

### → CONTOH 4.3

Hitunglah jumlah tulangan tarik yang dibutuhkan untuk suatu penampang dengan lebar 250 mm, tinggi total 500 mm, yang memikul beban momen lentur terfaktor sebesar 200 kN·m. Gunakan  $f'_c = 25$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa.

#### Penyelesaian:

1. Asumsikan ukuran tulangan tarik yang digunakan adalah D25,  $d = 500 - (25/2) - 50 = 437,5$  mm.
2. Periksa apakah penampang tidak memerlukan tulangan tekan. Untuk  $f'_c = 25$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa, maka  $\rho_{maks} = 0,01693$ .

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{\text{maks}} f_y \left( 1 - \frac{\rho_{\text{maks}} f_y}{1,7 f'_c} \right) = 0,9 \times 0,01693 \times 400 \left( 1 - \frac{0,01693 \times 400}{1,7 \times 25} \right)$$

$$= 5,1237 \text{ MPa}$$

Kuat momen rencana dari penampang adalah:

$$\phi M_{n \text{ maks}} = R_{u \text{ maks}} b d^2 = 5,1237 (250) (437,5)^2 = 245.177.050,78 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$= 245,18 \text{ kN}\cdot\text{m} > 225 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

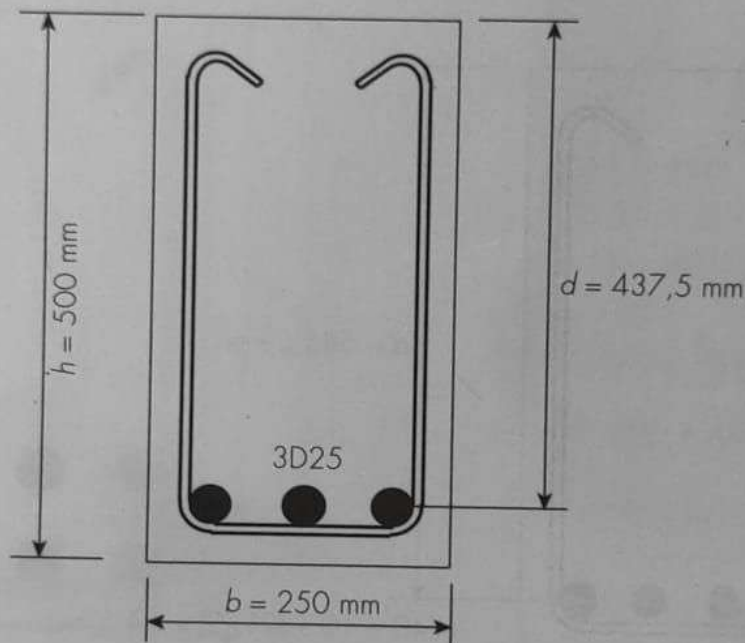
Sehingga penampang cukup didesain sebagai penampang bertulangan tunggal.

3. Hitung nilai  $\rho$  dari Persamaan 4.2 dan 4.3:

$$Q = \left( \frac{1,7}{\phi f'_c} \right) \frac{M_u}{b d^2} = \left( \frac{1,7}{0,9 \times 25} \right) \left( \frac{200 \times 10^6}{250 \times 437,5^2} \right) 0,3158$$

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right] = 0,01327 < \rho_{\text{maks}} \text{ (penampang terkendali tarik)}$$

Nilai  $A_s = \rho b d = 0,01327 (250) (437,5) = 1.452 \text{ mm}^2$ . Gunakan 3D25 dalam satu lapis tulangan. Gambar hasil perhitungan ditunjukkan dalam Gambar C.4.3. Lebar balok minimum yang diperlukan terpenuhi, karena  $b_{\text{min}} = 5d_b + 100 = 225 \text{ mm} < 250 \text{ mm}$ .



#### → CONTOH 4.4

Hitunglah jumlah tulangan tarik yang dibutuhkan untuk suatu penampang dengan lebar 350 mm, yang memikul beban momen lentur terfaktor sebesar 400 kN·m. Gunakan  $f'_c = 30$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa.

#### Penyelesaian:

1. Untuk  $f'_c = 30$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa, dengan menggunakan Tabel 4.1 atau Apendiks, diperoleh nilai  $\rho_b = 0,03197$ ,  $\rho_{maks} = 0,01998$  (penampang terkendali tarik) dan  $R_{umaks} = 6,06535$  MPa.
2. Dengan menggunakan  $\rho_{maks} = 0,01998$  dan  $R_u = 6,06535$  MPa,

$$bd^2 = \frac{M_u}{R_u} = \frac{400 \times 10^6}{6,06535} = 65.948.378,9 \text{ mm}^3$$

Untuk nilai  $b = 350$  mm, diperoleh  $d = 434$  mm. Maka

$$A_s = \rho b d = 0,01998(350)(434) = 3.035 \text{ mm}^2$$

Gunakan 4D32,  $A_s = 3.216 \text{ mm}^2$ . Tulangan ditempatkan satu lapis, syarat  $b_{\min} = 324$  mm, lebih kecil daripada lebar balok yang ada yaitu 350 mm.

3. Gambar penampang balok ditunjukkan dalam Gambar C.4.4. Dan selanjutnya perlu dihitung kuat momen rencana sesuai tulangan terpasang. Sehingga

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{3.216 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} = 144,13 \text{ mm}$$

$$c = a/0,84 = 171,58 \text{ mm}$$

$$c/d_t = 171,58/434 = 0,3953$$

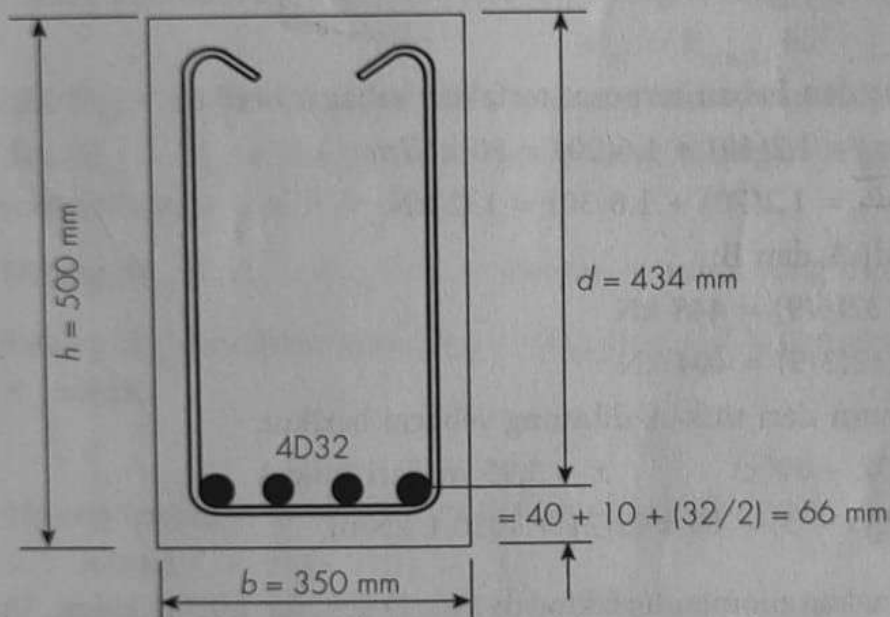
$$c/d_t > 0,375 \text{ (penampang pada daerah transisi)}$$

$$\phi = 0,65 + 0,25 \left[ \frac{d_t}{c} - \frac{5}{3} \right] = 0,866$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s f_y (d - a/2) \\ &= 403.203.697,34 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 403,20 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u (= 400 \text{ kN}\cdot\text{m})$$

OK

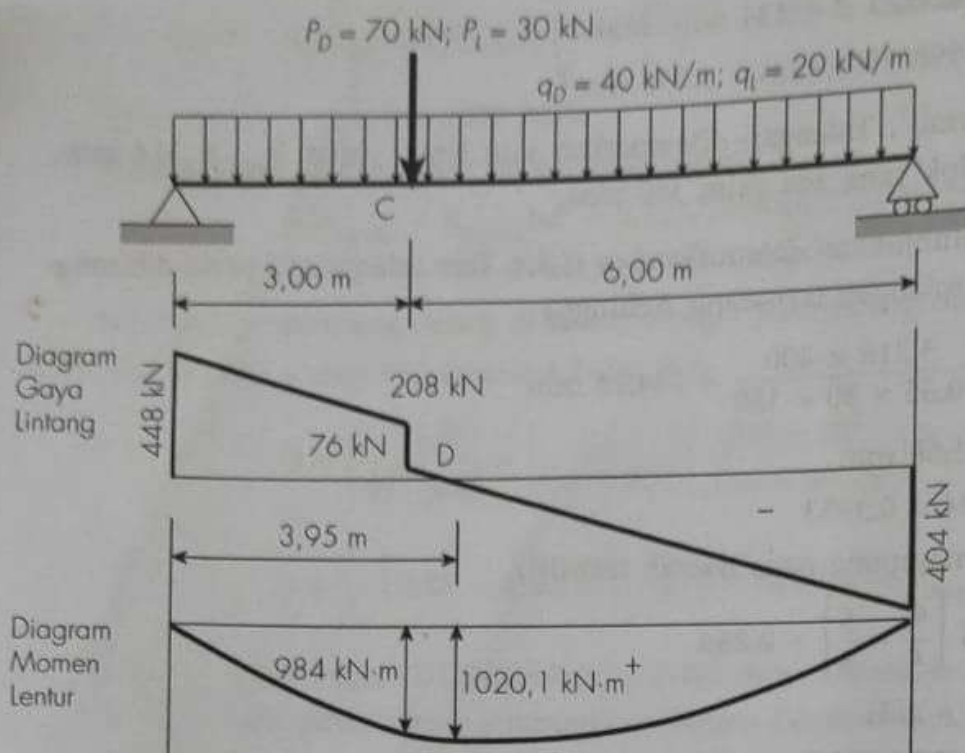


GAMBAR C.4.4

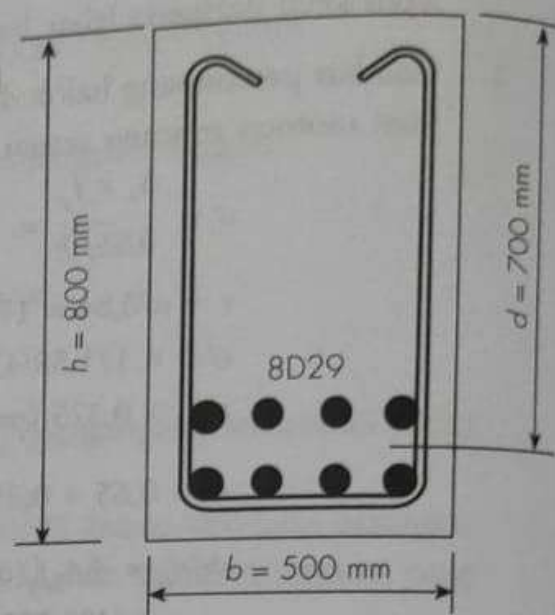
#### → CONTOH 4.5

Suatu balok beton bertulang dengan tumpuan sederhana dengan panjang bentang 9 meter, memikul beban mati merata sebesar 40 kN/m (sudah termasuk berat sendiri balok) dan beban hidup merata yang besarnya 20 kN/m. Balok juga memikul beban terpusat di titik C (sejarak 3 meter dari tumpuan A), berupa beban mati terpusat sebesar 70 kN dan beban hidup terpusat sebesar 30 kN. Lakukan desain terhadap balok tersebut dengan menggunakan rasio tulangan sebesar maksimum 1,5%,  $b = 500$  mm, serta  $f'_c = 25$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa.





➤ GAMBAR C.4.5.a



➤ GAMBAR C.4.5.b

### Penyelesaian:

1. Hitung beban merata terfaktor dan beban terpusat terfaktor sebagai berikut:

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(40) + 1,6(20) = 80 \text{ kN/m}$$

$$P_u = 1,2P_D + 1,6P_L = 1,2(70) + 1,6(30) = 132 \text{ kN}$$

Menghitung reaksi tumpuan di A dan B:

$$R_A = 80(9/2) + 132(6/9) = 448 \text{ kN}$$

$$R_B = 80(9/2) + 132(3/9) = 404 \text{ kN}$$

Lokasi momen lentur maksimum dari titik A dihitung sebagai berikut:

$$V = 0 = 448 - 132 - 80(x) \quad x = 3,95 \text{ m dari titik A}$$

$$M_{u,D} = R_A \cdot x - P_u(x - 3) - 80(x)(x/2) = 1020,1 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

2. Desain balok dengan menggunakan momen terfaktor di titik D sebesar 1.020,1 kN·m. Untuk  $f'_c = 25 \text{ MPa}$  dan  $f_y = 400 \text{ MPa}$ , diperoleh  $\rho_{\text{maks}} = 0,01693$  dan  $\rho_{\text{min}} = 0,004$  sehingga rasio tulangan 1,5% (0,015) masih masuk dalam batasan. Untuk  $\rho = 0,015$  dengan menggunakan tabel dalam Apendiks A diperoleh  $R_u = 4,638 \text{ MPa}$ .

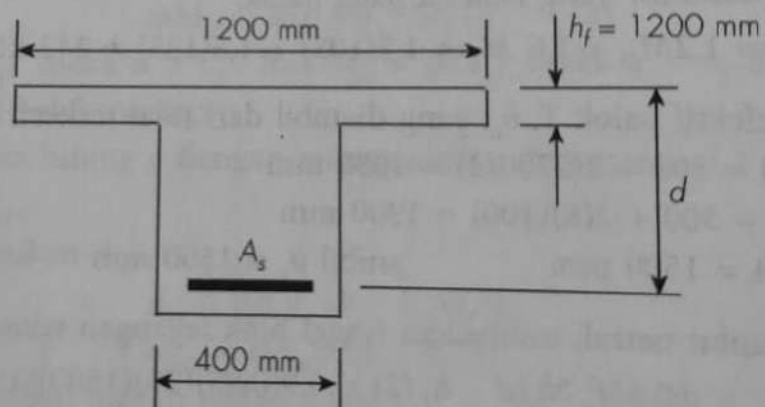
$$M_u = R_u b d^2 \quad \text{atau} \quad 1.020,1 \cdot 10^6 = 4,638(500)d^2$$

Diperoleh  $d = 663,24 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$ . Maka

$$A_s = 0,015(500)(700) = 5.250 \text{ mm}^2$$

3. Digunakan tulangan 8D29 ( $A_s = 5.280 \text{ mm}^2$ ) dipasang dalam dua lapis.
4. Tinggi balok total  $h = d + s/2 + d_b + \phi_{\text{senggang}} + \text{selimut beton} = 700 + (29/2) + 29 + 10 + 40 = 793,5 \text{ mm}$ , atau ambil  $h = 800 \text{ mm}$ .

Dalam suatu sistem balok pelat, diketahui bahwa lebar sayap balok T adalah 1200 mm, lebar badan balok,  $b_w = 400$  mm, dan tebal pelat  $h_f = 100$  mm. Desainlah sebuah penampang balok T untuk memikul momen terfaktor sebesar  $M_u = 1.100$  kN·m. Gunakan  $f'_c = 20$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa.



contoh 5.3

### Penyelesaian:

1. Karena tinggi efektif,  $d$ , tidak diketahui, maka sebagai langkah awal dapat diambil asumsi bahwa  $a = h_f$  dan hitung  $A_{sf}$  sebagai berikut:

$$A_{sf} = \frac{0,85f'_c b h_f}{f_y} = 0,85(20)(5.100 \text{ mm}^2)$$

Selanjutnya dari persamaan  $M_u = \phi A_{sf} f_y (d - h_f/2)$ , hitung nilai  $d$ :

$$1.100 \times 10^6 = 0,9(5.100)(400)(d - 100/2)$$

Diperoleh  $d = 649,13 \text{ mm} \approx 650 \text{ mm}$ .

Jika nilai  $d$  diambil sama dengan 650 mm, maka luas tulangan tarik  $A_s = A_{sf} = 5.100 \text{ mm}^2$

2. Jika tinggi efektif  $d$ , diambil lebih dari 650 mm, misalkan  $d = 750 \text{ mm}$ , maka  $a < h_f$  dan analisis dapat dilakukan sebagai balok persegi. Rasio tulangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.2 dengan  $\rho = 0,004797$  dan  $A_s = \rho b d = 0,004797(1200)(750) = 4.317,3 \text{ mm}^2$ .
3. Selanjutnya apabila dipilih tinggi efektif kurang dari 650 mm, misalkan diambil  $d = 550 \text{ mm}$ , maka  $a > h_f$  dan penampang akan berlaku sebagai balok T. Hitung:

$$A_{sf} = 0,85f'_c (b - b_w) h_f / f_y = 0,85(20)(1200 - 400)(100)/400 = 3.400 \text{ mm}^2$$

$$M_{u2} = \phi A_{sf} f_y (d - h_f/2) = 0,9(3.400)(400)(550 - 100/2) = 612 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} = 612 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{u1} = M_u - M_{u2} = 1.100 - 612 = 488 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Untuk penampang tulangan tunggal dengan  $b_w = 400 \text{ mm}$ ,  $d = 550 \text{ mm}$ , dan  $M_{u1} = 488 \text{ kNm}$ , maka  $R_u = 4,033 \text{ MPa}$ . Nilai  $\rho_1$  diperoleh dari Persamaan 4.2 atau dengan menggunakan tabel dalam Apendiks, yaitu  $\rho_1 = 0,01327$ :

$$A_{s1} = \rho_1 b_w d = 0,01327(400)(550) = 2.919,4 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{sf} + A_{s1} = 3.400 + 2.919,4 = 6.319,4 \text{ mm}^2$$

4. Dari ketiga hasil desain tersebut, apabila tidak ada pembatasan tinggi balok maka pilihan desain dalam langkah kedua ( $a < h_f$ ) akan lebih menguntungkan karena luas tulangan yang dibutuhkan jauh lebih kecil daripada dua alternatif lain (dengan pertimbangan bahwa harga besi tulangan lebih mahal daripada harga beton).