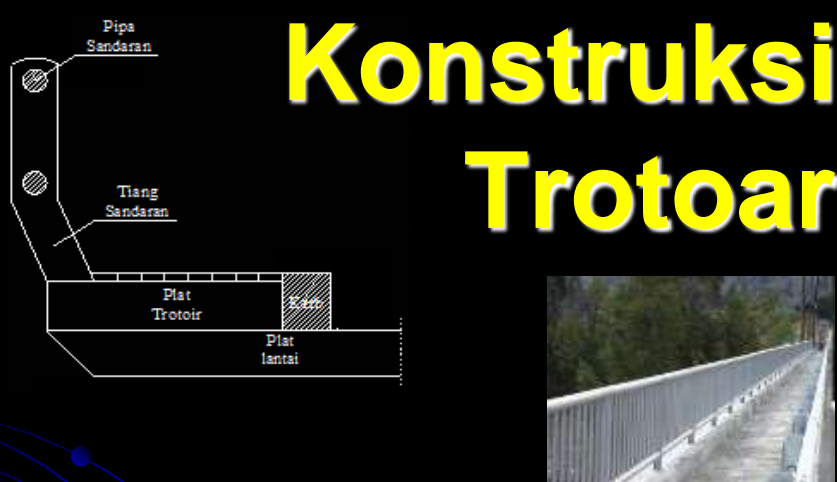


Konstruksi Trotoar



The diagram on the left shows a cross-section of a bridge railing. It includes labels for 'Pipa Sandaran' (Railing Pipe), 'Tiang Sandaran' (Railing Post), 'Plat Trotoir' (Trottoir Plate), and 'Plat lantai' (Floor Plate). The photograph on the right shows a perspective view of a bridge railing with a concrete base and a metal railing.

Dr. AZ
Department of Civil Engineering
Brawijaya University

Trotoar

- Bagian dari konstruksi jembatan yang ada pada ke dua samping jalur lalu lintas
- Berfungsi sebagai jalur pejalan kaki
- Terbuat dari beton tumbuk, yang menyatu dan homogen dengan plat lantai kendaraan.
- Sekaligus berfungsi sebagai balok penguat plat lantai kendaraan.
- Secara umum lebar trotoar minimum adalah untuk simpangan 2 orang (100 – 150cm).

Tiang Sandaran

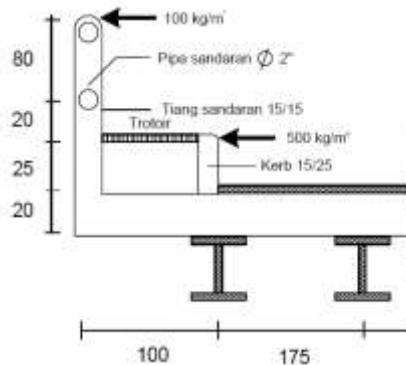
- Tiang sandaran merupakan kelengkapan jembatan yang berfungsi untuk keselamatan sekaligus membuat struktur lebih kaku.
- Sedangkan trotoar bisa dibuat atau pun tidak, tergantung perencanaan.
- Tiang sandaran umumnya setinggi 90 – 100cm dari muka trotoar, dan trotoar dibuat lebih tinggi 20 – 25cm dari lantai jembatan.

Pagar

- Pagar dibuat untuk memastikan kendaraan dan pejalan kaki tidak jatuh dari jembatan.
- Pagar juga berfungsi untuk tempat pegangan tangan bagi pejalan kaki, pengarah yang kuat untuk kendaraan, atau pagar untuk keduanya.
- Pagar dapat dibuat dari bahan seperti beton, baja, aluminium atau bahan kombinasi.
- Pagar juga tidak hanya untuk menjaga lalu lintas, tetapi juga menambah nilai keindahan jembatan.

Contoh Perencanaan

• Pembebanan Sistem Pelat Kantilever



Catatan : (PPJUR Hal 10)
Beban horizontal pada tiang sandaran sebesar 100 kg/m'

Beban horizontal pada kerb sebesar 500 kg/m'

• Pembebanan Trotoar

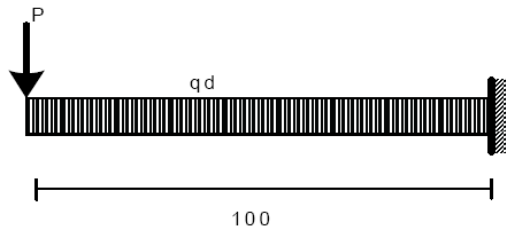
a. Beban mati merata (q_d)

- Berat sendiri plat	$= 0,20 \times 1,00 \times 2,4 = 0,48 \text{ t/m'}$
- Berat spesi + teghel	$= 0,05 \times 1,00 \times 2,2 = 0,11 \text{ t/m'}$
- Berat pasir urug	$= 0,25 \times 1,00 \times 1,8 = 0,43 \text{ t/m'}$
- Berat kerb	$= 0,25 \times 1,00 \times 2,2 = 0,33 \text{ t/m'}$
- Berat air hujan	$= 0,05 \times 1,00 \times 1,0 = 0,03 \text{ t/m'}$
	$q_d = 1,38 \text{ t/m'}$

• Pembebanan Trotoar (lanjut)

b. Berat tiang sandaran (p)

$$p = (0,15 \times 0,15 \times 1,0) \times 2,4 = 0,023 \text{ ton}$$



$$\begin{aligned} M_{dl} &= p.l + \frac{1}{2} qd.l^2 \\ &= 0,023 \times 1 + \frac{1}{2} \times 1,38 \times 12 \\ &= 0,713 \text{tm} \\ &= 713 \text{kgm} \end{aligned}$$

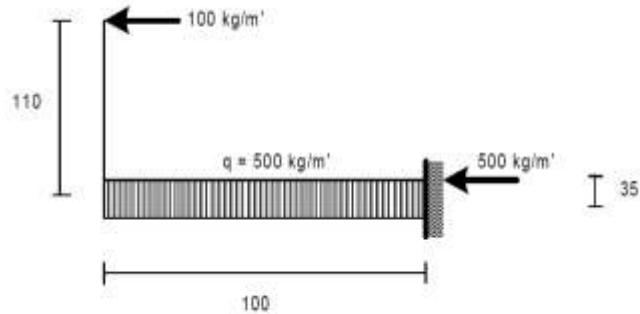
• Pembebanan Trotoar (lanjut)

c. Beban hidup trotoir (q_l)

$$\text{Beban guna trotoir} = 0,500 \text{ t/m}^2 \quad (\text{PPJJR hal 10})$$

• Pembebanan Trotoar (lanjut)

d. Beban orang bersandar sebesar 100 kg/m'



• Pembebanan Trotoar (lanjut)

$$M_{L \text{ trotoir}} = \frac{1}{2} (500 \times 1) \times 12 = 250 \text{kgm}$$

$$M_{L \text{ sandaran}} = (100 \times 1,5) \times 1,1 = 165 \text{kgm}$$

$$M_{L \text{ kerb}} = (500 \times 1) \times 0,35 = 125 \text{kgm}$$

$$= 540 \text{kgm}$$

Momen terfaktor :

$$M_U = 1,6 M_{LL} + 1,2 M_{DL}$$

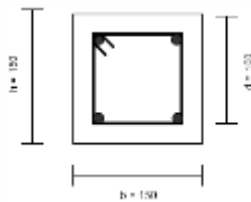
$$= (1,6 \times 540) + (1,2 \times 713)$$

$$= 1719,6 \text{kgm}$$

• Perencanaan Tiang Sandaran

Diketahui :

f_c'	= 20 Mpa
f_y	= 240 Mpa
β	= 0,85 , untuk $0 < f_c' < 30$ Mpa
Faktor reduksi ϕ	= 0.8
Tebal Plat	= 200 mm
Jarak antar tiang	= 1,5m



Momen lentur,
 $M = 1,5 \times 100 \times 1 = 150 \text{ kgm}$
 $M_u = 1,6 \times 150 = 240 \text{ kgm} = 2400 \text{ N}$
 Gaya geser,
 $V = 1,5 \times 100 = 150 \text{ kgm}$
 $V_u = 1,6 \times 150 = 240 \text{ kgm} = 2400 \text{ N}$

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Pemeriksaan rasio tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} = 0,00583$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,03225 \end{aligned}$$

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Pemeriksaan rasio tulangan :

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2400 \cdot 10^3}{0,8 \times 150 \times 100^2} = 2 \text{ Mpa}$$

$$\omega = 0,85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times R_n}{f_c'}} \right)$$

$$= 0,85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 2}{20}} \right) = 0,0107$$

$$\rho = \omega \cdot \frac{f_c'}{f_y} = 0,0107 \times \frac{20}{240} = 0,009$$

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Pemeriksaan rasio tulangan :

Syarat daktilitas : $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,009 \times 150 \times 100 = 135 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 ϕ 10 mm ($A_s = 157 \text{ mm}^2$)

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Kontrol kapasitas momen balok :

Dianggap baja tulangan telah mencapai luluh pada saat beton mulai retak ($\epsilon = 0,003$), $f_s = f_y$ & NT = ND

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' \cdot b} = \frac{157 \times 240}{0,85 \times 20 \times 150} = 14,776 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{14,776}{0,85} = 17,384 \text{ mm}$$

$$f_s = 600 \left(\frac{d - c}{c} \right) = 600 \left(\frac{100 - 17,384}{17,384} \right) = 2851,1449 \text{ MPa} > f_y = 240 \text{ OK}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = (157 \times 240) \times \left(100 - \frac{14,776}{2} \right) = 3489620,16 \text{ Nmm}$$

$$= 3489,620 \text{ Nm} \quad M_n > M_u = 3489,620 \text{ Nm} > 2400 \text{ Nm}$$

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Perencanaan tulangan geser :

$$V_u = 2400 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b \cdot d = \frac{1}{3} \times \sqrt{20} \times 150 \times 100 = 22360,680 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \times 0,6 \times 22360,680 = 6708,204 \text{ N} > V_u = 2400 \text{ N}$$

Secara teoritis tidak perlu sengkang, walaupun demikian untuk kestabilan struktur peraturan mensyaratkan dipasang tulangan minimum (SK SNI T-15-1991-03 Hal. 38)

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Perencanaan tulangan geser :

Jarak spasi tulangan :

$$S_{\text{maksimum}} = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2} \times 100 = 50 \text{ mm (SK SNI T - 15 - 1991 - 03 Hal 38)}$$

atau

$$S_{\text{maksimum}} = 600 \text{ mm (SK SNI T - 15 - 1991 - 03 Hal 38)}$$

Digunakan spasi = 50 mm, dengan luas tulangan minimum :

$$A_{v_{\text{min}}} = \frac{\frac{1}{3}\sqrt{f_c'}b.s}{f_y} = \frac{\frac{1}{3}\sqrt{20} \times 150 \times 50}{240} = 46,585 \text{ mm}^2$$

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Perencanaan tulangan geser :

Dipakai tulangan $\phi 8$ mm ($A_v = 100,531 \text{ mm}^2$), maka jarak sengkang :

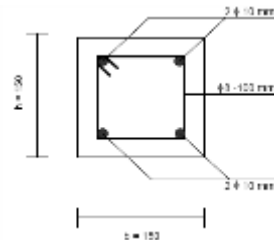
$$s = \frac{A_v f_y}{\frac{1}{3}\sqrt{f_c'}b} = \frac{100,531 \times 240}{\frac{1}{3}\sqrt{20} \times 150} = 107,902 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan $\phi 8$ -100 mm untuk tulangan geser dan $2\phi 10$ mm untuk lentur

• Perencanaan Tiang Sandaran (lanjut)

Resume hasil perhitungan tiang sandaran :

Ukuran tiang sandaran	: 150 x 150mm
Selimit beton	: 50mm
Tulangan pokok	: 4 ϕ 10
Tulangan sengkang	: ϕ 8 - 100



• Perencanaan Pelat Kantilever

Momen terfaktor :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1,6 M_{LL} + 1,2 M_{DL} \\
 &= (1,6 \times 540) + (1,2 \times 713) \\
 &= 1719,6 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

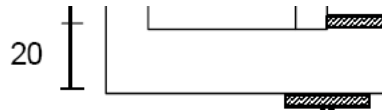
Gaya geser :

- Berat sendiri plat	= 0,20 x 1,00 x 2,4 x 1,00 = 0,48t	= 480 kg
- Berat spesi + tegel	= 0,05 x 1,00 x 2,2 x 1,00 = 0,11t	= 110 kg
- Berat pasir urug	= 0,25 x 1,00 x 1,8 x 1,00 = 0,43t	= 430 kg
- Berat kerb	= 0,25 x 1,00 x 2,2 x 1,00 = 0,33t	= 330 kg
- Berat air hujan	= 0,05 x 1,00 x 1,0 x 1,00 = 0,03t	= 30 kg
- Berat tiang sandaran	= (0,15 x 0,15 x 1,0) x 2,4 = 0,023t	= 23 kg
- Beban guna trotoir !	= 500 x 1	= 500 kg

Total gaya geser, $V = 1903 \text{ kg}$.

$$V_u = 1,2 V = 2283,6 \text{ kg}$$

• Perencanaan Pelat Kantilever (lanjut)



$$M_u = 1719,6 \text{ kgm} = 17196 \text{ Nm}$$

$$V_u = 2283,6 \text{ kg} = 22836 \text{ N}$$

$$h_f = 200 - 50 = 150 \text{ mm}$$

• Perencanaan Pelat Kantilever (lanjut)

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} = 0,00583$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,03225 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{17196 \cdot 10^3}{0,8 \times 1000 \times 150^2} = 0,955 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \omega &= 0,85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times R_n}{f_c'}} \right) \\ &= 0,85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 0,955}{20}} \right) = 0,049 \end{aligned}$$

$$\rho = \omega \cdot \frac{f_c'}{f_y} = 0,049 \times \frac{20}{240} = 0,00411$$

• Perencanaan Pelat Kantilever (lanjut)

Syarat daktililitas : $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, karena $\rho < \rho_{min}$,
maka digunakan nilai $\rho_{min} = 0,00583$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00583 \times 1000 \times 150 = 874,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 16$ -200 mm ($A_s = 1005,3 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (16)^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{874,5}{200,96} = 4,352$$

$$\therefore = \frac{1000}{4,352} = 229,779 \text{ mm} \approx 225 \text{ mm}$$

• Perencanaan Pelat Kantilever (lanjut)

Tulangan susut/bagi :

$$\begin{aligned} A_s &= 20 \% \cdot A_{s1} \\ &= 20 \% \times 874,5 \text{ mm}^2 = 174,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 10$ -200 mm ($A_s = 392,7 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (10)^2 \\ &= 78,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{174,9}{78,5} = 2,228$$

$$\therefore = \frac{1000}{2,228} = 448,83 \text{ mm} \approx 440 \text{ mm}$$

• Perencanaan Pelat Kantilever (lanjut)

Kontrol terhadap geser beton:

$$\tau_c = \frac{V}{\frac{7}{8}bh}$$

(Buku "Jembatan", Bambang Supriadi & Agus Setyo Mutohar , Hal 75)

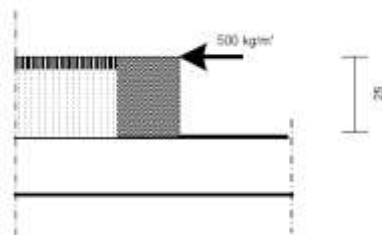
$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{V}{\frac{7}{8}bh} \\ &= \frac{22836}{\frac{7}{8} \times 1000 \times 150} = 0,174 \text{ Mpa} < 0,45f_c' = 0,45 \times 20 = 9 \text{ MPa} \dots\dots\text{OK}\end{aligned}$$

• Perencanaan Kerb

$$\begin{aligned}M &= 500 \times 0,25 = 125 \text{ kgm} \\ M_U &= 1,6 \times 125 = 200 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} = 0,00583$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85f_c'}{f_y} \cdot \beta \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,03225\end{aligned}$$



• Perencanaan Kerb (lanjut)

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2000 \times 10^3}{0,8 \times 1000 \times 200^2} = 0,0625 \text{ MPa}$$

$$\omega = 0,85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times R_n}{f_c'}} \right)$$

$$= 0,85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 0,0625}{20}} \right) = 0,0034$$

$$\rho = \omega \cdot \frac{f_c'}{f_y} = 0,0034 \times \frac{20}{240} = 0,000283$$

• Perencanaan Kerb (lanjut)

Karena nilai ρ yang diperlukan lebih kecil daripada nilai $\rho_{\min} = 0,00583$, maka agar perhitungan menjadi lebih aman sebaiknya dipakai nilai ρ_{\min} :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00583 \times 1000 \times 200 = 1166 \text{ mm}^2$$

Dipakai , $\phi 13$ -100 mm ($A_s = 1327,3 \text{ mm}^2$)



*Thanks for Your Attention
and See You Next Week!*