

BAB II

Merancang Atap Baja sampai Tangga dan Pelat

2.1 Perencanaan Atap

1. Data atap (Rangka Atap Baja Siku)

Jenis atap:	seng (sudut 30°)
Mutu baja profil:	$f_y=240$ MPa
Jenis sambungan:	las dengan $f_{uw} = 350$ MPa
Tiupan angin:	$0,25$ kN/m ² ; $f_y = 240$ MPa
Bentang kuda-kuda:	10 m
Jarak antar gording horizontal:	1,667 m
Bentang gording:	4,80 m
Jumlah sag-rod dan jarak:	2 buah; jarak $5/3 = 1,67 < 2$ m
Batang ikatan angin:	ϕ 16 mm

2. Gording

- a. Penutup atap/seng: $0,1$ kN/m² (50 kg/m²) (PBI 1989)
- b. Penggantung langit-langit kayu: $0,07$ kN/m² (7 kg/m²) (PBI 1989)
- c. Langit-langit: $0,11$ kN/m² (11 kg/m²) (PBI 1989)

Beban mati (profil $125 \times 50 \times 20$): $0,55$ kN/m

Beban hidup: $1,0$ kN (100 kg)

Momen gording: $M_{3,U} = 3,308$; $M_{2,U} = 0,428$

Cek tegangan pada profil C: $f_b = 208,2714 < f_y = 208,2714 < 240$ Mpa

Cek defleksi gording

$$\delta_2 = 16,3 \text{ mm} \qquad \delta_3 = 1,38 \text{ mm}$$

$$\delta = \sqrt{\delta_2 + \delta_3} < \frac{1}{240} \times L_2 = 16,3583 < 20 \text{ mm}$$

Hitungan sag-rod

$$F_{t,U} \text{ (I)} = 1,4 F_{t,D} = 1,848 \text{ kN}$$

$$F_{t,U} \text{ (II)} = 1,2 F_{t,D} + 1,6 F_{t,L} = 2,784 \text{ kN (dipilih nilai yang terbesar)}$$

$$Asr = 12,889 \text{ mm}; \quad d = 4,05 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

3. Rencana beban kuda-kuda

Beban P1: 5,2862 kN; Beban P2: 5,2894 kN; Beban total P3: 5,5496 kN

4. Beban angin

$$C_{ti} = 0,02 \alpha - 0,4 \quad C_{is} = -0,4$$

$$\text{Beban } W1 = 0,5085; \text{ Beban } W2 = 0,4628; \text{ Beban } W3 = 0,2314$$

$$\text{Beban } W4 = -0,4628; \text{ Beban } W5 = -0,9256; \text{ Beban } W6 = -0,0171$$

5. Rancangan elemen kuda-kuda

Data profil siku (Digunakan siku ganda)

$$f_y \text{ baja: } 240 \text{ Mpa}; \quad L: 60 \times 60 \times 6; \quad A: 691 \text{ mm}^2$$

$$I_3 = I_2: 227900 \text{ mm}^4; \quad r_3 = r_2: 18,2 \text{ mm}; \quad C_e: 17 \text{ mm}$$

Data profil siku ganda dengan tebal pelat simpul 8 mm

$$2L: \quad 60 \times 60 \times 6 - 8$$

$$A_g = 2A: \quad 1382 \text{ mm}^2$$

$$I_{g3} = 2 \times I_3 = 455800 \text{ mm}^4; \quad I_{g2}: 484822 \text{ mm}^4$$

$$I_{\min} = I_{g3} = 455800 \text{ mm}^4$$

$$r_{\min}: \quad 18,16 \text{ mm}$$

a. Batang Tarik

Batang tarik: 1, 7, 8, 20, 21, 24, 27, 28, 29, 30, 31

Gaya tarik yang terbesar, batang no. 1; $N_u = 37,103 \text{ kN}$

Syarat: $f_t = 29,8304 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

Batang tarik yang terpanjang, batang no. 8; $L_k = 3352,8 \text{ mm}$

Syarat: $\lambda = 184,6256 < 240$

Kesimpulan: profil 2L $60 \times 60 \times 6 - 8$ memenuhi syarat tegangan maupun kelangsingan

b. Batang desak

Batang desak: 22, 23, 25, 26, 34, 35, 36, 37, 38, 39

Batang dengan panjang 481,5 mm; 22, 26

Gaya desak yang terbesar, $N_u \text{ maks} = 7,656 \text{ kN}$

Kelangsingan: $\lambda_c = 0,0731$ ($\lambda_c \leq 0,25$; maka $\omega = 1$)

Tegangan desak

$f_c < f_y$; $f_c = 6,5174 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

Batang dengan panjang 963 mm; 23, 25

Gaya desak yang terbesar, $N_u \text{ maks} = 11,981 \text{ kN}$

Kelangsingan: $\lambda_c = 0,1462$ ($\lambda_c \leq 0,25$; maka $\omega = 1$)

Tegangan desak

$f_c < f_y$; $f_c = 10,1992 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

Batang dengan Panjang 1926 mm; 23, 25

Gaya desak yang terbesar, $N_u \text{ maks} = 11,84 \text{ kN}$

Kelangsingan: $\lambda_c = 0,2924$ ($\lambda_c \leq 0,25$; maka $\omega = 1,0185$)

Tegangan desak

$f_c < f_y$; $f_c = 10,2656 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

Batang dengan Panjang 962,44 mm; 34, 39

Gaya desak yang terbesar, $N_u \text{ maks} = 42,857 \text{ kN}$

Kelangsingan: $\lambda_c = 0,1461$ ($\lambda_c \leq 0,25$; maka $\omega = 1$)

Tegangan desak

$f_c < f_y$; $f_c = 36,4834 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

6. Rencana Sambungan Elemen Kuda-Kuda dengan Las

Batang tarik, $N_u \text{ maks} = 37103 \text{ kN}$

Batang tekan, $N_u \text{ maks} = -42857 \text{ kN}$

a. Gaya rencana las, berdasarkan gaya batang yang terbesar, $N_u = -42,857 > 40 \text{ kN}$; maka digunakan $N_u = 42,857 \text{ kN}$

$N_{u,1} = 30,7412 \text{ kN}$ $N_{u,2} = 12,1428 \text{ kN}$ (dipilih terbesar, 30,7412 kN)

b. Menentukan tebal las, t_w

Tebal pelat simpul 8 mm, berdasarkan tabel di bawah tebal las, $t_w = 4 \text{ mm}$

Tabel 1.1 Tebal Rencana Las

Tebal bagian paling tebal, $t(\text{mm})$	Tebal minimum las sudut, $t_w(\text{mm})$
$t \leq 7$	3
$7 \leq t \leq 10$	4
$10 \leq t \leq 15$	5
$15 < t$	6

c. Menentukan tebal rencana las, $t_t = 2,83 \text{ mm}$

- d. Kuat rencana las ($f_{uw} = 350 \text{ MPa}$ dan $f_u = 560 \text{ MPa}$)
 $R_u = 334,2938 \text{ N/mm}$ (untuk las) (dipilih yang terkecil)
 $R_u = 534,87 \text{ N/mm}$ (untuk bahan dasar)
- e. Panjang efektif las, $L_e = 45,9389$

2.2 Perencanaan Tangga

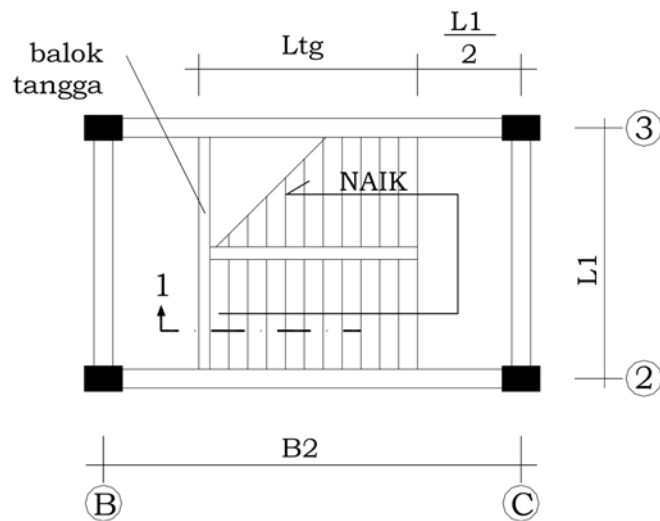
1. Denah ruang tangga

Tinggi optrede (O) = 175 mm; syarat 150-200 mm

Lebar antrede (A) = 300 mm; syarat 280-300 mm

$B_2 = 2500 \text{ mm}$ $L_1 = 4250 \text{ mm}$

- a. Jumlah anak tangga (n) = 20 buah
- b. Lebar bordes = 1250 mm
- c. Lebar tangga = $4250 - 1250 = 3000 \text{ mm}$
- d. Sudut kemiringan tangga = $\text{arc tan } (O/A) = 30,2564^\circ$



Gambar 2.1 Denah Ruang Tangga

2. Rencana pembebanan tangga

- a. Beban $q_{tg} = 7,762 \text{ kN.m}^2$; Beban $q_{bd} = 5,17 \text{ kN/m}^2$

Berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung tahun 1983, beban hidup untuk tangga dengan fungsi bangunan sebagai kantor, maka $LL = 3 \text{ kN/m}^2$. Setelah menghitung beban tangga, kemudian digunakan bantuan *software* SAP2000 untuk menghitung gaya-gaya rencana

$$M_{DL} = 18,25; M_{LL} = 7,03$$

$$V_{DL} = 16,58; V_{LL} = 6,88$$

Kombinasi beban untuk rencana penulangan tangga:

$$M_u = 1,4 M_{DL} = 25,55$$

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} = 33,148 \text{ (dipilih yang terbesar)}$$

$$V_u = 1,4 V_{DL} = 23,212$$

$$V_u = 1,2 V_{DL} + 1,6 V_{LL} = 30,904 \text{ (dipilih yang terbesar)}$$

3. Rencana penulangan tangga tumpuan

$$M_u \text{ tumpuan} = 16,574 \text{ kNm}$$

Direncanakan D13 mm untuk tulangan pokok; $f_y = 400 \text{ MPa}$

$$f_c = 20 \text{ MPa}; \quad \beta_1 = 0,85; \quad \text{selimut beton} = 20 \text{ mm}; \quad b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 130 \text{ mm}; \quad d = 103,5 \text{ mm}; \quad d_s = 26,5 \text{ mm}$$

$$R_n \text{ perlu} = 1,934 \text{ MPa}$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,0051 \text{ (digunakan)}; \quad \rho \text{ min} = 0,0035; \quad \rho \text{ maks} = 0,0163$$

$$A_s \text{ min} = 362,25 \text{ mm}^2; \quad A_s \text{ perlu} = 532,675 \text{ mm}^2 \text{ (digunakan)}$$

$$S = 249,180 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm} \quad \text{(digunakan **D13-200**)}$$

Cek terhadap geser

$$V_c = 77,144 \text{ kN}; \quad \phi V_c = 57,858 \text{ kN}$$

$$\phi V_c > V_u = 57,858 > 30,904 \text{ (OK)}$$

4. Tulangan susut

Direncanakan D10 untuk tulangan susut, $f_y = 240 \text{ MPa}$

$$D_s = 105 \text{ mm}$$

$$R_n \text{ perlu} = 1,879 \text{ MPa}; \quad \rho \text{ min} = 0,00583$$

$$A_s \text{ min} = 612,5 \text{ mm}^2; \quad A_s = 78,539 \text{ mm}^2$$

$$S = 128,228 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \quad \text{(digunakan **D10-100**)}$$

5. Rencana penulangan tangga lapangan

$$M_u = 26,518 \text{ kNm}$$

Direncanakan D13 mm untuk tulangan pokok; $f_y = 400 \text{ MPa}$

$$d = 103,5 \text{ mm}$$

$$R_n \text{ perlu} = 3,094 \text{ MPa}$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,0086 \text{ (digunakan)}; \quad \rho \text{ min} = 0,0035; \quad \rho \text{ maks} = 0,0163$$

$$A_s \text{ min} = 362,25 \text{ mm}^2; \quad A_s \text{ perlu} = 890,894 \text{ mm}^2 \text{ (digunakan)}$$

$$S = 149,047 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \quad \text{(digunakan **D13-100**)}$$

$$\text{Cek } A_s = 1327,328 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_s \text{ perlu} = 1327,323 > 890,894 \text{ (OK)}$$

6. Rencana pondasi tangga

$$\text{Beban pondasi: } Q_{tg} = 27,56 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman tanah (d) = } 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Daya dukung tanah = } 125 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tebal pondasi (h pondasi) = } 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\gamma \text{ tanah = } 18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{eksentrisitas (e) = } 0,601 \text{ m}$$

$$\sigma \text{ neto = } 97,1 \text{ kN/m}^2$$

Karena ada eksentrisitas yang cukup besar, maka B pondasi = $2e + 0,15 \text{ btg} + 0,1$ agar teg maks = teg min = $18,373 \text{ kN/m}^2 < 97,1 \text{ kN/m}^2$

7. Rencana penulangan pelat pondasi tangga

$$\text{Beban } q_{tg} = 35,592 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_u \text{ maks} = \sigma_u \text{ min} = 23,728 \leq 97,1 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = 19,632 \text{ kNm}; \quad V_u = 30,521 \text{ kNm}$$

$$\text{Direncanakan, D13 dengan } f_y = 400 \text{ MPa}; \quad f'_c = 20 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85; \quad \text{selimut beton} = 20 \text{ mm}; \quad b = 1,5 \text{ m}; \quad d = 123,5 \text{ mm}$$

$$R_n \text{ perlu} = 1,0726$$

$$\rho \text{ min} = 0,0035 \text{ (digunakan)}$$

$$A_s \text{ min} = 432,5 \text{ mm}^2$$

$$S = 307,073 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm (digunakan D13-300)}$$

$$\text{Cek gaya geser: } V_c = 92,051 \text{ kN}$$

$$\phi V_c > V_u = 69,038 > 36,887 \text{ kN (OK)}$$

Penulangan tulangan susut

$$\text{Direncanakan D10 dengan } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$d = 125 \text{ mm}; \quad \rho \text{ min} = 0,0058; \quad A_s \text{ min} = 725 \text{ mm}^2$$

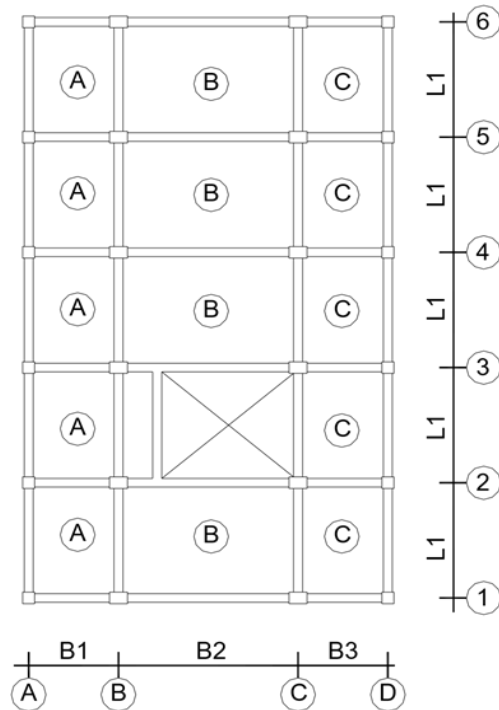
$$S = 108,3307 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm (Digunakan D10-100)}$$

$$\text{Cek } A_s \text{ aktual} = 785,398 \text{ mm}^2$$

$$785,398 \text{ mm}^2 > A_s \text{ min} = 725 \text{ mm}^2 > 725 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

2.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Atap

Untuk membuat rencana plat harus dibuat denahnya terlebih dahulu sebagai acuan rencana. Denah plat lantai dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2.2 Denah Rencana Pelat Lantai

1. Beban mati plat lantai

Beban mati (DL) = 5,01 kN/m²

Beban hidup plat lantai = 2,5 kN/m²

Wu lantai = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} = 10,012 kN/m²

Perencanaan beban pada plat

a. Menentukan beban plat

Plat lantai A = $\frac{L_y}{L_x} = \frac{4,5}{2,5}$

Plat lantai B = $\frac{L_y}{L_x} = \frac{4,5}{4,5}$

Plat atap C = $\frac{L_y}{L_x} = \frac{4,5}{4,25}$

Plat dengan ukuran terbesar adalah 4,5 m x 9 m

Tebal pelat yang digunakan adalah 120 mm

2. Perhitungan koefisien momen plat

Ditentukan berdasarkan PBI 1971

Plat lantai A = $\frac{L_y}{L_x} = 1,8$

Koefisien M_{lx} = 60 Koefisien M_{ly} = 35

$$\text{Plat lantai B} = \frac{L_y}{L_x} = 1$$

$$\text{Koefisien } M_{lx} = 36 \quad \text{Koefisien } M_{ly} = 36$$

$$\text{Plat atap C} = \frac{L_y}{L_x} = 1,058$$

$$\text{Koefisien } M_{lx} = 39,48 \quad \text{Koefisien } M_{ly} = 36,58$$

3. Rencana penulangan plat

Plat A

$$M_{lx} = -M_{tx} = 3,7545 \text{ kNm}; \quad M_{ly} = -M_{ty} = 2,19013 \text{ kNm}$$

Tebal plat = 120 mm

$$\text{Penulangan arah x; spasi} = 228,496 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm} \quad (\text{Digunakan P8-200})$$

$$\text{Penulangan arah y; spasi} = 285,599 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm} \quad (\text{Digunakan P8-250})$$

Plat B

$$M_{lx} = -M_{tx} = M_{ly} = -M_{ty} = 7,299 \text{ kNm}$$

Tebal plat = 120 mm

$$\text{Penulangan arah x, spasi} = 115,653 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \quad (\text{Digunakan P8-100})$$

$$\text{Penulangan arah y, spasi} = 112,178 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \quad (\text{Digunakan P8-100})$$

Plat C

$$\text{Beban mati (DL)} = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup plat atap} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} = 5,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plat atap C} = \frac{L_y}{L_x} = \frac{4,5}{4,25}$$

Tebal pelat yang digunakan adalah 100 mm

$$M_{lx} = -M_{tx} = 3,708 \text{ kNm}; \quad M_{ly} = -M_{ty} = 3,436 \text{ kNm}$$

$$\text{Penulangan arah x, spasi} = 195,489 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} \quad (\text{Digunakan P8-150})$$

$$\text{Penulangan arah y, spasi} = 184,765 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} \quad (\text{Digunakan P8-150})$$

4. Gaya geser plat

Plat lantai A

$$W_u = 10,012 \text{ kN/m}$$

$$L_x = 2,5 \quad dx = 96 \text{ mm} \quad f'_c = 20 \text{ MPa}$$

$$L_y = 4,5 \quad dy = 88 \text{ mm} \quad b = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Arah x: } V_{ux} \leq \phi V_c = 12,515 \leq 53,6656 \text{ (OK)}$$

$$\text{Arah y: } 22,527 \leq 49,1935 \text{ kN (OK)}$$

Plat lantai B

$$L_x = 4,5 \text{ m} \quad dx = 96 \text{ mm} \quad L_y = 4,5 \text{ m} \quad dy = 88 \text{ mm}$$

$$\text{Arah x: } V_{ux} \leq \phi V_c = 22,527 \leq 53,6656 \text{ (OK)}$$

$$\text{Arah y: } 22,527 \leq 49,1935 \text{ (OK)}$$

Plat atap C

$$W_u = 5,2 \text{ kN/m}$$

$$L_x = 4,5 \quad dx = 76 \text{ mm} \quad L_y = 4,25 \quad dy = 68 \text{ mm}$$

$$\text{Arah x: } V_{ux} \leq \phi V_c = 11,05 \leq 56,647 \text{ (OK)}$$

$$\text{Arah y: } 11,7 \leq 38,0132 \text{ (OK)}$$

5. Perencanaan tulangan pembagi

Kebutuhan tulangan pembagi diambil sebesar kebutuhan tulangan minimum

$$\text{Asusut} = 240 \text{ mm}^2$$

Asumsi tulangan P6

$$\text{Spasi} = 117,809 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm (plat lantai)}$$

$$\text{Asusut} = 200 \text{ mm}^2$$

Asumsi tulangan P6

$$\text{Spasi} = 141,371 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm (plat atap) (digunakan P6-100)}$$

2.4 Perencanaan Balok Bordes

$$\text{Bentang balok bordes (B}_2\text{)} = 2500 \text{ mm}$$

$$\text{Asumsi ukuran balok: } h_{\min} = 156,25 \text{ mm; } b_{\min} = 104,1667$$

Maka asumsi ukuran balok dipilih: $h = 350 \text{ mm}$ dan $b = 250 \text{ mm}$

$$\text{Beban DL} = 23,055 \text{ kN/m; } \text{Beban LL} = 6,88 \text{ kN/m}$$

$$W_u = 38,674 \text{ kN/m; } M_{\max} = 30,214 \text{ kN/m}$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 0,5 M_{\max} = 15,107 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ lapangan} = 0,8 M_{\max} = 24,171 \text{ kNm}$$

$$V_u = 48,3425 \text{ kN}$$

a. Rencana tulangan lapangan

Asumsi tulangan D16; sengkang P10; selimut beton = 40 mm

$$d = 292 \text{ mm; } R_n \text{ perlu} = 1,417$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,0037 \text{ (digunakan); } \rho \text{ min} = 0,0035; \quad \rho \text{ maks} = 0,016$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (OK)

As perlu = 270,472 mm²; As 1 tulangan = 201,062 mm²

Jumlah tulangan (n) = 1,345 \approx 2

Cek jarak tulangan bersih = 128 > 25 mm (OK) (digunakan **2D16**)

b. Rencana tulangan tumpuan

Rn perlu = 0,886; ρ perlu = 0,0022; $\rho_{\min} = 0,0035$

As perlu = 201,061 mm²

Jumlah tulangan (n) = 1,27 \approx 2 buah (digunakan **2D16**)

c. Rencana tulangan geser

Vu = 48,3425; Vc = 54,410 kN

$\phi V_c = 40,8075$ kN; Vs = 108,822 kN

Vs maks = 10,0456 < 108,833 kN

$S \leq \frac{d}{2}$ dipakai karena hitungan S dengan menggunakan 1 kaki dengan ϕ 10 mm

diperoleh 570,733 mm

$S \leq 146$ (digunakan **2P10-100**)

2.5 Perencanaan Balok Tangga

Asumsi ukuran balok 250/350

Berat DL = 23,67 kN/m;

Berat LL = 6,88 kN/m

Wu = 39,412 kN/m;

Mmax = 30,790 kNm

Mu tumpuan = 15,395 kNm;

Mu lapangan = 24,633 kNm

Vu = 49,265 kN

a. Rencana tulangan lapangan

Asumsi seperti balok bordes

d = 292 mm;

Rn perlu = 1,445

ρ perlu = 0,0037 (digunakan); $\rho_{\min} = 0,0035$

As perlu = 275,885 mm²

n tulangan = 1,37 \approx 2 buah (digunakan **2D16**)

b. Rencana tulangan tumpuan

Rn perlu = 0,902

ρ perlu = 0,0023; $\rho_{\min} = 0,0035$ (digunakan)

$$A_s \text{ perlu} = 255,5 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = 1,27 \approx 2 \text{ buah (digunakan } \mathbf{2D16})$$

c. Rencana tulangan geser

$$V_u = 49,265 \text{ kN}; \quad V_c = 54,410 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 40,8075 \text{ kN}; \quad V_s = 108,822 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ maks} = 11,276 < 108,833 \text{ kN}$$

$$S \text{ maks} = 508,4557 \text{ mm}$$

$$S \leq \frac{d}{2} = S \leq 196 \text{ (digunakan } \mathbf{P10-150})$$