

BAB 4

PEMBAHASAN

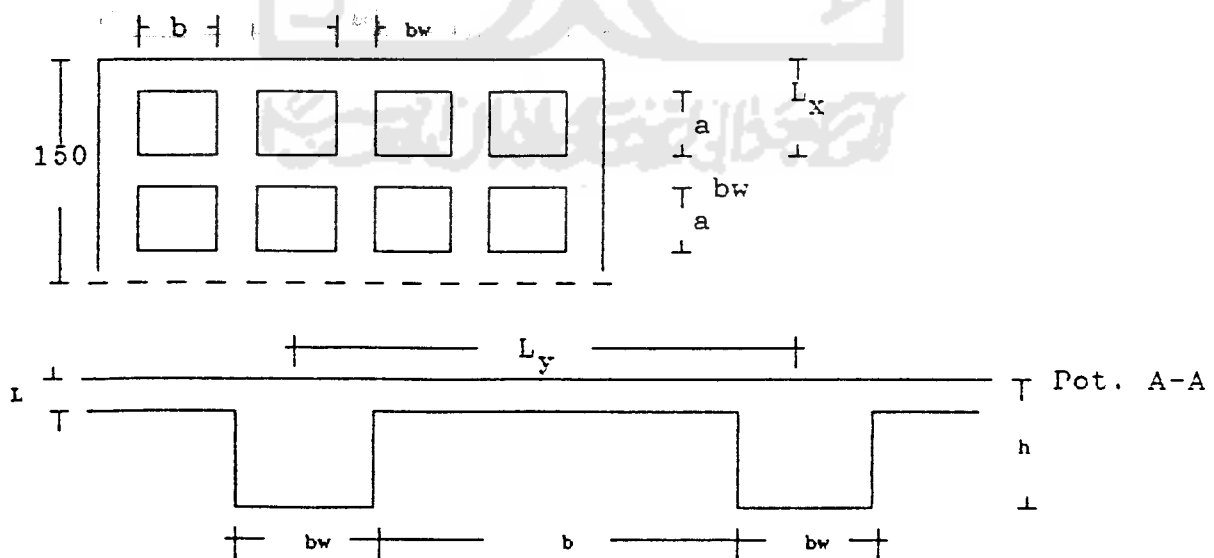
4.1. Analisis Beban

Penyajian hitungan analisis untuk pelat berusuk dilakukan dengan cara manual sedangkan untuk balok-rusuk (*joist*) dilakukan dengan komputer, yaitu dengan program Microfeap P2 dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk tabel (lihat lampiran). Untuk mengetahui perhitungannya, berikut ini diuraikan perhitungan terhadap sampel dengan luasan pelat 3x3 m², jarak antar balok digunakan cetakan lebar 75 cm (dari as ke as) dengan beban hidup 2,5 kN/m².

Data: $f'_c = 30 \text{ MPa}$; $f_y = 300 \text{ MPa}$; $q_L = 2,5 \text{ kN/m}^2$; $v = 0,2$

Hitungan Analisis Pelat Berusuk

Ditentukan dimensi sebagai berikut (lihat gambar 4.1)



Gambar 4.1 Pelat berusuk yang dianalisis

1. Beban Pelat:

$$a = b = \text{sisi pelat bersih} = 650 \text{ mm}$$

$$L_x = L_y = \text{sisi pendek dan panjang pelat as ke as rusuk} = 750 \text{ mm}$$

$$t = 55 \text{ mm}$$

Beban:

$$\text{berat pelat} = 0,055 \times 24 = 1,320 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{berat ubin} = 0,024 \times 21 = 0,504 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{berat pasir} = 0,020 \times 16 = 0,320 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{berat spesi} = 0,020 \times 21 = 0,420 \text{ kN/m}^2$$

-----+

$$q_D = 2,564 \text{ kN/m}^2$$

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

$$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 2,564 + 1,6 \times 2,5 = 7,0768 \text{ kN/m}^2$$

$$q_W = q_D + q_L = 2,564 + 2,5 = 5,064 \text{ kN/m}^2$$

Momen lentur pelat (tabel Timoshenko):

$$a/b = 650/650 = 1, \text{ dari tabel Timoshenko didapat:}$$

$$\text{- momen terbesar} = 0,0513 q a^2$$

$$M_u = 0,0513 \times 7,0768 \times 0,650^2 = 0,153 \text{ kNm}$$

$$M_w = 0,0513 \times 5,0640 \times 0,650^2 = 0,110 \text{ kNm}$$

Kontrol dimensi:

$$M_n = M_u / \phi = (0,153 \times 10^6) / 0,8 = 191250 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kapasitas momen tampang } M_T = 0,007 \sqrt{f'_c} a t^2$$

$$= 0,007 \sqrt{30} \times 650 \times 55^2$$

$$= 753871,653 \text{ Nmm} > M_n, \text{ pelat OK !}$$

- lendutan $\Delta = 0,00126 q a^4 / D$

$$E = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25743 \text{ MPa}$$

$$D = E t^3 / (12(1-\nu^2)) = 25743 \times 55^3 / (12(1-0,2^2))$$

$$= 371787467,45$$

$$\Delta_w = 0,00126 \times 0,005064 \times 650^4 / 371787467,45 = 0,0030635 \text{ mm}$$

$$\Delta_D = 0,00126 \times 0,002564 \times 650^4 / 371787467,45 = 0,0015511 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = \Delta_w - \Delta_D = 0,0030635 - 0,0015511 = 0,0015124 \text{ mm}$$

2. Beban Balok-Rusuk:

$$L_x = L_y = 650 + 2 \times (100/2) = 750 \text{ mm}$$

-Pembebanan:

$$L_{eq\ x} = L_{eq\ y} = 2 L_x / 3 = 2 \times 750 / 3 = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

-Beban ekuivalen:

$$\text{Pelat dalam arah X \& Y} = L_{eq\ x} q_D = 0,5 \times 2,564 = 1,282 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat rusuk (X \& Y)} = 0,1 (0,35-0,055) \times 24 = 0,708 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban mati } q_D = 1,282 + 0,708 = 1,990 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)}$$

$$\text{Beban hidup } q_L = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)}$$

$$\text{Beban kerja } q_w = 1,990 + 1,25 = 3,24 \text{ kN/m (arah X \& Y)}$$

$$\text{Beban ultimit } q_u = 1,2 \times 1,990 + 1,6 \times 1,25$$

$$= 4,388 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)}$$

3. Tampang Balok-Rusuk:

$$E = 25743 \text{ MPa}$$

$$A = 0,1 \times 0,35 = 0,035 \text{ m}^2$$

$$I = 0,1/12 \times 0,35^3 = 0,00035729 \text{ m}^4$$

$$\beta = 1/3 \times 0,21 b/h (1 - b^4/(12 h^4))$$

4.2. Desain

4.2.1. Desain Pelat Berusuk

Dicoba dimensi seperti pada gambar 4.1.

Desain Pelat:

$$a = b = \text{sisi pelat bersih} = 650 \text{ mm}$$

$$L_x = L_y = \text{sisi pendek dan panjang pelat as ke as rusuk} = 750 \text{ mm}$$

-Batasan tebal pelat (t) minimum:

$$t \geq b/12 = 650/12 = 54,17 \text{ mm}$$

$$t \geq 50 \text{ mm}$$

$$\text{dicoba } t = 55 \text{ mm}$$

Beban pelat sama seperti pada analisis, yaitu:

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

$$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 2,564 + 1,6 \times 2,5 = 7,0768 \text{ kN/m}^2$$

Momen lentur pelat (tabel Timoshenko):

$$a/b = 650/650 = 1, \text{ dari tabel Timoshenko didapat:}$$

$$\text{momen terbesar} = 0,0513 q a^2$$

$$M_u = 0,0513 \times 7,0768 \times 0,650^2 = 0,153 \text{ kNm}$$

$$M_n = M_u / \phi = (0,153 \times 10^6) / 0,8 = 191250 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / (b d^2) = 191250 / (650 \times 30^2) = 0,3269$$

$$m = f_y / (0,85 f'_c) = 300 / (0,85 \times 30) = 11,764$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,75 \times 0,85 f'_c \beta}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$= \frac{0,75 \times 0,85 \times 30 \times 0,85}{300} \times \frac{600}{(600 + 300)} = 0,0361$$

$$f_{\min} = 0,002$$

$$f = 1/m \times (1 - \sqrt{1 - 2 m R_n / f_y})$$

$$= 1/11,764 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 11,764 \times 0,3269 / 300})$$

$$= 0,00109 < f_{\min} \text{ ----> tulangan tunggal dengan } f = f_{\min}$$

$$A_s = f b d = 0,002 \times 650 \times 30 = 39 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan suhu dan susut = $A_{s\&}$

$$A_{s\& x} = A_{s\& y} = 0,002 \times 650 \times 55 = 71,5 \text{ mm}^2 > A_s$$

Jadi di dalam pelat hanya digunakan tulangan suhu dan susut.

$$D = 8 \text{ mm}, n = 71,5 / (\pi/4 \times 8^2) = 1,42 \approx 2$$

dipasang 2 \varnothing 8 mm, dimensi pelat dapat dipakai.

$$\text{- lendutan} = 0,00126 q a^4 / D$$

$$E = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25743 \text{ MPa}$$

$$D = E t^3 / (12(1-\nu^2)) = 25743 \times 55^3 / (12(1-0,2^2))$$

$$= 371787467,45$$

$$w = 0,00126 \times 0,005064 \times 650^4 / 371787467,45 = 0,0030635 \text{ mm}$$

$$D = 0,00126 \times 0,002564 \times 650^4 / 371787467,45 = 0,0015511 \text{ mm}$$

$$L = w - D = 0,0030635 - 0,0015511 = 0,0015124 \text{ mm}$$

$$L = (1/360) a = (1/360) \cdot 650 = 1,80556 \text{ mm} > L, \text{ pelat Ok !}$$

4.2.2. Desain Balok-Rusuk

Batasan dimensi minimum:

$$b_w = 100 \text{ mm} \quad h_{\min} = 3,5 \times 100 = 350 \text{ mm}$$

Jarak bersih antar rusuk maximum 800 mm,

dicoba : $b_w = 100 \text{ mm}$ $h = 350 \text{ mm}$ (termasuk pelat)

$$L_x = L_y = 650 + 2 \times (100/2) = 750 \text{ mm}$$

Pembebanan:

$$L_{eq\ x} = L_{eq\ y} = 2 L_x / 3 = 2 \times 750 / 3 = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

-Beban ekuivalen:

$$\text{Pelat dalam arah X \& Y} = L_{eq\ x} q_D = 0,5 \times 2,564 = 1,282 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat rusuk (X \& Y)} = 0,1 (0,35-0,055) \times 24 = 0,708 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban mati } q_D = 1,282 + 0,708 = 1,990 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)}$$

$$\text{Beban hidup } q_L = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)}$$

$$\text{Beban kerja } q_w = 1,990 + 1,25 = 3,24 \text{ kN/m (arah X \& Y)}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban ultimit } q_u &= 1,2 \times 1,990 + 1,6 \times 1,25 \\ &= 4,388 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)} \end{aligned}$$

-Tampang Balok-Rusuk:

$$E = 25743 \text{ MPa}$$

$$A = 0,1 \times 0,35 = 0,035 \text{ m}^2$$

$$I = 0,1/12 \times 0,35^3 = 0,00035729 \text{ m}^4$$

$$\beta = 1/3 \times 0,21 \times b/h (1 - b^4/(12 h^4))$$

$$= (1/3) \times 0,21 \times \frac{0,10}{0,35} (1 - 0,10^4 / (12 \times 0,35^4)) = 0,27337$$

$$J = \beta h b^3 = 0,27337 \times 0,35 \times 0,1^3 = 0,00009567 \text{ m}^4$$

$$C = E / (2 (1+\nu))$$

$$= 25743 / (2 (1+0,2)) = 10726,25 \text{ kN/m}^2$$

-Lentur:

Untuk contoh perhitungan diambil batang yang menahan momen terbesar yang dapat dilihat pada lampiran.

$$M_u = -4,2469 \text{ kNm (batang no. 5)}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$d = 300 \text{ mm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 4,2469 / 0,8 = 5,308625 \text{ kNm} = 5308625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / (b d^2) = 5308625 / (100 \times 300^2) = 0,58985$$

$$m = f_y / (0,85 f'_c) = 300 / (0,85 \times 30) = 11,764$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= \frac{0,75 \times 0,85 f'_c \beta}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,75 \times 0,85 \times 30 \times 0,85}{300} \times \frac{600}{(600 + 300)} = 0,0361 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 300 = 0,004667$$

$$\begin{aligned} \rho &= 1/m \times (1 - \sqrt{1 - 2 m R_n / f_y}) \\ &= 1/11,764 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 11,764 \times 0,58985 / 300}) \\ &= 0,0019895 < \rho_{\min} \text{ ----> tulangan tunggal dengan } \rho = \rho_{\min} \end{aligned}$$

$$A_s = \rho b d = 0,004667 \times 100 \times 300 = 140 \text{ mm}^2$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$n = 140 / (\pi/4 \times 10^2) = 1,783 \approx 2$$

dipasang 2 ϕ 10 mm, dimensi rusuk dapat dipakai.

-Geser:

$$V_u = 8,4059 \text{ kN} \quad b_w = 100 \text{ mm} \quad d = 300 \text{ mm}$$

$$V_n = V_u / \phi = 8,4059 / 0,6 = 14,010 \text{ kN}$$

$$V_c = 1,1 b_w d \sqrt{f'_c} / 6 = 1,1 \times 100 \times 300 \sqrt{30} / 6 = 30,1247 \text{ kN}$$

$V_c > V_n$, tidak perlu tulangan geser.

-Torsi:

Diambil batang dengan torsi terbesar, yaitu batang no. 1.

$$T_u = -97,961 \text{ Nm} \quad X = 100 \text{ mm} \quad Y = 350 \text{ mm}$$

$$T_n = T_u / \phi = 97961 / 0,6 = 163268,333 \text{ Nmm}$$

$$1/20 \sqrt{f'_c} \Sigma(X^2Y) = 1/20 \sqrt{30} (100^2 \times 350) = 958514,4756 \text{ Nmm}$$

$T_n < 958514,4756 \text{ Nmm}$, -----> tidak perlu tulangan torsi.

-Lendutan balok-rusuk:

Perhitungan momen Inersia efektif I_e pada tumpuan, digunakan penampang persegi (karena momen negatif), sedangkan pada lapangan digunakan penampang T karena momen positif.

-Pada tumpuan:

$$A_s = 140 \text{ mm}^2 \quad E_c = 25743 \text{ MPa}$$

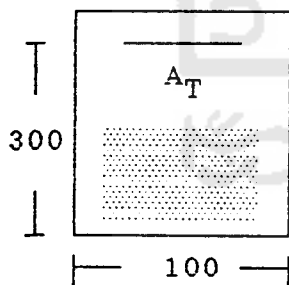
$$A_{brutto} = 100 \times 350 = 35000 \text{ mm}^2$$

$$\text{garis netral setinggi } h/2 = 350/2 = 175 \text{ mm}$$

$$\text{jarak garis netral ke serat tarik terluar } Y_t = 175 \text{ mm}$$

$$I_g = \frac{1}{12} 100 \times 350^3 = 3,6 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$M_u = 425340 \text{ Nmm}$$



$$A_T = \text{luas transformasi baja tulangan} \\ = A_s / n$$

$$n = E_s / E_c = 200000 / 25743$$

$$= 7,7691$$

$$A_T = 140 \times 7,7691 = 1087,674 \text{ mm}^2$$

Gambar 4.3 Balok tampang persegi

Garis netral retak:

statis momen terhadap sisi bawah:

$$\frac{b_w}{2} x^2 = A_T (d-x)$$

$$\frac{b_w}{2} x^2 + A_T x - A_T d = 0 \text{ ---> identik dengan } ax^2+bx+c = 0$$

dengan $a = b_w/2$ $b = A_T$ $c = -A_T d$ sehingga:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a c}}{2 a} = 70,636 \text{ mm --> garis netral retak}$$

Momen Inersia retak = I_{cr} = statis momen terhadap garis netral retak

$$I_{cr} = b_w x^3/3 + A_T (d-x)^2 = 68967998,035 \text{ mm}^4$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{30} = 3,8341 \text{ MPa}$$

$$\text{Momen retak} = M_{cr} = f_r I_g / y_t = 7887291,43 \text{ Nmm}$$

$$(M_{cr} / M_u) = 7887291,43/425340 = 18,54 > 1$$

$$\text{Gunakan } I_e = I_g = 3,6 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

-Pada lapangan:

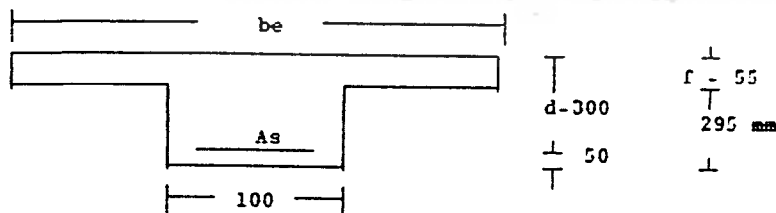
$$M_u = 1917400 \text{ Nmm}$$

$$A_s = 140 \text{ mm}^2$$

data penampang:

$$b_e = 750 \text{ mm} \quad \text{tebal flens } f = 55 \text{ mm}$$

$$d = 300 \text{ mm} \quad h = 350 \text{ mm} \quad b_w = 100 \text{ mm}$$



Gambar 4.4 Balok tampang T

Statis momen sisi bawah = 0

$$y_t = \frac{750 \times 55 \times 322,5 + 100 \times 295 \times 147,5}{750 \times 55 + 100 \times 295} = 249,5318 \text{ mm}$$

$y_t < 295 \text{ mm}$ ----> garis netral pada web/badan, sehingga:

$$I_g = 1/3 b_w \{ y_t^3 + (h - y_t)^3 \} + 1/12 (b_e - b_w) f^3 + (b_e - b_w) f (h - y_t - f/2)^2$$

$$= 7,6 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$A_T = 140 \times n = 140 \times 7,7691 = 1087,674 \text{ mm}^2$$

parameter :

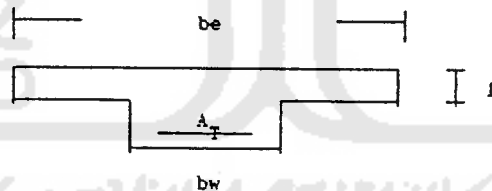
$$C = A_T (d - f) - (b_e f \frac{f}{2}) \text{ ----> } x_{cr} \text{ tepat pada sisi bawah sayap}$$

bila $C > 0$ maka x_{cr} berada pada badan dan bila $C < 0$, x_{cr} pada sayap.

$$C = 1087,674 (300 - 55) - (750 \times 55^2 / 2) = - 867894,78 \text{ mm}$$

$C < 0$, maka x_{cr} berada pada sayap.

-Perhitungan Momen Inersia retak:



x_{cr} pada sayap sejauh x dari sisi bawah sayap,

$$1/2 b_e (f - x)^2 = A_T (d - f + x)$$

$$b_e / 2 (f^2 - 2 f x + x^2) = A_T (d - f) + A_T x$$

$$b_e / 2 x^2 - (b_e f + A_T) x + b_e / 2 f^2 - A_T (d - f) = 0$$

$$\text{bila : } a = b_e / 2 \quad b = -(b_e f + A_T) \quad c = b_e / 2 f^2 - A_T (d - f)$$

$$\text{maka : } x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a c}}{2a}$$

untuk kasus di atas, harga :

$$a = 750/2 = 375 \text{ mm} \quad c = \frac{750}{2} 55^2 - 1087,674(300-55)$$

$$= 867894,87$$

$$b = -(750 \times 55 + 1087,674) = -42337,674$$

$$\text{sehingga: } x = \frac{-42337,674 + \sqrt{42337,674^2 - 4 \times 375 \times 867894,87}}{2 \times 375}$$

$$= 29,5337 \text{ mm}$$

-Garis netral retak sejauh 29,5337 mm di atas sisi bawah sayap.

$$I_{cr} = b_e/3 (f-x)^3 + A_T (d-x)^2 = 83694479,99 \text{ mm}^4$$

$$y_T = h - 29,5337 = 320,4663 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = f_r I_g / y_T = 3,834057 \times 7,6 \times 10^8 / 320,4663$$

$$= 9092635,7 \text{ Nmm}$$

$$(M_{cr}/M_u) = 9092635,7 / 1917400 = 4,74 > 1$$

Cunakan $I_e = I_g = 7,6 \times 10^8 \text{ mm}^4$

-Rata-rata momen inersia efektif (I_e):

$$I_e = (3,6 \times 10^8 + 7,6 \times 10^8) / 2 = 5,6 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

-Koefisien lendutan β :

Dengan data yang diberikan pada perhitungan mekanika, lendutan yang terjadi = 0,0563 mm pada momen = 0,86957 kNm.

$$\text{Rumus umum lendutan : } \Delta = \beta \frac{M L^2}{E I} \quad \text{sehingga :}$$

$$\beta = \Delta E I / (M L^2)$$

$$= 0,0563 \times 25743 \times 5,6 \times 10^8 / (869570 \times 3000^2)$$

$$= 0,1037$$

-Lendutan yang terjadi pada rusuk:

Lendutan akibat beban kerja Δ_w dengan $M_w = 1,4158 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned} \Delta_w &= 0,1037 \times 1415,8 \times 3000^2 / (25,743 \times 5,6 \times 10^8) \\ &= 0,09167 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban mati Δ_D dengan $M_D = 0,86957 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned} \Delta_D &= 0,1037 \times 869,57 \times 3000^2 / (25,743 \times 5,6 \times 10^8) \\ &= 0,05630 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban hidup $\Delta_L = \Delta_w - \Delta_D$

$$\Delta_L = 0,09167 - 0,05630 = 0,03537 \text{ mm}$$

Lendutan ijin untuk beban hidup : $\Delta_{\bar{L}} = L/360$

$$\Delta_{\bar{L}} = 3000/360 = 8,3333 \text{ mm} > \Delta_L \text{ -----} > \text{memenuhi syarat.}$$

Mengingat banyaknya sampel, maka untuk mempermudah perhitungan digunakan program yang dapat dilihat pada lampiran.

Dari analisis di atas maka volume tulangan yang diperlukan untuk pelat berusuk adalah:

tulangan suhu dan susut	= 2 (0,002x55x3000x3000)	= 1980000 mm ³
tulangan lentur	= 140 x 750 x 24	= 2520000 mm ³
volume total		-----+ = 4500000 mm ³

Volume beton total:

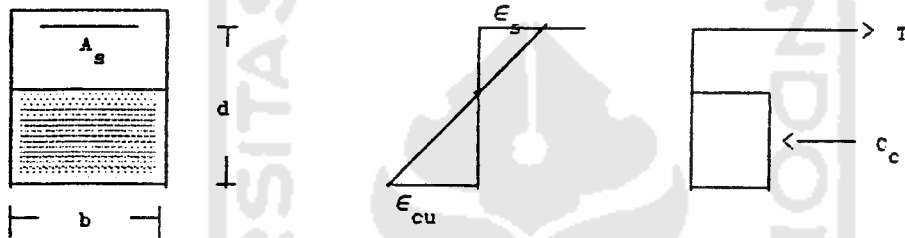
pelat	= 0,055 x 3 x 3	= 0,4950 m ³
rusuk	= (0,1 (0,35 - 0,055) x 0,75 x 0,12	= 0,2655 m ³
	(0,1 (0,35 - 0,055) x 0,65 x 0,12	= 0,2301 m ³
		-----+
volume total		= 0,9906 m ³



4.3. Pembahasan

Mengingat banyaknya rusuk, maka untuk efisiensi memasukan data digunakan klasifikasi gaya-dalam yang didasarkan pada batasan tulangan minimum sebagai berikut:

1. Lentur:



Gambar 4.5 Diagram tegangan lentur pada tumpuan

$$b = 100 \text{ mm} \quad d = 300 \text{ mm}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{Pada } A_s \text{ minimum} = 1,4/300 \times 100 \times 300 = 140 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s f_y = 140 \times 300 = 42000 \text{ N}$$

$$a = T / (0,85 f'_c b) = 42000 / (0,85 \cdot 30 \cdot 100) = 16,4706 \text{ mm}$$

$$M_n = T (d - a/2) = 42000 (300 - 16,4706/2)$$

$$= 12254117,65 \text{ Nmm}$$

$$M_u = M_n \cdot \phi = 12254117,65 \times 0,8 = 9803294 \text{ Nmm.}$$

Berarti bila momen hasil analisis mekanika < 9803294 Nmm, maka

dipasang tulangan dengan A_s minimum = 140 mm². Ini berlaku untuk momen negatif dan positif, untuk momen positif dengan momen > 9803294 Nmm dianalisis sebagai balok tampang T.

2. Geser:

$$\text{Data : } b_w = 100 \text{ mm} \quad d = 300 \text{ mm} \quad f'_c = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$V_c = 1,1/6 \sqrt{f'_c} b_w d = 1,1/6 \sqrt{30} \times 100 \times 300 \\ = 30124,7407 \text{ N}$$

$$V_u = V_n / \phi = 30124,7407 \times 0,8 = 18074,844 \text{ N.}$$

Berarti untuk gaya geser yang < 18074,844 N , tidak perlu menggunakan tulangan geser.

3. Torsi:

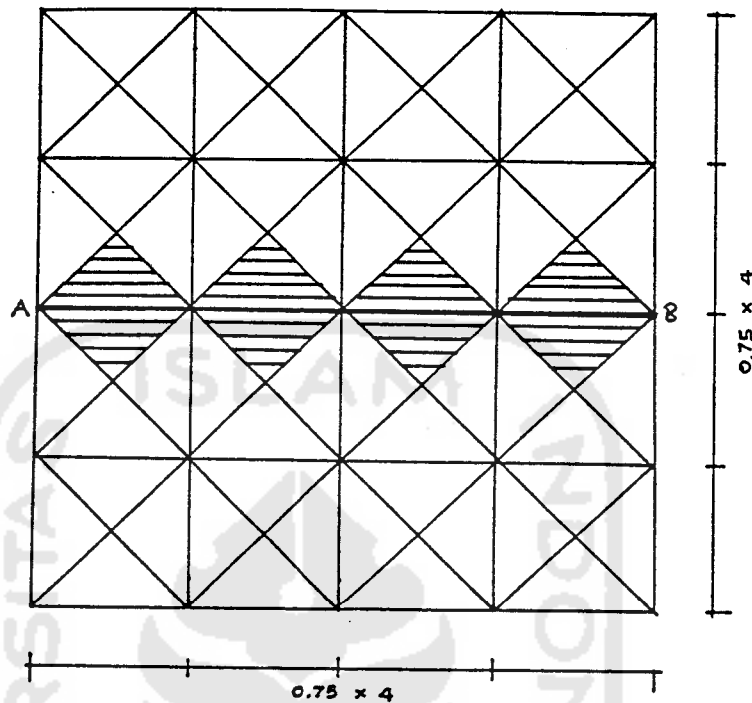
$$\text{Data : } X = 100 \text{ mm} \quad Y = 350 \text{ mm} \quad f'_c = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$T_n = T_u / \phi = 97961 / 0,6 = 163268,33 \text{ Nmm}$$

$$1/20 \sqrt{f'_c} \Sigma(X^2 Y) = 1/20 \sqrt{30} (100^2 \times 350) \\ = 958514,4756 \text{ Nmm}$$

Berarti untuk torsi yang < 958514,4756 Nmm, tidak perlu menggunakan tulangan torsi.

4.4. Hitungan Secara Manual



Cambar 4.6 Pelat dan balok-rusuk yang dihitung

Pada analisis balok-rusuk secara manual ini dilakukan untuk membandingkan dengan hasil hitungan dari program Microfeap. Pada perbandingan ini sebenarnya kurang tepat, karena dalam hitungan manual balok silang dianggap terlepas (tidak saling menguatkan) yang masing-masing menahan beban merata seperti pada gambar 4.6. Anggapan seperti ini mengakibatkan torsi dan lendutan pada persilangan balok dianggap tidak ada, sehingga hasil yang ditunjukkan oleh hitungan manual kurang tepat bila dibandingkan dengan hasil dari program Microfeap.

Untuk lebih jelasnya hitungan manual akan disajikan sebagai berikut:

karena beban, dimensi maupun jarak bentangan balok adalah sama pada kedua arahnya, maka diambil sampel salah satu bentang A-B.

Beban balok-rusuk:

$$L_x = L_y = 650 + 2 \times (100/2) = 750 \text{ mm}$$

-Pembebanan:

$$L_{eq \ x} = L_{eq \ y} = 2 L_x / 3 = 2 \times 750 / 3 = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

-Beban ekuivalen:

$$\text{Pelat dalam arah X \& Y} = L_{eq \ x} \times q_D = 0,5 \times 2,564 = 1,282 \text{ kN/m}$$

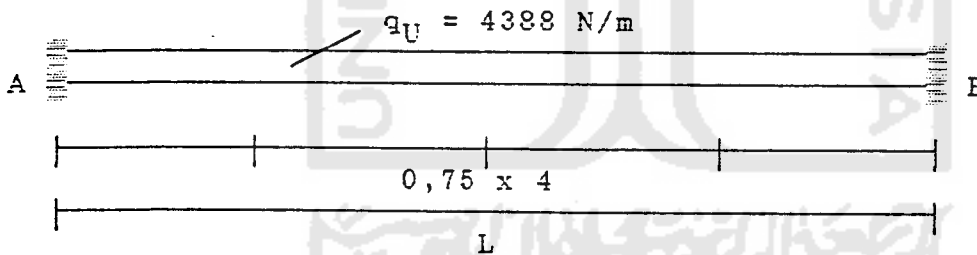
$$\text{Berat rusuk (X \& Y)} = 0,1 (0,35 - 0,055) \times 24 = 0,708 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban mati } q_D = 1,282 + 0,708 = 1,990 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)}$$

$$\text{Beban hidup } q_L = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)}$$

$$\text{Beban kerja } q_w = 1,990 + 1,25 = 3,24 \text{ kN/m (arah X \& Y)}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban ultimit } q_u &= 1,2 \times 1,990 + 1,6 \times 1,25 \\ &= 4,388 \text{ kN/m (dalam arah X \& Y)} \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Balok-rusuk yang dihitung

Titik A

$$\frac{qL^3}{24EI} = \frac{M_A L}{3EI} + \frac{M_B L}{6EI}$$

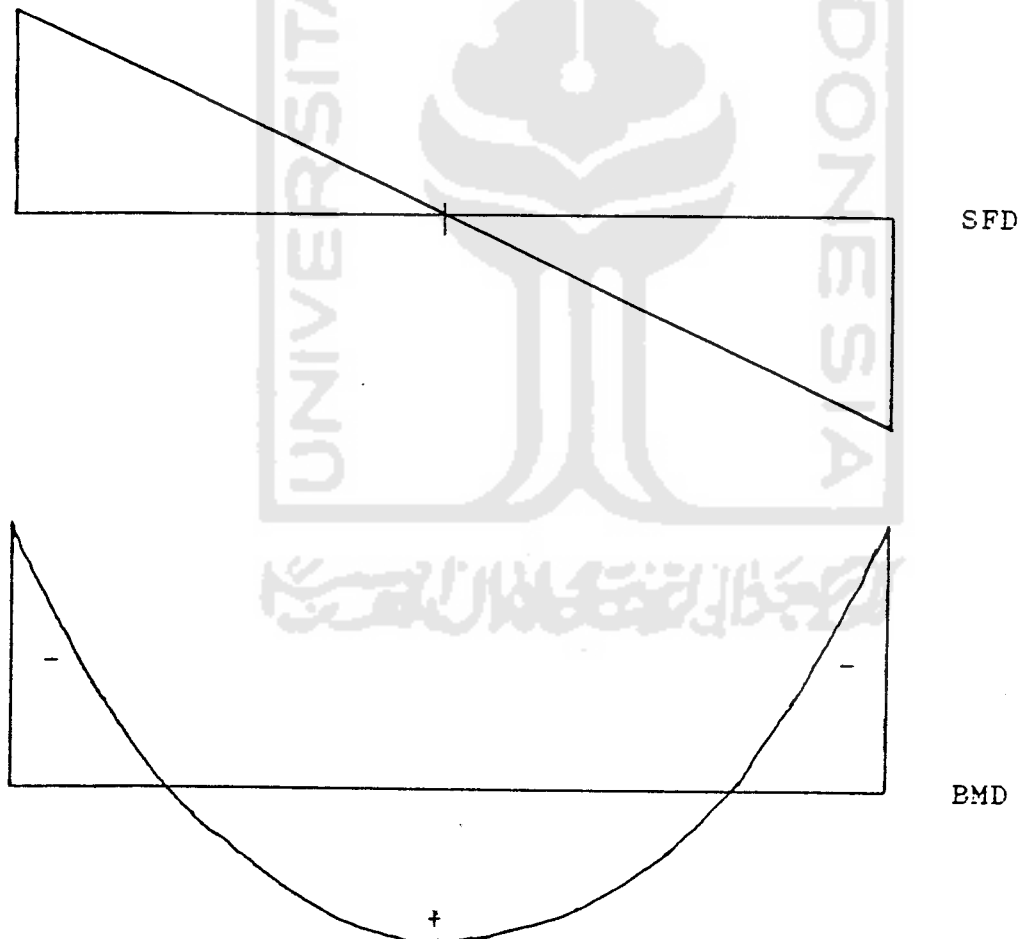
Dalam hal ini $M_A = M_B$ (karena bentuk simetris).

Dari persamaan di atas dapat diperoleh persamaan:

$$\begin{aligned}
 M_A = M_B &= (1/12) q_u L^2 \\
 &= (1/12) \times 4388 \times 3^2 \\
 &= 3291 \text{ Nm} \quad (\text{Microfeap} = 4246,9 \text{ Nm}).
 \end{aligned}$$

Momen maksimum:

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= q_u L/2 \times (L/2) - ((q_u L/2) \times (L/4) + M_a) \\
 &= (1/24) q_u L^2 \\
 &= (1/24) \times 4388 \times 3^2 \\
 &= 1645.5 \text{ Nm} \quad (\text{Microfeap} = 1917,4 \text{ Nm}).
 \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Diagram SFD dan BMD

Dari hitungan di atas untuk momen (baik momen tumpuan maupun momen lapangan) didapatkan hasil yang lebih kecil dari hitungan Microfeap. Hal ini disebabkan karena untuk analisis manual, torsi tidak dihitung, demikian juga pengaruh elastisitas bahan (E), momen inersia (I) dan modulus geser (G) tidak berpengaruh. Yang berpengaruh hanyalah beban dan jarak bentangan, sehingga hitungan manual ini tidak dipakai. Selanjutnya hitungan yang digunakan untuk analisis dan desain adalah hasil dari program Mirofeap P2.

