

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Peraturan dan Data Teknis

Perhitungan pelat beton menggunakan standar perhitungan struktur beton untuk gedung yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 2847-2013 serta sistem pembebanan berdasarkan PPIUG (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung) 1987 yang mengatur berat beban hidup.

Data teknis struktur pelat lantai yang akan digunakan yaitu:

Tabel 5.1 Data Struktur Teknis, sumber: *Data Perusahaan*

1.	Mutu beton ($f'c$)	30 Mpa
2.	Mutu tulangan besi (f_y)	400 N/mm ²
3.	Berat jenis beton (γ_b)	2.400 kg/m ³
4.	Tebal pelat (h)	200 mm
5.	Lebar pelat (L_y)	8 mm
6.	Panjang pelat (L_x)	4 m
7.	Berat jenis finishing lantai	100 kg/m ²
8.	Diameter tulangan (ϕ)	8 mm
9.	Tebal selimut beton (t_s)	20 mm

5.2 Analisis Perhitungan Pelat Lantai

Analisis kelayakan struktur pelat lantai dilakukan dengan cara perhitungan pembebanan pelat, menggunakan asumsi yang berhubungan dengan keadaan konstruksi pelat pada proyek.

5.2.1 Jenis Pelat Lantai

Untuk menentukan jenis pelat lantai yang akan digunakan menggunakan

dasar perhitungan: $\frac{Ly}{Lx} = \frac{8}{4} = 2 \geq 2$, dimana:

Ly = lebar pelat lantai

Lx = panjang pelat lantai

Jika $Ly/Lx \geq 2$ maka jenis pelat lantai adalah pelat dua arah. Hal ini bertujuan agar pelat lantai dapat menahan momen yang bekerja pada dua arah, apabila pelat yang dibuat adalah pelat satu arah, maka akan beresiko pada terjadinya kegagalan konstruksi. Maka jenis pelat yang akan digunakan adalah pelat lantai dua arah.

5.2.2 Beban Pelat Lantai

a. Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri pada sebuah bangunan serta bagian yang tak terpisahkan dari bangunan tersebut.

Beban sendiri pelat lantai (kg/m^2)

$$\rho * h = 2.400 \text{ kg/m}^3 * 0,2 \text{ m} = 480 \text{ kg/m}^2$$

ρ = berat jenis beton

h = tebal pelat

Beban finishing lantai (kg/m^2) = 100 kg/m^2

Total beban mati yang terjadi pada pelat adalah:

$$Q_D = 480 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 580 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban Hidup

Beban hidup ditentukan berdasarkan fungsi bangunan dengan mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987.

Tabel 5.2 Beban hidup untuk lantai *basement*, sumber: *PPIUG 1987*

Gedung parkir bertingkat :	800 kg/m ²
Lantai bawah	

$$Q_L = 800 \text{ kg/m}^2$$

c. Beban Rencana Terfaktor

$$Q_u = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L$$

Dimana:

Q_u = Beban rencana terfaktor

Q_D = Beban mati

Q_L = Beban hidup

1,2 dan 1,6 merupakan angka *Safety factor* yang ditentukan berdasarkan ketentuan RSNI3-2002, dengan tujuan keamanan bangunan serta menghindari pemborosan bahan bangunan.

$$Q_u = 1,2 * 580 + 1,6 * 800 = 1.976 \text{ kg/m}^2 = 19,76 \text{ kN/m}^2$$

d. Momen Pelat Akibat Beban Terfaktor

Berdasarkan hasil perbandingan L_y/L_x , maka nilai momen pelat sesuai PBI71 adalah:

$$\text{Lapangan } x \text{ } C_{lx} = 62$$

$$\text{Lapangan } y \text{ } C_{ly} = 62$$

$$\text{Tumpuan } x \text{ } C_{tx} = 35$$

$$\text{Tumpuan } y \text{ } C_{ty} = 35$$

Momen lapangan pada arah x:

$$\begin{aligned} M_{Ulx} &= C_{lx} * 0,001 * Q_U * Lx^2 \\ &= 62 * 0,001 * 19,76 * 4^2 = 19,602 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Momen lapangan pada arah y:

$$\begin{aligned} M_{Uly} &= C_{ly} * 0,001 * Q_U * Lx^2 \\ &= 62 * 0,001 * 19,76 * 4^2 = 19,602 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Momen tumpuan pada arah x:

$$\begin{aligned} M_{Utx} &= C_{tx} * 0,001 * Q_U * Lx^2 \\ &= 35 * 0,001 * 19,76 * 4^2 = 11,066 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Momen tumpuan pada arah y:

$$\begin{aligned} M_{Uty} &= C_{ty} * 0,001 * Q_U * Lx^2 \\ &= 35 * 0,001 * 19,76 * 4^2 = 11,066 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Maka momen rencana maksimum pelat yang digunakan adalah:

$$Mu = 11,066 \text{ kNm/m}$$

5.2.3 Penulangan Pelat Lantai

a) Rasio tulangan pada kondisi balance (SNI3-2002)

Untuk $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$, maka $\beta_1 = 0,85$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton (β_1) = 0,85

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 * \beta_1 * f_c'}{f_y} * \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 * \beta_1 * 30}{400} * \frac{600}{600 + 400} = 0,0325 \end{aligned}$$

b) Faktor tahanan momen maksimum:

$$R_{max} = 0,75 * \rho_b * f_y * \left[1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * \frac{f_y}{0.85 * f_c'} \right]$$

$$= 0,75 * 0,0325 * 400 * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * 0,0325 * \frac{400}{0,85 * 30}] = 7,8883$$

c) Faktor reduksi kekuatan lentur (RSNI3-2002):

$$\phi = 0,80$$

d) Jarak tulangan terhadap sisi luar beton:

$$d_s = t_s + \frac{1}{2} \phi = 20 + 4 = 24 \text{ mm}$$

e) Tebal efektif pelat lantai:

$$d = h - d_s = 200 - 24 = 176 \text{ mm}$$

f) Peninjauan pelat lantai selebar 1 m:

$$b = 1000 \text{ mm}$$

g) Momen nominal rencana:

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{11,066}{0,80} = 13,832 \text{ kNm}$$

h) Faktor tahanan momen:

$$R_n = \frac{M_n * 10^{-6}}{b * d^2} = 0,44654$$

i) $R_n < R_{max}$

$$0,44654 < 7,8883$$

Apabila hasil perhitungan faktor tahanan momen (R_n) lebih kecil daripada faktor tahanan maksimum (R_{max}), maka ukuran pelat telah memiliki ketebalan yang cukup untuk menahan momen.

Ukuran pelat dinyatakan kurang tebal apabila $R_n > R_{max}$.

j) Rasio tulangan yang dibutuhkan:

$$\rho = 0,85 * \frac{f_{c'}}{f_y} * (1 - \sqrt{1 - 2 * \frac{R_n}{0,85 * f_{c'}}})$$

$$= 0,85 * \frac{30}{400} * (1 - \sqrt{1 - 2 * \frac{0,44654}{0,85 * 30}}) = 0,0011$$

k) Rasio tulangan minimum:

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

l) Rasio tulangan yang digunakan:

Dipilih dari hasil maksimum antara $\rho_{\min}$ atau ρ

$$\rho = 0,0025$$

m) Luas tulangan yang diperlukan:

$$A_s = \rho * b * d = 0,0025 * 1000 * 176 = 440 \text{ mm}^2$$

n) Jarak tulangan yang diperlukan:

$$S = \frac{\pi}{4} * \phi^2 * \frac{b}{A_s} = \frac{\pi}{4} * 8^2 * \frac{1000}{440} = 114 \text{ mm}$$

o) Jarak tulangan maksimum:

$$S_{\max} = 2 * h = 2 * 200 = 400 \text{ mm}$$

p) Jarak sengkang yang harus digunakan:

$$S_x = 114 \text{ mm}$$

q) Jarak sengkang diambil:

$$S = 110 \text{ mm}$$

r) Tulangan yang digunakan:

$$\phi 8 \text{ mm}$$

s) Luas tulangan yang terpakai:

$$A_s = \frac{\pi}{4} * \phi^2 * \frac{b}{s} = \frac{\pi}{4} * 8^2 * \frac{1000}{110} = 457 \text{ mm}^2$$

Hasil dari perhitungan pelat lantai didapatkan jarak sengkang yaitu 110 mm dengan diameter tulangan 8 mm, serta luas tulangan yang akan digunakan adalah 440 mm².

5.2.4 Kontrol Lendutan Pelat

- 1) Modulus elastisitas beton:

$$E_c = 4700 * \sqrt{f_c'} = 4700 * \sqrt{30} = 25743 \text{ MPa} = 257430 \text{ kg/cm}^2$$

- 2) Modulus elastisitas baja tulangan:

$$E_s = 210000 \text{ MPa} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

- 3) Beban merata (tak terfaktor) pada pelat:

$$Q = Q_D + Q_L = 5,8 + 8 = 13,8 \text{ N/mm}$$

- 4) Panjang bentang pelat:

$$L_x = 4000 \text{ mm}$$

- 5) Batas lendutan maksimum yang diijinkan:

Disesuaikan dengan jenis komponen struktur pada Tabel 9

SNI-03-2847-2002, yaitu konstruksi lantai yang menahan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar, memiliki batas lendutan $\frac{L_x}{240}$.

$$\frac{L_x}{240} = \frac{4000}{240} = 16,667 \text{ mm}$$

- 6) Momen inersia bruto penampang pelat:

$$I_g = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 1000 * 200^3 = 666.666.667 \text{ mm}^3$$

- 7) Modulus keruntuhan lentur beton:

$$f_r = 0,7 * \sqrt{f_c'} = 0,7 * \sqrt{30} = 3,834 \text{ MPa}$$

- 8) Nilai perbandingan modulus elastis:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2100000}{257430} = 8,16$$

- 9) Jarak garis netral terhadap sisi atas beton:

$$c = n * A_s / b = 8,16 * 457 / 1000 = 3,728 \text{ mm}$$

- 10) Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton:

$$\begin{aligned}
 I_{cr} &= \frac{1}{3} * b * c^3 + n * A_s * (d - c)^2 \\
 &= \frac{1}{3} * 1000 * 3,728^3 + 8,16 * 457 * (176 - 3,728)^2 \\
 &= 110646273 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 11) Momen retak:

$$\begin{aligned}
 y_t &= \frac{h}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ mm} \\
 M_{cr} &= f_r * I_g / y_t \\
 &= 3,83 * 666666667 / 100 = 25560386 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- 12) Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban):

$$\begin{aligned}
 M_a &= \frac{1}{8} * Q * L_x^2 \\
 &= \frac{1}{8} * 13,8 * 4000^2 = 27600000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- 13) Inersia efektif untuk perhitungan lendutan:

$$\begin{aligned}
 I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 * I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] * I_{cr} \\
 &= \left(\frac{25560386}{27600000} \right)^3 * 666666667 + \left[1 - \left(\frac{25560386}{27600000} \right)^3 \right] * 110646273 \\
 &= 552283526 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 14) Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup:

$$\begin{aligned}
 \delta_e &= \frac{5}{384} * Q * L_x^4 / (E_c * I_e) \\
 &= \frac{5}{384} * 13,8 * 4000^4 / (25743 * 552283526) = 3,235 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 15) Rasio tulangan slab lantai:

$$\rho = \frac{A_s}{b*d} = \frac{457}{1000*176} = 0,0026$$

- 16) Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun), nilai:

$$\zeta = 2,0$$

$$\lambda = \frac{\zeta}{(1+50*\rho)} = \frac{2}{(1+50*0,0026)} = 1,7702$$

17) Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut:

$$\begin{aligned}\delta_g &= \lambda * 5 / 384 * Q * L_x^4 / (E_c * I_e) \\ &= 1,7702 * 5 / 384 * 13,8 * 4000^4 / (257430 * 552283526) \\ &= 5,727 \text{ mm}\end{aligned}$$

18) Lendutan total:

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_e + \delta_g = 3,235 + 5,727 = 8,963 \text{ mm}$$

19) Syarat:

$$\delta_{\text{tot}} \leq \frac{Lx}{240}$$

$$8,963 \text{ mm} < 16,667 \text{ mm}$$

Lendutan pada pelat yang dirancang memiliki nilai lebih kecil dari batas lendutan maksimum yang diijinkan oleh standar SNI-03-2847-2002, maka lendutan yang akan terjadi akibat beban yang bekerja serta pelat lantai yang dirancang dinyatakan aman.