akibat momen berat sendiri (M_{bs})

$$\text{- Serat bawah} : \sigma_b = M_{bs} \cdot Y_{t1} / I_t$$

$$\text{- Serat atas} : \sigma_b = M_{bs} \cdot Y_{t2} / I_t$$

$$\text{Total keadaan akhir} : (c) + (d)$$

2.2.6. Kontrol Terhadap Momen Retak (M_r) dan Momen Ultimit (M_u)

1. Momen retak

Beton akan retak bila tegangan tarik pada serat bawah mencapai σ_{bu}

$$\sigma_{bu} = 2 f_{tk}$$

$$\sigma_{bu} = - \left(\frac{T}{A_t} + \frac{T \cdot e_{at} \cdot Y_t}{I_t} \right) + \frac{M_r \cdot Y_t}{I_t}$$

$$\text{Keamanan terhadap retak : } f = \frac{M_r}{M_t} > 1$$

2. Momen ultimit

$$\sigma^*_{au} = 0,87 \cdot \sigma_{au} \quad \sigma^*_{bu} = 0,6 \cdot \sigma_{bk}$$

masukan gambar nya

$$Y_u = \frac{A \cdot \sigma^*_{au}}{0,8 b e \cdot \sigma^*_{bu}}$$

Dalam perencanaan yang diinginkan tulangan under reinforced, maka dalam menghitung M_u dianggap terlebih dahulu keadaan tulangan under reinforced.

$$\text{Syarat keamanan } \gamma_s = \frac{M_u}{M_t} > 1,5$$

2.2.7. Penjangkaran, pemeriksaan Blok Akhir dan Tegangan Geser

1. Penjangkaran :

Masukan Gambar

Penjangkaran diperlukan pada sistem post tensioning agar tegangan baja prategang dapat disalurkan pada beton sebagai gaya pratekan

2. Pemeriksaan blok akhir :

Angker dipasang sedemikian rupa dimana Ca berada pada daerah teras, selanjutnya ditinjau pemasangan angker pada keadaan tersebut. Disamping itu akibat konsentrasi kabel terjadi tegangan tekan pada blok akhir yang menyebabkan tegangan tarik melintang.

Gaya tarik melintang :

$$T = \frac{M_{\max}}{0.42 h}$$

Untuk menahan gaya tarik tersebut perlu dipasang sengkang :

$$A_s = \frac{T}{\sigma' a}$$

$$\text{Jumlah tulangan sengkang (n)} \rightarrow \frac{A_s}{F}$$

$F = \text{Luas } \emptyset \text{ baja}$

$$\text{Jarak pemasangan (As) : } f = \frac{h}{(n-1)}$$

3. Tegangan Geser :

Tegangan geser disebabkan semua beban - beban yang bekerja pada gelagar.

Pada beton pratekan seluruh penampang dianggap efektif menerima geser, hal ini terjadi karena seluruh penampang berupa tekan.

$$\tau_b = \frac{Q_{\max} \cdot S_b}{b \cdot I_b}$$

2.2.8. Lay Out Aman Kabel dan Lay Out Kabel

1. Lay Out Daerah Aman Kabel

Yang ditinjau daerah krisis yaitu pada tempat momen maximum dan momen = 0

Sedangkan untuk daerah dihitung dengan persamaan garis lengkung parabola

Masukan Gambar

$$Y = \frac{4F (Lx - x)}{L}$$

a. Pada tengah bentang Mmax

Letak teras bawah Tb = t1 dari Cb

Letak teras atas Ta = t2 dari Cb

$$a1 = \frac{Mt}{T}$$

Batas atas sejauh a2 dari Ta

$$a2 = \frac{Mt}{T}$$

Letak batas bawah dari Cb1 = t1 + a1

Letak batas atas dari Cb2 = t2 - a2

Lebar daerah aman = Cb1 - Cb2

2. Lay Out Kabel

Perhitungan lay out kabel di dasar dalam penempatang angker pada blok akhir dan kabel pada tengah bentang. Sedangkan daerah diantaranya dihitung dengan persamaan garis parabola :

Masukan Gambar

$$Y = \frac{4F (Lx - x)^2}{L^2}$$

2.2.9. Kontrol Lendutan

Lendutan terjadi akibat adanya :

1. Gaya prategang awal (T_a) dan Akhir (T)
2. Berat sendiri gelagar
3. Beban mati dan beban hidup

Lendutan terjadi ditengah - tengah bentang, dan batas lendutan yang diijinkan ($f = 1/300 L$)

2.3 Perhitungan Abutment

Perhitungan abutment dilakukan berdasarkan beban - beban yang didukung dan kemampuan daya dukung tanah yang ada.

2.3.1 Pembebanan

Pembebanan berdasarkan PMJJR No. 12/1970 dan tekanan tanah dimuka atau dibelakang abutment

1. Muatan Primer

Muatan primer adalah muatan utama yang merupakan muatan dalam perhitungan perencanaan, terdiri dari :

- a. Beban total akibat bangunan atas
- b. Beban totak akibat abutment dan tanah

Muatan hidup (H) :

Adalah semua beban yang bergerak (kendaraan dan orang) yang bekerja pada jembatan.

2. Muatan Sekunder

Muatan sekunder adalah muatan sementara yang bekerja pada jembatan yaitu :

- a. Muatan angin (A)

b. Gaya Rem dan Traksi (B)

3. Muatan Khusus

Muatan khusus adalah muatan yang merupakan pembebanan khusus untuk perencanaan tegangan.

Muatan Khusus terdiri dari :

a. Gaya gempa (gb), sesuai PMJJr No. 12/1970 dihitung dengan rumus $K = E.G$

Dimana :

K = Gaya gempa

E = Muatan mati dari konstruksi

b. Akibat tekanan tanah lateral (T_a)

Berdasarkan PMMJr No.12/1970 dikatakan bahwa lalu lintas jalan raya dapat mendekati ujung atas bangunan penahan tanah sampai suatu jarak tertentu (horisontal) sebesar setengah dari tingginya, maka muatan lalu lintas tersebut diperhitungkan senilai dengan muatan tanah. Setinggi 60 cm.

q = 0,6 b

E_a = $q \cdot k_a \cdot h \cdot I$

c. Gaya gesekan yang timbul pada tumpuan (F)

Diambil sebesar muatan asli bangunan atas dikalikan dengan koefisien gesek dari tumpuan.

Koefisien gesekan = 0,001 (PMJJR)

Abutment	Muatan	% Tegangan Ijin yang di pakai
I	$M + H + T_a$	100%

II	$M + Ta + F$	125%
II	$M + H + Ta + R + F$	140%
IV	$M + Ta + Gb$	150%

Kombinasi Muatan

Peraturan muatan untuk jembatan jalan raya (PMMJJR) NO.12/1970

M = Muatan hidup

F = Gesekan

H = Muatan Hidup

A = Muatan angin

Ta = Tekanan atah

R = Rem dan traksi

Gb = Gempa bumi

2.3.2. Perencanaan pondasi

Perencanaan Pondasi didasarkan :

1. Daya dukung tiang berdasarkan data boring dan SPt serta pedoman pada buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (Sostrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto; 2000)

$$Ra = \frac{1}{N} Ru$$

$$R_u = q_d \cdot A + U (\epsilon \cdot l_i \cdot f_i)$$

Dimana :

R_a = Daya dukung tanah yang diijinkan

R_u = Daya dukung batas tanah pada pondasi

N = Faktor Keamanan

q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton/m²)

A = Luas ujung tiang

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maximum dari lapisan tanah dengan perhitungan geseran dinding - dinding (ton/m²)

a. Mencari SPT value (nilai N) rata - rata

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 = Nilai N pada ujung tiang

N_2 = Nilai N rata -rata pada jarak 4D dari ujung tiang

b. Daya dukung pada ujung tiang

$$\frac{L}{D} = \frac{\text{Panjang ekuivalen pemancangan kedalaman lapisan pendukung}}{\text{Diameter Tiang}}$$

Dengan memasukan harga L/d kedalam grafik 6.7 Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi maka akan diperoleh harga Q_d (daya dukung tiang)

- c. Gaya geser dinding tiang

Harga N bagi lapisan didapat dari gambar lapisan tanah dan f_i yang sesuai dengan harga rata - rata N dapat diperoleh melihat tabel 6.7 Buku Mekanika Tanah Teknik dan Teknik Pondasi.

- d. Daya dukung ultimate

$$R_u = q_d \cdot A + U (\epsilon \text{ li. } f_i)$$

- e. Daya dukung vertikal tiang

$$R_a = R_u/n$$

- f. Daya dukung horizontal tiang (K 400)

$$H_a = \frac{K \cdot d}{\beta} \delta_a$$

Dimana :

H_a = Daya dukung mendatar yang diijinkan

K = Daya dukung mendatar yang diijinkan

d = Ukuran tiang (40 cm)

δ_a = Besarnya pergeseran tiang

β = Kekauan lentur tiang

$$\beta = \sqrt{\frac{4 \cdot (K \cdot d)}{4EI}}$$

- g. Rencana susunan tiang

Menurut Buku Mekanika Tanah dan teknik Pondasi bahwa jarak minimum tiang dalam kelompok adalah 2.5 D

2. Kontrol Daya Dukung Tanah

Kontrol dilakukan untuk semua kombinasi pembebanan dengan tinjauan X-X dan Y-Y.

Arah X – X

$$\text{Gaya vertikal} \quad P1 = \frac{V}{N} + \frac{Mx.xi}{\sum xi^2}$$

Dimana :

P1 = Gaya vertikal tiang yang ditinjau

n = Jumlah tiang

xi = Jarak dari tiang yang ditinjau terhadap sumber pusat poer

V = Gaya vertikal pada kombinasi pembebanan

Gaya Horizontal

$$Hi = \frac{Hx}{N}$$

Dimana :

Hi = Gaya horizontal yang ditinjau

Hx = Gaya horizontal kombinasi pembebanan

n = Jumlah tiang

Dengan cara yang sama dapat ditinjau pada arah Y -Y

3. Kontrol daya dukung kelompok

Dalam menghitung daya dukung tiang dicari dengan menentukan efisiensi kelompok tiang dengan rumus “ Uniform Building Code” dari ASHO sebagai berikut :

$$Eq = 1 - \frac{\phi}{90^2} \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n}$$

Dimana :

Eq = Efisiensi kelompok tiang

ϕ = Arctg D/C (derajat)

D = Lebar sisi tiang

S = Jarak as tiang (cm)

M = jumlah baris arah yang ditinjau

N = Jumlah tiang satu baris

Daya dukung batas untuk satu tiang

$$Ra = \frac{1}{n} . Ru$$

Daya dukung untuk kelompok tiang

Beban vertikal (ton) pada kombinasi pembebanan $< V$ (daya dukung untuk kelompok tiang)

V = Jumlah tiang x Ra

2.3.3. Kontrol Stabilitas / Tegangan

$$\text{Terhadap Guling} = \frac{MR}{MO} \geq f_{min}$$

$$\text{Terhadap Geser} = \frac{FR}{FD} \geq f_{min}$$

Dimana :

MR = Momen penahan (akibat muatan vertikal)

MO = Momen guling (akibat muatan horizontal)

f_{min} = Koefisien minimum ($1m^2 = 1.5 m^2$)

FR = Jumlah gaya penahan

FD = Jumlah gaya pendorong

2.3.4. Penulangan

Dalam perhitungan ini akan ditinjau penampang per meter

Panjang dengan mempergunakan prinsip penulangan metode elastis.

2.4. Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

2.4.1. Pembebanan

1. Beban mati terdiri dari
 - a. Beban air
 - b. Beban perkerasan dan berat sendiri plat
2. Akibat beban roda $P = 10$ ton

Kemudian dicari momen maximum dari kombinasi tersebut dan alternatif posisi roda

2.4.2. Penulangan

Penulangan plat lantai memakai cara elastis dengan rumus -rumus :

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n.M}{b.a}}} \quad n \rightarrow (\text{Tabel lentur "n"})$$