BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penerapan *Metode Struktur Jalan Berkonsol*

2.1.1 Umum

Pada prinsipnya *Metode Struktur Jalan Berkonsol* adalah pelebaran jalan ke arah jurang dengan menambah lajur jalan diluar perkerasan yang ada, dengan Struktur plat beton bertumpu pada balok memanjang jalan. Balok memanjang tersebut bertumpu pada balok melintang jalan yang ditanam pada perkerasan yang ada. Selanjutnya balok melintang tersebut ditumpu oleh kolom pada titik di luar perkerasan (yang letaknya tergantung situasi di lapangan), dengan sedikit diberi konsol.

Metode Struktur Jalan Berkonsol telah digunakan di Indonesia sejak tahun 1993 yang diterapkan di ruas jalan Kuningan-Cikajang sepanjang lebih kurang 70 m. Tahun 1995 juga dilaksanakan di ruas jalan Garut-Tasikmalaya sepanjang lebih kurang 40 m. Sedangkan pada tahun 1996 mengerjakan ruas jalan Cadas Pangeran dengan panjang Struktur lebih kurang 1,7 km. Badan jalan yang semula hanya berukuran lebih kurang 6 meter, saat ini berukuran 10,5 meter.

Metode Struktur Jalan Berkonsol digunakan untuk meningkatkan kapasitas dan perbaikan geometrik jalan, memiliki beberapa keuntungan antara lain:

1. Tidak berdampak negatif terhadap lingkungan

2. Tidak menggali tebing, berarti:
   - tidak banyak mengganggu lalu lintas
   - tidak perlu membuang bekas galian
   - tidak mengganggu kestabilan lereng yang ada di arah bukit
3. Mencegah kemungkinan tergerusnya tebing jurang oleh air permukaan
4. Memberikan nilai tambah obyek wisata dimana orang dapat beristirahat sambil menikmati pemandangan jurang dibawahnya
5. Dapat memperbaiki alinyemen horisontal jalan
6. Pelaksanaan Struktur dapat dilaksanakan tanpa perlu menutup lalu lintas secara total.

2.1.2 Analisis Pembebanan

Beban -beban lalu-lintas yang diperhitungkan pada *metode Struktur jalan berkonsol* ini disesuaikan dengan pedoman perencanaan pembebanan jembatan jalan raya tahun 1987.

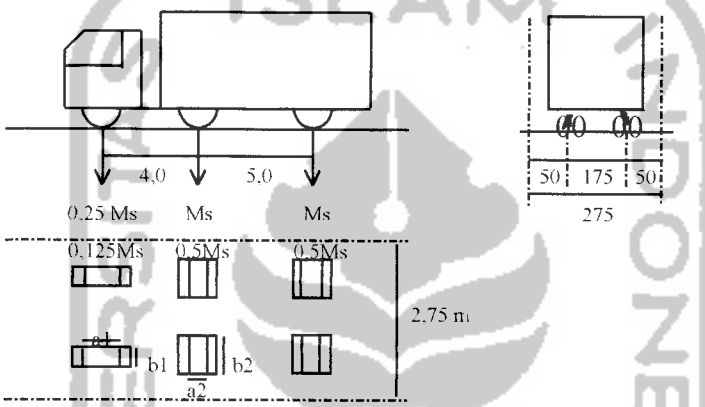
1. Beban primer
   a. Beban mati (M)

      Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat isi dari bahan-bahan bangunan yang dipergunakan (sesuai dengan PPPJJR-1987).

   b. Beban hidup (H)

      Beban hidup yang harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban "T" yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban "D" yang merupakan beban jalur untuk

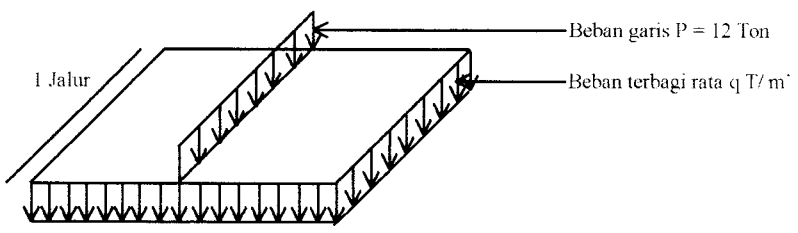
gelagar. Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan atau sistem lantai kendaraan harus digunakan beban "T". Beban "T" adalah merupakan beban kendaraan truck yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load) sebesar 10 ton dengan ukuran-ukuran serta kedudukan seperti gambar 2.1.



Keterangan: a1 = a2 = 30,0 cm
b1 = 12,5 cm
b2 = 50,0 cm
Ms= muatan rencana sumbu = 20 Ton

Gambar 2.1. Beban "T"

Untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban "D" yang merupakan susunan beban pada setiap jalur lalu-lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar "q" ton / m / jalur, dan beban garis "P" ton/ jalur lalu lintas, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Beban "D"

Besar "q" ditentukan sebagai berikut:

$q = 1{,}1\ (1 + 30/L) \longrightarrow t/m$ .....(2.1)

dimana: L = panjang dalam meter

t / m = ton/meter panjang/jalur

Ketentuan penggunaan beban "D" pada balok melintang adalah:

1). Untuk lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,5 meter, beban "D" sepenuhnya harus dibebankan pada seluruh lebar lantai kendaraan.

2). Untuk lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,5 meter, beban "D" sepenuhnya dibebankan pada lebar jalur 5,5 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban "D".

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa :

a). Panjang balok memanjang untuk muatan terbagi rata adalah dengan memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran dan pengaruh-pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis "P" harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, dengan rumus :

$K = 1+20/(50+L)$ .....(2.2)

dimana : K = Koefisien kejut

L = Panjang balok dalam meter

sedangkan beban merata "q" dan beban "T" tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

b). Beban hidup permeter balok melintang menjadi sebagai berikut :

$$\text{Beban terbagi rata} = \frac{q\ t/m}{2{,}75\ m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.3)$$

$$\text{Beban garis} = \frac{P\ ton}{2{,}75\ m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

selain itu dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup sebesar 500 kg/m^2 pada trotoir, diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup trotoir.

2. Beban sekunder

a. Gaya rem dan traksi (Rm)

Diperhitungkan sebesar 5 % dari beban "D", tanpa koefisien kejut. Gaya ini dianggap bekerja horisontal dengan titik tangkap setinggi 1,8 meter diatas lantai kerja.

b. Gaya akibat perbedaan suhu (Tm)

Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu maksimum-minimum untuk bangunan beton diperhitungkan sebesar 15°C.

c. Gaya rangkak dan susut (SR)

Besarnya gaya rangkak dan susut dianggap sama dengan gaya yang bekerja akibat perbedaan suhu 15°C.

d. Gaya akibat gempa bumi (Gh)

Gaya gempa diperhitungkan berdasarkan tegangan tanah dan daerah gempa, dengan rumus :

$$K = E\ .\ G \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

dengan: K = Beban gempa

E = Koefisien gempa

G = Beban mati konstruksi

3. Beban khusus

Yang dimaksud beban khusus disini adalah gaya sentrifugal (S) akibat tikungan pada konstruksi jembatan yang dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter di atas lantai kendaraan. Gaya ini dinyatakan dalam prosen terhadap beban "D" yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan koefisien kejut.

Tabel 2.1.Kombinasi pembebanan dan gaya

No	Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang digunakan dalam % terhadap tegangan ijin
1	M+(H+K)	100 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
2	M+SR+Tm	125 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
3	M+(H+K)+Rm+SR+Tm+S	140 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
4	M+Gh	150 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
5	M+(H+K)+S	150 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$

(PPPJJR edisi revisi 1987 hal 21)

2.1.3 Perencanaan Plat Lantai

1. Penentuan Syarat Batas

a. Spesifikasi bahan

1). Mutu beton K-350 ⟶ f 'c = 35 Mpa

2). Mutu baja U-32 ⟶ f y = 320 Mpa

b. Spasi atau jarak tulangan (SK - SNI sub bab 3.16.6)

1). Jarak bersih antara tulangan sejajar>D-batang tulangan

atau 25 mm

2). Jarak bersih antara tulangan sejajar < 3 kali tebal plat atau 500 mm

c. Spasi atau jarak tulangan susut (SK - SNI sub bab 3.16.12)

Jarak bersih tulangan pembagi < lima kali tebal plat atau 500 mm

d. Pelindung beton untuk tulangan (SK - SNI sub bab 3.16.7)

Untuk Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca, tebal selimut beton yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1). Batang D-19 hingga D-56 tebal selimut minimum 50 mm

2). Batang D-16, kawat W-31 atau D-31 dan yang lebih kecil tebal selimut minimum 40 mm

e. Distribusi gaya untuk plat yang ditumpu dua arah atau pada keempat sisinya adalah merupakan struktur statis tak tentu.

Pemakaian koefisien momen lentur yang bekerja pada arah X dan Y harus menggunakan beban terbagi rata. Panjang bentang ditentukan dari as ke as.

Momen kerja:

$$Mu = \frac{1}{8} \times Wu \times Lx^2 \quad \text{.....................................(2.6)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad \text{...(2.7)}$$

dengan:

Lx = panjang bentang arah X (m)

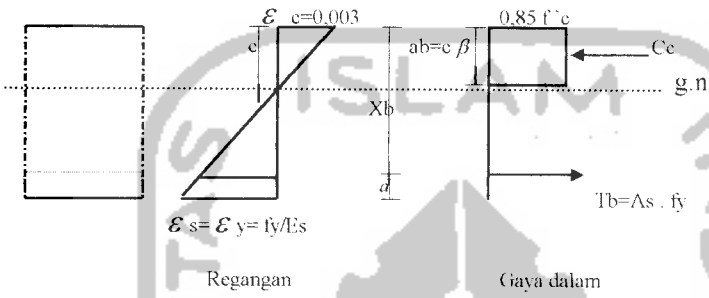
Wu = beban terfaktor per unit luas plat

Mu = momen terfaktor per unit luas plat

Mn = kuat momen nominal pada suatu penampang (N m)

ϕ = faktor reduksi kekuatan

2. Analisis Tampang



Gambar 2.3. Diagram tegangan dan regangan

Dari diagram regangan:

$$\frac{xb}{d} = \frac{\varepsilon c}{\varepsilon c + \varepsilon y} = \frac{0{,}003}{\left\{0{,}003 + \left(\frac{fy}{200.000}\right)\right\}} = \frac{600}{(600 + fy)} \quad \text{.....(2.8)}$$

Dari diagram gaya dalam:

$$Cc = 0{,}85 \times f'c \times ab \times b \quad \text{.....(2.9)}$$
$$= 0{,}85 \times f'c \times xb \times \beta_1 \times b$$

Jika:

$$f'c < 30MPa \rightarrow \beta_1 = 0{,}85$$
$$f'c > 30\,MPa \rightarrow \beta_1 = 0{,}85 - 0{,}008(f'c - 30) \quad \text{.....(2.10)}$$
$$Tb = As \times fy = \rho b \times b \times d \times fy \quad \text{.....(2.11)}$$

Persamaan kesetimbangan: $\sum H = 0$

$$Cc = Tb \quad \text{.....(2.12)}$$
$$0{,}85 \times f'c \times Xb \times \beta_1 \times b = \rho b \times b \times d \times fy$$

$$\rho b = \frac{(0{,}85 \times f'c \times \beta_1)}{fy} \times \frac{Xb}{d}$$

$$\rho b = \frac{(0{,}85 \times f'c \times \beta_1)}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)}$$

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 sub bab 3.3.5

$$\rho \min = {1{,}4}/{fy} \quad \text{.....(2.13)}$$

$$\rho \max = 0{,}75\rho b \quad \text{.....(2.14)}$$

$$\text{m} = {fy}/{(0{,}85 \times f'c)} \quad \text{.....(2.15)}$$

$$Rn = \frac{M \max}{\left(b \times d^2\right)} \quad \text{.....(2.16)}$$

$$\rho perlu = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{\frac{(2 \times m \times Rn)}{fy}}\right] \quad \text{.....(2.17)}$$

$\rightarrow$ syarat $\rho \min < \rho perlu < \rho \max$

3. Perhitungan tulangan pokok

$$As\ perlu = \rho perlu \times b \times d \quad \text{.....(2.18)}$$

$$\text{Jarak tulangan} = {(A\phi \times 100)}/{As} \quad \text{.....(2.19)}$$

4. Perhitungan tulangan susut

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 sub bab 3.16.12

$$As = {(0{,}0018 \times 400 \times b \times h)}/{fy} \quad \text{.....(2.20)}$$

$$\text{Jarak tulangan} = {(A\phi \times 100)}/{As} \quad \text{.....(2.21)}$$

5. Perhitungan tulangan bagi

$$As = 20\,\% \text{ Apokok} \quad \text{.....(2.22)}$$

$$\text{Jarak tulangan} = {(A\phi \times 100)}/{As} \quad \text{.....(2.23)}$$

2.1.4 Perencanaan Balok

Dalam perencanaan Struktur ini balok direncanakan terdiri dari dua macam, yaitu balok melintang dan balok memanjang. Dimana dalam perhitungan perencanaannya menggunakan asumsi balok "T".

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 sub bab 3.3.10, lebar efektif sayap (flens) balok "T", ditetapkan sebagai berikut :

1. Untuk balok tepi

   bf ≤ bw + L/12

   ≤ bw + (16 . hf)

   ≤ bw + S/2

2. Untuk balok tengah

   bf ≤ L/4

   ≤ bw + (16 . hf)

   ≤ S

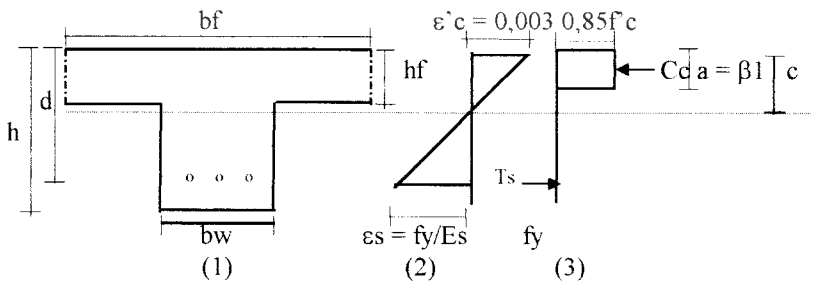
Dengan : bf = Lebar sayap efektif

bw = Lebar balok

hf = Tebal plat lantai

L = Panjang balok

S = Jarak bersih antar balok



Gambar 2.4. Diagram tegangan dan regangan
(1) Penampang balok "T" dalam keadaan tarik
(2) Diagram Regangan
(3) Diagram Tegangan

Keterangan:

a. Bila c < hf, maka balok boleh diperhitungkan sebagai balok "T" yang berarti seluruh daerah tekan akan terjadi di sayap dengan lebar balok menjadi bf sebagai pengganti bw dan tinggi efektif d (bf . d). Penampang balok di bawah garis netral dianggap retak sehingga diabaikan.

b. Bila c > hf, maka daerah tekan tidak hanya terbatas pada sayap saja sehingga diperhitungkan kapasitas tampang dengan ukuran bw – h.

1. Penentuan syarat batas

a. spesifikasi bahan

1). Mutu beton K-350 ⟶ f'c = 35 Mpa

2). Mutu baja U-32 ⟶ fy = 320 Mpa

b. Spasi tulangan (SK SNI T-15-1991-03 sub bab 3.16.6)

Jarak bersih antara tulangan sejajar >D-batang tulangan atau 25 mm

2. Penentuan tinggi minimum

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 tabel 3.2.5, tinggi minimum balok dapat ditentukan dengan: $h_{min} = L/18{,}8\ (0{,}4 + (fy/700)) <$ tinggi balok

3. Kontrol dimensi

Pada umumnya suatu perencanaan struktur, terlebih dahulu kita tentukan dimensinya, sehingga dimensi tersebut harus kita kontrol untuk mengetahui kelaikannya.

a. Kontrol geser (SK-SNI sub bab 3.4.12)

Vu_{max} → dari hasil analisis struktur

$Vc = \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d/6$ .....(2.24)

$Vs_1 = \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d/3$ .....(2.25)

$Vs_2 = 2 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d/3$ .....(2.26)

Syarat: $Vu_{max} \leq \varnothing (Vc+Vs)$

b. Kontrol torsi → jika terjadi torsi (SK-SNI 3.3.4 (12))

Tu_{max} → dari hasil analisis struktur, dipilih yang terbesar yang paling menentukan.

$\sum x^2y = (bw^2 \cdot h) + (bf - bw)^2 \cdot hf$ → balok tepi .....(2.27)

$= (bw^2 \cdot h) + 2 (bf - bw)^2 \cdot hf$ → balok tengah .....(2.28)

$Ct = (bw \cdot d) / (\sum x^2y)$ .....(2.29)

Jika penampang yang ditinjau juga terjadi gaya lintang dan ini umumnya terjadi, maka perlu ditinjau terjadinya gaya lintang ditengah bentang sejauh bt + d ke kiri dan ke kanan diambil yang terbesar.

$bt = bw - 2Pb - 2Ds$

$d = h - 2Pb - 2Ds - 1/2D$

Hitung Tc jika terjadi gaya lintang

$$Tc = \frac{\sqrt{f'c} \cdot \sum x^2y}{15 \sqrt{\left[1 + \left[\frac{0{,}4\ Vu}{Ct \cdot Tu}\right]^2\right]}}$$ .....(2.30)

Hitungan Tc jika torsi murni (Vu = 0)

$Tc = \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2y / 15$ .....(2.31)

$Ts = (Tu / \varnothing) - Tc$ .....(2.32)

→ Syarat: Ts < 4 Tc

4. Menentukan beban rencana

Md = momen akibat beban mati

Ml = momen akibat beban hidup

Mu = 1,2 Md + 1,6 Ml .....(2.33)

Mn = Mu / ∅ .....(2.34)

Kontrol kapasitas tampang:

Mn total = 0,85 . f'c . b . hf (d - ½ hf) > Mn .....(2.35)

5. Perencanaan tulangan pokok

Dalam perencanaan tulangan pokok, untuk memperoleh nilai ρb, ρmin, ρmax, m, Rn, ρperlu, dan As perlu, dapat dilihat pada rumus (2.12) sampai dengan (2.18).

N = As /A∅ → dibulatkan ke atas

Asb = N . A∅ > As

d aktual = h - Pb - Ds - ½D

ρ aktual = Asb / (bw . d aktual) < ρmax ..... (2.36)

Jarak vertikal: $X = \frac{(bw - 2Pb - 2Ds - ND)}{(N - 1)} > 2,5$ cm

Jarak horisontal: Y = (h – 2Pb - 2Ds - ND) < 30 cm

Kontrol kapasitas: Cc = 0,85 . f 'c . bw . a ..... (2.37)

Ts = Asb . fy ..... (2.38)

Syarat: Cc = Ts ..... diperoleh a

Mn total = Ts (d - a/2) > Mn → tulangan desak diabaikan

Kontrol: $c = \frac{a}{\beta 1}$ $< hf \rightarrow$ pemisalan benar sebagai balok "T"

$> hf \rightarrow$ pemisalan salah maka bw diganti bf

Jika $\rho perlu > \rho max \rightarrow$ tulangan rangkap

Ada 2 alternatif penyelesaian:

a. sesuaikan ukuran penampang balok (diperbesar)

b. bila tidak memungkinkan, maka dipasang tulangan rangkap sehingga tulangan desak diperhitungkan

$As1 = \rho max \cdot bw \cdot d$

Hitung : $Rn' = \frac{1}{2} \cdot fy \cdot \rho max (2 - m \cdot \rho max)$ ..... (2.39)

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot f'c}$$

$Mn1 = Rn' \cdot bw \cdot d^2$

$Mn2 = Mn - Mn1 \rightarrow$ ditahan tulangan desak

$$As1' = \frac{Mn2}{fy\,(d - d')}$$

Kontrol $\bar{\sigma}$'s:

$$Cu = \frac{\varepsilon' cu \cdot d}{\varepsilon s\,(1 + \varepsilon' cu/\varepsilon s)} \qquad \varepsilon' cu = 0{,}003 \qquad \varepsilon s = fy/Es$$

$$\varepsilon' c = \frac{\varepsilon' cu\,(Cu - d')}{Cu}$$

$\sigma' s = \varepsilon' s \cdot Es < fy \rightarrow$ jumlah tulangan harus dikoreksi

$$As2' = \frac{fy}{\sigma' s} \cdot As1'$$

sehingga tulangan yang berlaku adalah:

$As = As1 + As2'$

$A's = As2'$

6. Perencanaan tulangan torsi dan geser

Dalam prakteknya torsi murni hampir tidak pernah terjadi. Umumnya penampang harus menyalurkan torsi maupun gaya lintang.

Persyaratan:

a. Pengaruh torsi harus diperhitungkan bersama geser dan lentur bila $Tu > 0{,}6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \Sigma x^2y / 24$

b. Bila momen torsi berfaktor (Tu) yang bekerja lebih besar dari $0{,}6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \Sigma x^2y/24$, maka luas tulangan tertutup minimum harus dihitung sebesar $Av + 2\,At = (bw \cdot S)/(3 \cdot fy)$

c. Spasi sengkang terhadap torsi tidak boleh lebih dari nilai yang paling kecil antara ¼ $(x_1 + y_1)$ atau 300 mm

$x_1 = bw - 2Pb - Ds$ → jarak ke pusat sengkang

$y_1 = hk - 2Pb - Ds$ → jarak ke pusat sengkang

Perhitungan penulangan:

a. Kontrol $Tu > 0{,}6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \Sigma x^2y / 24$ ..... (2.40)

b. Kontrol terhadap geser $Vc = \dfrac{\sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d}{6 \cdot \sqrt{[1 + (2{,}5 \cdot Ct \cdot Tu/Vu)^2]}}$ ..... (2.41)

Jika $Vu < \varnothing Vc$ → tidak perlu tulangan geser

Jika $Vu > \varnothing Vc$ → perlu tulangan geser, maka:

$Vs = (Av \cdot fy \cdot d)/S \rightarrow Av/S = Vs/(fy \cdot d)$ ..... (2.42)

c. Kontrol terhadap torsi:

Tc dapat dilihat pada rumus (2.30)

Jika $Tu < \varnothing Tc$ → tidak perlu tulangan torsi

Jika Tu > ∅Tc → perlu tulangan torsi, maka:

Ts = (At . qt . x1 . y1. fy)/S ..... (2.43)

qt = (2 + (y1/x1))/3 < 1,5 ..... (2.44)

At/S = Ts/ (qt . x1 . y1 . fy) = (Tu/∅ - Tc)/(qt . x1 . y1 . fy) .....(2.45)

d. Spasi tulangan sengkang

Sx = (Av/S + (2 . At/S)) > Sxmin = bw/(3 . fy) .....(2.46)

spasi: (2 . As∅)/Sx < ¼ (x1 + y1) atau 300 mm dengan,

As∅ = ¼ . π . Ds²

7. Perencanaan geser murni

Perencanaan ini dilakukan bila balok yang ditinjau tidak terdapat torsi, hanya geser murni saja.

Vu → dari hasil analisis struktur

$\varnothing Vc = \varnothing \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d / 6$

Jika Vu > ∅Vc → harus diberi tulangan geser

Kontrol lebar retak:

$\varnothing Vs = Vu - \varnothing Vc < 2/3 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

Av = As = 2 (¼ . π . d²)

Spasi sengkang $S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$

Untuk daerah tulangan geser minimum spasi sengkang:

$$S = \frac{3\ Av \cdot fy}{bw} \leq {}^{d}/_{2} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

8. Analisis kapasitas tampang geser dan torsi

$(Av/S + (2 \cdot At/S))_{aktual} = (2 \cdot \varnothing As)/Sx$

$$(Av/S)' = \frac{(Av/S)\ .\ (Av/S + (2\ .\ At/S))_{aktual}}{(Av/S + (2\ .\ At/S))}$$

$$Vs = (Av/S)'\ .\ fy\ .\ d$$

$$\varnothing(Vc + Vs) > Vu \quad \rightarrow \text{aman}$$

2.1.5 Perancangan Kolom

1. Penentuan syarat batas

   Untuk penentuan syarat batas pada perencanaan kolom sama seperti penentuan syarat batas pada perencanaan balok.

2. Penentuan spesifikasi

   a. Menentukan beban kerja kolom

      M_1b = Momen ujung atas kolom yang karena beban vertikal

      M_2b = Momen ujung bawah kolom yang karena beban vertikal

      M_1s = Momen atas kolom yang karena beban horisontal

      M_2s = Momen bawah kolom yang karena beban horisontal

      Pu =Gaya aksial ultimit

      $\sum Pu$ = Jumlah gaya aksial ultimit yang terjadi

      $\sum Pc$ = Jumlah gaya aksial kritis

      β d = Faktor reduksi beban = $(1{,}2 \times \mathrm{D}) \Big/ ((1{,}2 \times \mathrm{D}) + (1{,}6 \times L))$

      ϕ = Faktor reduksi kolom

   b. Menentukan ukuran balok dan kolom lainnya

      1). Lebar balok (Bb)

      2). Tinggi balok (hb)

      3). Lebar kolom (Bk)

      4). Tinggi kolom (hk)

5). Panjang kolom (Lk)

6). Panjang balok (Lb)

3. Perhitungan

a. Tentukan inersia

1). $Ib = \left(Bb \times hb^3\right) / 12$ .....(2.47)

2). $Ik = \left(Bk \times hk^3\right) / 12$ .....(2.48)

b. Tentukan kekakuan kolom

1). Ec = 4700 . $\sqrt{f'c}$ ..... Mpa ..... (2.49)

2). $EIb = \left(Ec \times Ib\right) / \left\{5 \times \left(1 + \beta d\right)\right\}$ .....(2.50)

3). $EIk = \left(Ec \times Ib\right) / \left\{2{,}5 \times \left(1 + \beta d\right)\right\}$ .....(2.51)

c. Menentukan kekakuan relatif

$Um = \sum\left(EIk_{Lk}\right) / \sum\left(EIb_{Lb}\right)$ .....(2.52)

Jika $Um < 2 \rightarrow k = \left(\frac{20 - Um}{20}\right) \times \sqrt{\left(1 + Um\right)}$

Jika $Um > 2 \rightarrow k = 0{,}90 \times \sqrt{\left(1 + Um\right)}$

d. Menentukan kelangsingan kolom

$r = 0{,}3 \times hk$

Jika $\frac{\left(k \times Lk\right)}{r} < 22 \rightarrow$ kolom tidak langsing

Jika $22 < \frac{\left(k \times Lk\right)}{r} < 100 \rightarrow$ kolom langsing, maka ada faktor pembesaran momen

Menentukan dulu:

1). $Pc = \frac{\pi^2 \times \left(Ec \times Ik\right)}{\left(k \times Lk\right)^2}$ .....(2.53)

$$2).\delta b = \frac{1}{\left\{1-\left(\frac{Pu}{\phi \times Pc}\right)\right\}} > 1 \quad \text{.....(2.54)}$$

$$3).\delta s = \frac{1}{\left\{1-\left(\frac{\sum Pu}{\phi \times \sum Pc}\right)\right\}} > 1 \quad \text{.....(2.55)}$$

$$4).Mc = (\delta b \times M_2 b) + (\delta s \times M_2 s) \quad \text{.....(2.56)}$$

$$5).Mn = Mc/\phi \quad \text{.....(2.57)}$$

$$6).e = Mn/Pu > (15 + 0{,}3hk) \quad \text{.....(2.58)}$$

$$Jika\ (k \times Lk)/r > 100 \rightarrow Perbaiki\ dimensi\ betonnya$$

e. Menentukan jumlah tulangan

$$\rho = \rho' = \frac{As}{b \times d} = 0{,}01$$

$$As = As' = 0{,}01 \times b \times d$$

$$N = \frac{As}{A1\phi}$$

$$Asb = N \times A\phi \qquad \rightarrow N \text{ untuk 1 sisi}$$

$$\rho b = Asb/b \times d$$

Syarat $0{,}01 < \rho b < 0{,}04$ → Jika $\rho b < 0{,}01$ maka perbanyak jml tulangan

f. Menentukan kapasitas tampang

$$Cb = \frac{\varepsilon c}{(\varepsilon c + \varepsilon y)} = \frac{0{,}003}{\left\{0{,}003 + \left(\frac{fy}{200.000}\right)\right\}} = \frac{600}{(600 + fy) \times d} \quad \text{.....(2.59)}$$

$$ab = \beta 1 \times Cb$$

$$f'sb = \frac{600 \times (Cb - d')}{Cb} \quad \text{.....(2.60)}$$

1). Jika $f'sb < fy$, maka :

$$Mnb = (0{,}85 \times f'c \times ab \times b(\tfrac{1}{2}h + \tfrac{1}{2}ab)) + (A's \times f'sb \times (\tfrac{1}{2}h - d')) + (As \times fy \times (d - \tfrac{1}{2}h))$$

$$Pnb = (0{,}85 \times f'c \times ab \times b) + (A's \times f'sb) - (As \times fy)$$

2). Jika $f'sb > fy$, maka :

$$Mnb = (0{,}85 \times f'c \times ab \times b \times (½h + ½ab)) + (A's \times fy \times (½h - d'))$$
$$+ (As \times fy \times (d - ½h))$$
$$Pnb = (0{,}85 \times f'c \times ab \times b) + (A's \times fy) - (As \times fy)$$

Menentukan $eb = \dfrac{Mnb}{Pnb}$ .....(2.61)

g. Menentukan jenis keruntuhan dengan rumus Whitney

1) Jika e > eb ⟶ Keruntuhan tarik

$$m = \frac{fs}{(0{,}85\,fc')}$$

$$pn = 0{,}85 \times f'c \times b \times d\left[\frac{h-2e}{2d} + \sqrt{\left[\left(\frac{h-2e}{2d}\right)^2 + 2 \times m \times \rho b\left[1 - \frac{d'}{d}\right]\right]}\right]$$

$$a = \frac{pn}{0{,}85 \times f'c \times b \times d}$$

$$c = \frac{a}{\beta 1}$$

$$f'sb = 600(c - d')/c \; > fy$$

2). Jika e < eb ⟶ keruntuhan desak

$$pn = \left[\frac{As' \times fy}{\frac{e}{d-d'} + 0{,}5}\right] + \left[\frac{b \times h \times f'c}{\frac{3h \times e}{d^2} + 1{,}18}\right]$$

∅pn > pu ⟶ Jika ∅pn < pu, maka perbanyak jumlah tulangan

4. Kontrol tulangan

a. Kontrol jarak vertikal

$$Y = hk - 2Pb - 2Ds - 2D < 30 \text{ cm}$$

b. Kontrol jarak horisontal

$$X = \frac{(b - 2Pb - 2Ds - (N \times D))}{(N - 1)} > 2{,}5\ cm$$

5. Desain sengkang

$X_1 = hk$
$X_2 = 16D$ → dipakai jarak yang terkecil

2.1.6 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak, karena permukaan tanah baiknya tidak begitu dalam dari permukaan tanah dasar.

Beban-beban yang bekerja pada pondasi telapak diperhitungkan dari beban kolom yang dipikul ditambah berat sendiri pondasi dan tanah di atasnya. Tebal pondasi di atas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm.

1. Perencanaan dimensi plat

   q = berat tanah + berat pondasi

   σnetto = σ . q ⟶ σ = daya dukung tanah

σ netto $\geq P/A \rightarrow A = b^2$

Kontrol daya dukung :

$\sigma \geq P/A + q \rightarrow P$ = gaya aksial kolom

2. Perencanaan tebal plat

$Vu = \phi Vc$

$= \phi \times \sqrt{f'c} \times b \times d/6$ →dalam fungsi d

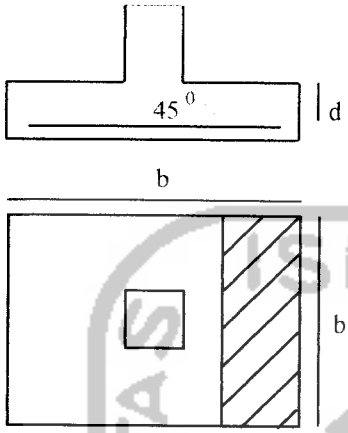
$Vc = \sigma\text{netto}(x - d) \times b$

dengan x = tebal taksiran - 1,5D

Dari persamaan diatas diperoleh d > d_{min} = 150 mm

3. Kontrol terhadap kuat geser

a. Geser satu arah



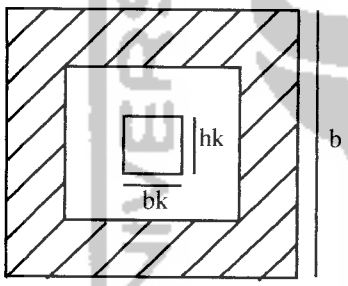
d = t - D - Pb

Vu = (P/A) x Aarsiran

$Vc = \sqrt{f'c} \times b \times d / 6$

Syarat: $\emptyset$ Vc $\geqslant$ Vu

b. Geser dua arah (geser pondasi)



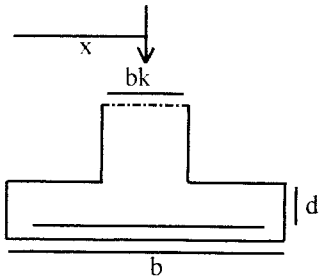
Gambar2.5. Analisis geser pondasi telapak

$$Vc = \left(1 + 2/\beta c\right)\left(\sqrt{f'c} \times b \times d / 6\right) \quad \rightarrow \beta c = hk/bk$$

$Vu = \sigma$netto $\times$ A arsir

Syarat : ϕ Vc $\geq$ Vu

4. Perencanaan penulangan berdasarkan momen lentur



Gambar 2.6. Analisis momen lentur pondasi

$$x = \tfrac{1}{2}(b - bk)$$

$$Mu = \tfrac{1}{2}\left(P/A\right) \times b \times x^2 \quad \text{..... (2.62)}$$

Dalam perencanaan penulangan berdasarkan momen lentur, untuk memperoleh nilai ρb, ρmin, ρmax, m, Rn, ρperlu, dan As perlu, dapat dilihat pada rumus (2.12) sampai dengan (2.18).

Jarak tulangan = (0,25 . π . d ^{2} . 100) / As

