

## 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**

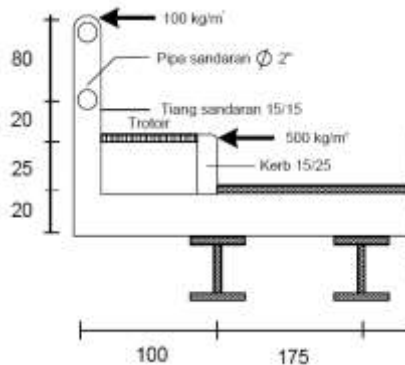
- Tiang sandaran merupakan kelengkapan jembatan yang berfungsi untuk keselamatan sekaligus membuat struktur lebih kaku.
- Sedangkan trotoar bisa dibuat atau pun tidak, tergantung perencanaan.
- Tiang sandaran umumnya setinggi 90 – 100cm dari muka trotoar, dan trotoar dibuat lebih tinggi 20 – 25cm dari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

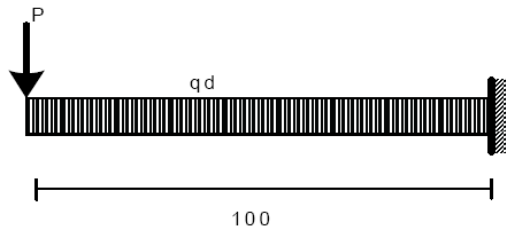
#### a. Beban mati merata ( $q_d$ )

- 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 ( $p$ )

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



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

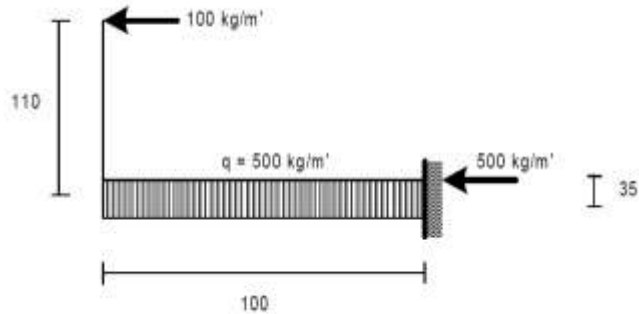
### • Pembebanan Trotoar (lanjut)

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 :

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

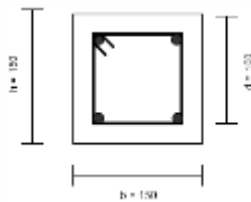
$$= (1,6 \times 540) + (1,2 \times 713)$$

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

## • Perencanaan Tiang Sandaran

Diketahui :

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



Momen lentur,  
 $M = 1,5 \times 100 \times 1 = 150 \text{ kgm}$   
 $M_u = 1,6 \times 150 = 240 \text{ kgm} = 2400 \text{ Nm}$   
 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  $2\phi 10 \text{ mm}$  (  $A_s = 157 \text{ mm}^2$  )

## • 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 :

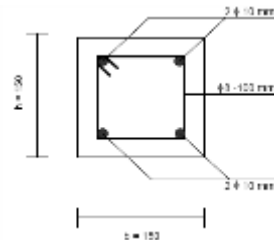
$$s = \frac{A_v f_y}{\frac{1}{3}\sqrt{f_c'}b} = \frac{100,531 \times 240}{\frac{1}{3}\sqrt{20} \times 150} = 107,902 \text{ mm}$$

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 $\phi$ 10
Tulangan sengkang	: $\phi$ 8 - 100



## ● Perencanaan Pelat Kantilever

Momen terfaktor :

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

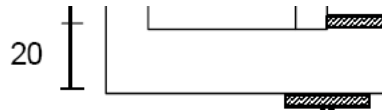
Gaya geser :

- 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)

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

$$= \frac{22836}{\frac{7}{8} \times 1000 \times 150} = 0,174 \text{ Mpa} < 0,45f_c' = 0,45 \times 20 = 9 \text{ MPa} \dots\dots\text{OK}$$

## • Perencanaan Kerb

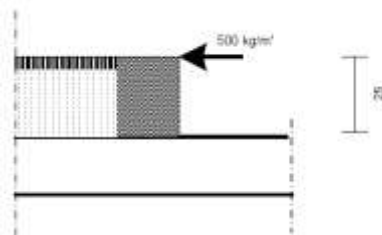
$$M = 500 \times 0,25 = 125 \text{ kgm}$$

$$M_U = 1,6 \times 125 = 200 \text{ kgm}$$

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

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85f_c'}{f_y} \cdot \beta \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,03225$$



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

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

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

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



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