

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil**

Pada bab ini diberikan pemaparan perhitungan momen pelat lantai dan perhitungan tulangan yang digunakan pada pelat. Pada perhitungan pelat berisi perhitungan pelat dengan metode koefisien momen berdasarkan pada tabel PBI-1971 yang mana digunakan untuk menghitung perencanaan momen pelat dan perhitungan pelat dengan menggunakan SAP 2000. Setelah perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen dan SAP 2000 maka dilakukan perbandingan antara perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen dan SAP 2000 untuk memperoleh presentasi perbedaan yang akan ditunjukkan melalui kurva perbandingan. Berdasarkan perhitungan momen pelat maka dilanjutkan perhitungan tulangan yang akan digunakan pada pelat.

#### **4.2 Pengumpulan Data**

Data yang dimaksudkan adalah data beban pada pelat, tebal pelat, kuat tekan beton, mutu baja, berat jenis spesi dan berat jenis beton.

Tebal Pelat	=	12 cm = 0,12 m
Tebal keramik	=	1 cm = 0,01 m
Kuat tekan beton ( $f'c$ )	=	25 Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	=	280 Mpa
Berat jenis spesi	=	21 Kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis beton	=	24 KN/m <sup>2</sup>

#### **4.3 Perencanaan Pembebanan Pada Pelat**

##### **4.3.1 Beban hidup (qLL)**

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat beban manusia, yaitu penghuni atau pengguna gedung dan kedalamannya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang yang berpindah. Dalam SNI 2847–2019 Beban.

Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur khususnya bangunan sekolah, diantaranya sebagai berikut:

Peninjauan pelat lantai ini pada “ **Gedung Sekolah**”

Ruang kelas = 1,92 KN/m<sup>2</sup>

#### 4.3.2 Beban Mati (qDL)

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri, mencakup komponen struktural dan arsitektural, dan juga semua peralatan lainnya yang terpasang di bangunan tersebut. Umumnya, beban ini bersifat tetap atau tidak berubah seiring berjalannya waktu. Beban mati yang ada pada ruang kelas yakni terlihat pada Tabel 4.1 berikut ini:

**Tabel 4.1 Beban Mati**

Pelat (0,12 m)	=	0,12 cm	x	2400 Kg/cm	=	288,00 Kg/m <sup>2</sup>
penutup lantai	=	1 cm	x	24 Kg/cm	=	24.00 Kg/m <sup>2</sup>
berat Spesi/cm tebal	=	3 cm	x	21 Kg/cm	=	63.00 Kg/m <sup>2</sup>
pelafon + penggantung	=	7 Kg/cm	+	11 Kg/cm	=	18.00 Kg/m <sup>2</sup>
instalasi ME	=	30 Kg/cm			=	30 Kg/cm
					=	423.00 Kg/m <sup>2</sup>
					=	4.23 Kg/m <sup>2</sup>

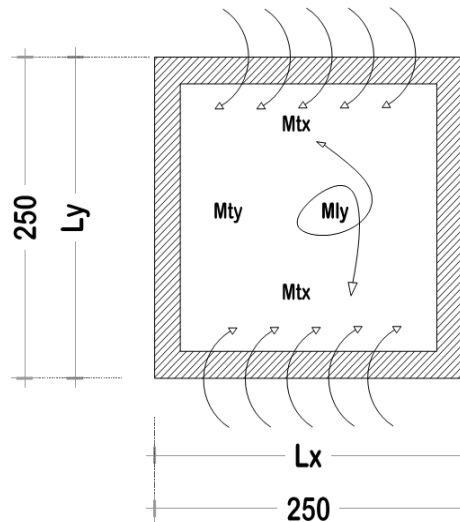
#### 4.3.3 Beban Ultimate (qu)

Beban ultimate adalah beban terbesar yang dapat ditahan oleh suatu struktur sebelum mengalami kegagalan struktural. Beban ultimate harus dapat diantisipasi dan diperhitungkan dalam desain bangunan atau konstruksi untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan keamanan struktur tersebut. Sehingga beban ultimate yang digunakan untuk pelat menggunakan rumus  $1,2 qDL + 1,6 qLL$ .

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 qDL + 1,6 qLL \\
 &= 1.2 \times 4.23 + 1.6 \times 1.92 \\
 &= 5.08 + 3.07 \\
 &= \mathbf{8.15 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

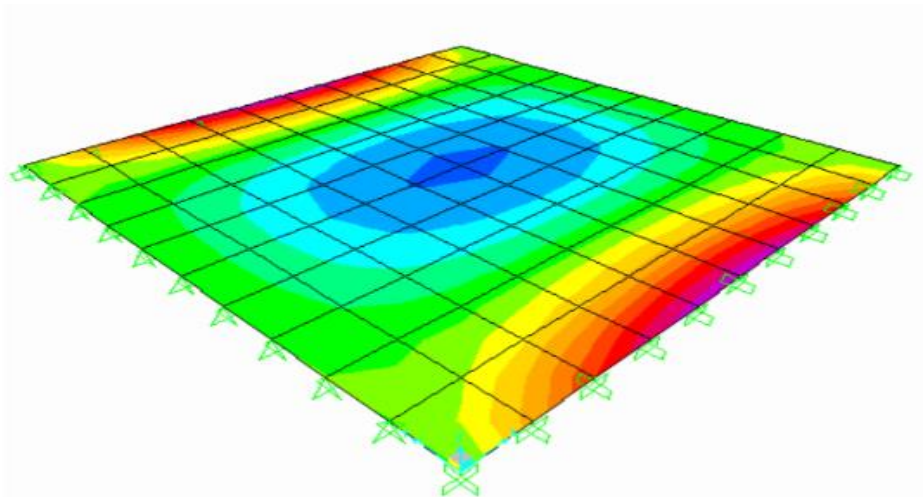
#### 4.4 Pemodelan Pelat

Pada tahap ini dapat dilihat permodelan pelat dengan rasio panjang bentang dengan range yang diperoleh antara  $L_y/L_x = 1$  sampai dengan  $L_y/L_x = 2,5$ . Seperti yang terlihat pada gambar 4.1 dan 4.2 yang merupakan pemodelan pelat yang digunakan dalam penelitian ini. Pelat yang dimodelkan merupakan pelat bending yang tidak terjepit penuh hanya terjepit pada Kedua sisi.



**Gambar 4.1** Pemodelan Pelat Terjepit Pada Ke dua Sisi

*Sumber : Hasil analisis 2023*



**Gambar 4.2** Pemodelan Pelat Pada SAP2000

*Sumber: Hasil analisis SAP 2023*

Model rasio panjang bentang yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **tabel 4.1**. Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai Lx yang digunakan sama yaitu 2,5 dan pada nilai Ly nilai yang digunakan bervariasi, sehingga hasil dari Ly/Lx memperoleh rasio panjang bentang 1 hingga 2,6.

**Tabel 4.1 Model rasio panjang bentang pada pelat terjepit penuh.**

No	Bentangan plat (cm)		Rasio
	Arah Y	Arah X	
1	250	250	1.0
2	275	250	1.1
3	300	250	1.2
4	325	250	1.3
5	350	250	1.4
6	375	250	1.5
7	400	250	1.6
8	425	250	1.7
9	450	250	1.8
10	475	250	1.9
11	500	250	2.0
12	525	250	2.1
13	550	250	2.2
14	575	250	2.3
15	600	250	2.4
16	625	250	2.5
17	650	250	2.6

*Sumber: Hasil analisis 2023*

#### 4.5 Penentuan Tebal Pelat

Pelat lantai pada bangunan gedung memiliki beberapa sistem diantaranya adalah pelat lantai beton konvensional yang sering dipakai pada proyek konstruksi pada umumnya, pelat lantai dengan sistem pelat boundeck, sistem pelat lantai menggunakan panel beton ringan. Masing-masing sistem memiliki kelebihan dan kekurangan pada penggunaannya, selain untuk mereduksi beban juga untuk mempercepat pekerjaan. Penentuan tebal pelat lantai mengacu pada rumus adalah sebagai berikut :

$$h(\text{maks}) = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36} \quad h(\text{min}) = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36 - 9\beta}$$

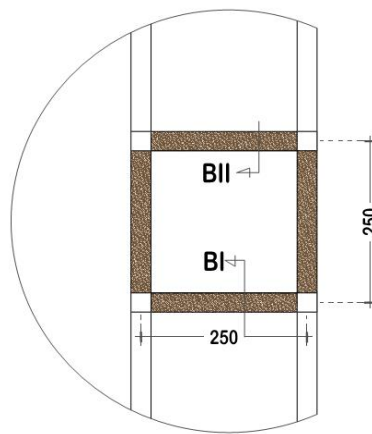
Keterangan :

- h = ketebalan pelat
- ln = bentang terpanjang
- fy = mutu baja tulangan
- $\beta = l_y/l_x$

perhitungan tebal pelat ini diambil satu contoh perhitungan pada rasio  $L_y/L_x=1$

a) Data yang digunakan dalam perhitungan tebal pelat:

Beton ( $f_c'$ )	=	25	Mpa
Baja ( $f_y$ )	=	280	Mpa
Panjang Balok arah X	=	2500	Mm
Panjang Balok arah Y	=	2500	Mm
Jarak sisi terpanjang	=	2500	Mm
Jarak sisi terpendek	=	2500	Mm
Tebal pelat	=	12	Cm



**Gambar 4.3** Sketsa Model Pelat

*Sumber: Autocad 2010.*

#### a. Menentukan jenis pelat

dalam menentukan jenis pelat ini untuk mengetahui apakah jenis pelat satu arah atau pelat dua arah yaitu:

- $l_y/l_x \geq 2$  Pelat Satu Arah
  - $l_y/l_x < 2$  Pelat Dua Arah
- jadi:

$$\begin{aligned} Ly/Lx &= 2500 / 2500 \\ &= 1 < 2 \quad \text{OKE ' (kesimpulan Pelat Dua Arah)} \end{aligned}$$

**Tabel 4.2 Dimensi Balok Pelat Lantai Rasio  $Ly/Lx=1$**

Balok I		Balok II		Balok III		Estimasi Pelat ( $h_f$ ) [mm]
bw [mm]	h [mm]	bw [mm]	H [mm]	bw [mm]	h [mm]	
200	400	200	400	200	400	120

*Sumber: Hasil analisis 2023*

### BALOK 1 (T)

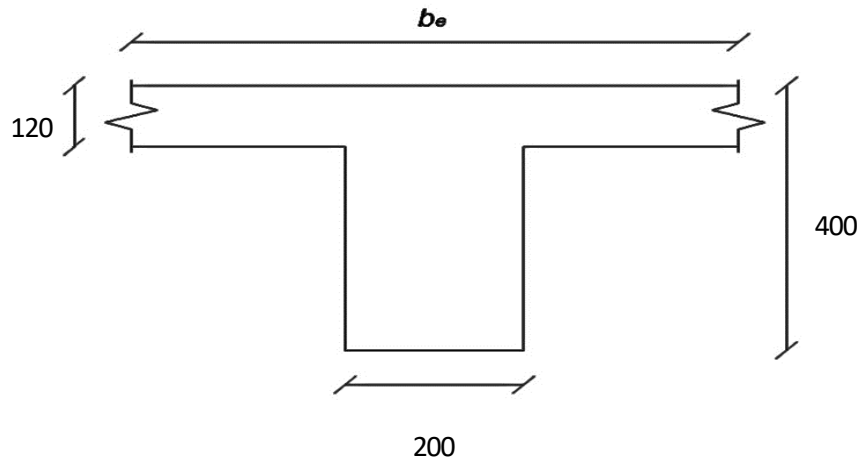
Diketahui :

Tinggi Balok = 400 mm

Lebar Balok = 200 mm

Panjang Bentang Kiri = 2500 mm

Panjang Bentang kanan = 2500 mm



**Gambar 4.1 Sketsa Balok 1 (T)**

Sumber : Autocad 2007

a. Analisa lebar efektif balok 1 ( $b_e$ )

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 2(h-t) \\ &= 200 + 2(400-120) \\ &= 760 \text{ mm} \end{aligned}$$

atau

$$b_e = b_w + 8t$$

$$= 200 + 8(120)$$

$$= 1160 \text{ mm}$$

Lebar efektif balok yang dipakai ( $b_{e \text{ pakai}}$ ) yaitu nilai terkecil lebar efektif dari 2 persamaan di atas. Maka lebar efektif yang dipakai ( $b_{e \text{ pakai}}$ ) yaitu 760 mm.

b. Inersia balok 1 ( $I_b$ )

$$I_b = k \times \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= 1,747$$

$$I_b = 1863132754 \text{ mm}^4$$

Dari hasil perhitungan di atas maka nilai inersia balok 1 ( $I_b$ ) yang di dapat yaitu 1863132754 mm<sup>4</sup>.

c. Inersia pelat lantai ( $I_s$ )

$$I_s = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$b = 0,5(Lx + Ly)$$

$$= 0,5(2500+2500) \text{ mm}$$

$$= 2500 \text{ mm}^4$$

$$I_s = 360000000 \text{ mm}^4$$

Dari hasil perhitungan di atas maka nilai inersia pelat lantai ( $I_s$ ) yang di dapat yaitu 360000000 mm<sup>4</sup>.

d. Rasio kekakuan balok 1 ( $\alpha_{f1}$ )

$$\alpha_{f1} = \frac{I_b}{I_s}$$

$$= 5,175$$

Dari hasil perhitungan di atas maka rasio kekakuan balok 1 yaitu 5,175.

## BALOK 2 (T)

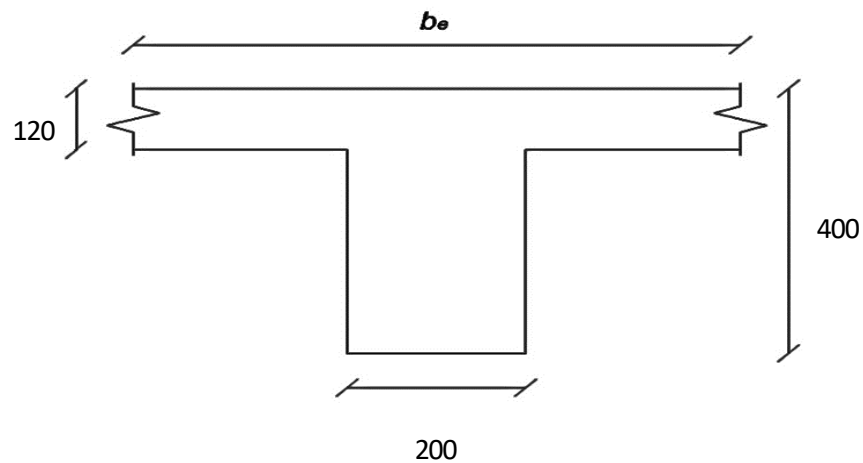
Diketahui :

Tinggi Balok = 400 mm

Lebar Balok = 200 mm

Panjang Bentang Kiri = 2500 mm

Panjang Bentang kanan = 2500 mm



Gambar 4.2 Sketsa Balok 2 (T)

Sumber : Autocad 2007

a. Analisa lebar efektif balok 2 ( $b_e$ )

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 2(h-t) \\ &= 200 + 2(400-120) \\ &= 760 \text{ mm} \end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 8t \\ &= 200 + 8(120) \\ &= 1160 \text{ mm} \end{aligned}$$



Lebar efektif balok yang dipakai ( $b_{e \text{ pakai}}$ ) yaitu nilai terkecil lebar efektif dari 2 persamaan di atas. Maka lebar efektif yang dipakai ( $b_{e \text{ pakai}}$ ) yaitu 760 mm.

b. Inersia balok 2 ( $I_b$ )

$$I_b = k \times \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= 1,747$$

$$I_b = 1863132754 \text{ mm}^4$$

Dari hasil perhitungan di atas maka nilai inersia balok 1 ( $I_b$ ) yang di dapat yaitu 1863132754 mm<sup>4</sup>.

c. Inersia pelat lantai ( $I_s$ )

$$I_s = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$b = 0,5(L_x + L_y)$$

$$= 0,5(2500 + 2500) \text{ mm}$$

$$= 2500 \text{ mm}$$

$$I_s = 360000000 \text{ mm}^4$$

Dari hasil perhitungan di atas maka nilai inersia pelat lantai ( $I_s$ ) yang di dapat yaitu 360000000 mm<sup>4</sup>.

d. Rasio kekakuan balok 2

$$\alpha_{f2} = \frac{I_b}{I_s}$$

$$= 5,175$$

Dari hasil perhitungan di atas maka rasio kekakuan balok 1 yaitu 5,175

**RASIO KEKAKUAN RATA - RATA( afm)**

$$afm = \frac{a_{fI} \cdot a_{fII} \cdot a_{fIII}}{3}$$

$$afm = \frac{5,175 \cdot 5,175}{2}$$

$$afm = 5,175$$

Untuk menentukan ketebalan pelat minimum pelat 2 arah maka menggunakan persyaratan pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya**

<i>afm</i>	<i>h</i> minimum, mm		Persamaan
<i>afm</i> < 0,2	8.3.1.1 berlaku		A
0,2 < <i>afm</i> < 2	Terbesar Dari :	$h = \frac{L_n(0,8 + (\frac{fy}{1400}))}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)}$	B
		125	C
<i>afm</i> > 2	Terbesar Dari :	$h = \frac{L_n(0,8 + (\frac{fy}{1400}))}{36 + 9\beta}$	D
		90	E

Sumber : SNI -2847-2019 pasal 8.3.1.2

**Dimana:**

H = tebal minimum pelat (mm)

Ln = tebal minimum pelat (mm)

B =  $\frac{Ln1}{Ln2}$  Ln1 : bentang bersih dalam arah memanjang (mm)  
 Ln2 : bentang bersih dalam arah pendek (mm)

Ln = Ln1 = 2300 mm

Ln2 = 2300 mm

B = 1.00

Dikarenakan nilai rasio kekakuan rata-rata (afm) 5,175 > 2 maka untuk menentukan ketebalan minimum pelat digunakan persamaan d.

$$h = \frac{L_n(0,8 + (\frac{fy}{1400}))}{36 + 9\beta}$$

$$h = 51,11 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

Sehingga tebal pelat minimum pelat minimum adalah 9 cm dan untuk h yang di pakai adalah h rencana karena h rencana memnuhi persyaratan dari h minimum, jadi nilai tebal pelat untuk rasio  $l_y/l_x = 1$  adalah 12 cm.

Berikut ini pada **Tabel 4.4** berdasarkan pada perhiungan tebal minimum diperoleh hasil yang bervariasi berdasarkan panjang bentang pelat yang digunakan, sehigga tebal pelat yang dipakai yaitu 12 cm.

**Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Penentuan Tebal Pelat**

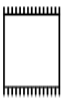
No	Bentangan plat (cm)		Rasio	Tebal rencana (hf) (cm)	Tebal minimum (hmin) (cm)	Tebal pakai (h) (cm)
	Arah Y	Arah X				
1	2.5	2.5	1	12	5.11	12.00
2	2.75	2.5	1.1	12	5.55	12.00
3	3	2.5	1.2	12	5.96	12.00
4	3.25	2.5	1.3	12	6.36	12.00
5	3.5	2.5	1.4	12	6.75	12.00
6	3.75	2.5	1.5	12	7.12	12.00
7	4	2.5	1.6	12	7.47	12.00
8	4.25	2.5	1.7	12	7.81	12.00
9	4.5	2.5	1.8	12	8.14	12.00
10	4.75	2.5	1.9	12	8.46	12.00
11	5	2.5	2	12	8.76	12.00
12	5.25	2.5	2.1	12	9.00	12.00
13	5.5	2.5	2.2	12	9.00	12.00
14	5.75	2.5	2.3	12	9.00	12.00
15	6	2.5	2.4	12	9.00	12.00
16	6.25	2.5	2.5	12	9.00	12.00

*Sumber: Hasil Analisis 2023*

#### 4.6 Perhitungan Pelat Dengan Metode Koefisien Momen

Perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen untuk memperoleh nilai momen tumpun dan momen lapangan berdasarkan tabel PBI 1971. Adanya koefisien momen ini merupakan suatu metode pendekatan untuk menentukan momen lentur dalam perencanaan pelat. Perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen rasio panjang bentang dengan range yang diperoleh antara  $L_y/L_x = 1$  sampai dengan  $L_y/L_x = 2,6$

**Tabel 4.1** Tabel koefisien momen pelat yang terjepit penuh dua arah PBI 1971

Kondisi Perletakan	Persamaan (MU)	Iy/Lx																
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5
	$M_{lx} = + 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = + 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	32	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
	$M_{lx} = - 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83

Sumber: Ali Asroni (2010:267)

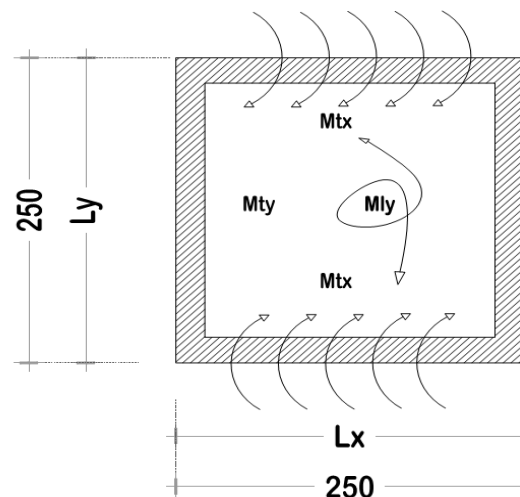
#### 4.6.1 Perhitungan momen pelat range 1 – 2,5

Hubungan perhitungan momen pelat berdasarkan pada tabel PBI 1971 dapat dilihat pada tabel 4.6, dan hasil pelat dengan metode koefisien momen ditampilkan perhitungan untuk rasio panjang bentang dengan  $L_y = 2,5$  dan  $L_x = 2,5$ . Seperti terlihat pada **Tabel 4.5** data perencanaan pelat yang digunakan.

**Tabel 4.5** data pelat

DATA PELAT			
Data	Nilai	Satuan	Keterangan
$L_y$	2.5	M	Bentang terpanjang
$L_x$	2.5	M	Bentang terpanjang
$L_y/L_x$	1		$L_y/L_x < 2$

Sumber: Hasil Analisis 2023



**Gambar 4.16** Pembagian Momen pada pelat

Sumber : Hasil analisis 2023

Data:

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 25 \text{ Mpa} && \text{(mutu beton)} \\
 F_y &= 280 \text{ Mpa} && \text{(mutu baja } \leq D 10) \\
 Q_u &= 8.15 \text{ KN/m}^2 \\
 L_y &= 250 \text{ cm} \\
 L_x &= 250.00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Rumus :

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 M_{lx} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot X_{lx} \\
 M_{ly} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot X_{ly} \\
 M_{tx} &= -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X_{tx}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.6 Data koefisien momen pelat dua arah terjepit penuh dua sisi berdasarkan Peraturan Beton Indonesia 1971.**

Persamaan (MU)	Ly/Lx									
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
$M_{lx} = + 0,001 \cdot q_{lx}^2 \cdot X$	22	34	36	38	39	40	41	41	42	42
$M_{ly} = + 0,001 \cdot q_{lx}^2 \cdot X$	32	20	18	17	15	14	13	12	11	10
$M_{tx} = - 0,001 \cdot q_{lx}^2 \cdot X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84

Sumber: Tabel 13.31 PBI 1971

**Tabel 4.7 Data koefisien momen pelat satu arah terjepit penuh Tiga sisi berdasarkan Peraturan Beton Indonesia 1971.**

Persamaan (MU)	Ly/Lx						
	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	>2,5
$M_{lx} = + 0,001 \cdot q_{lx}^2 \cdot X$	42	42	42	42	42	42	42
$M_{ly} = + 0,001 \cdot q_{lx}^2 \cdot X$	10	10	9	9	9	9	8
$M_{tx} = - 0,001 \cdot q_{lx}^2 \cdot X$	84	84	83	83	83	83	83

Sumber: Tabel 13.31 PBI 1971

**a. Perhitungan Momen Pelat Dua Arah**

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar. Suatu pelat dikatakan satu arah apabila  $l_y/l_x > 2$ .

Pada **Tabel 4.8** merupakan data nilai X yang akan digunakan pada perhitungan momen pelat terjepit tiga sisi berdasarkan pada tabel PBI 1971 untuk rasio panjang bentang  $L_y/L_x = 1$ .

**Tabel 4.8 Data Nilai Koefisien Momen PBI 1971 Pada Rasio  $L_y/L_x = 1$**

Data Nilai Momen Berdasarkan Tabel PBI 1971			
Mlx	=	22	Tabel PBI 1971
Mly	=	32	Tabel PBI 1971
Mtx	=	70	Tabel PBI 1971

*Sumber: Tabel 13.31 PBI 1971*

Berikut merupakan contoh perhitungan momen pelat dua arah:

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan arah X (Mlx)} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot Xlx \\
 &= 0,001 \cdot x \cdot 8,15 \cdot X \cdot 2,5^2 \cdot x \cdot 22 \\
 &= \mathbf{1,20 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan arah Y (Mly)} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot l_x^2 \cdot Xly \\
 &= 0,001 \cdot x \cdot 8,15 \cdot X \cdot 2,5^2 \cdot x \cdot 32 \\
 &= \mathbf{1,62 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Tumpuan arah X (Mlx)} &= -0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot Xtx \\
 &= -0,001 \cdot x \cdot 8,15 \cdot 2,5^2 \cdot x \cdot 70 \\
 &= \mathbf{-3,56 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah rekap perhitung momen pelat dua arah dilihat pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Momen Pada Pelat Terjepit dua Sisi Berdasarkan PBI 1971 Pelat Satu Arah ( $l_y/l_x > 2$ ).**

Persamaan (MU)	$\alpha$									
	Lx/Ly									
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
Mlx = + 0,001.qlx <sup>2</sup> .X	1,12	1,73	1,83	1,94	1,99	2,04	2,09	2,09	2,14	2,14
Mly = + 0,001.qlx <sup>2</sup> .X	1,63	1,02	0,92	0,87	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51
Mtx = - 0,001.qlx <sup>2</sup> .X	-1,43	-3,77	-3,92	-4,02	-4,12	-4,18	-4,23	-4,28	-4,28	-4,28

*Sumber: Hasil analisis Perhitungan 2023*

**b. Perhitungan Momen Pelat Satu Arah**

Pelat dua arah adalah pelat dengan tulangan pokok dua arah yang akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $l_y / l_x \leq 2$ .

Pada Tabel 4.9 merupakan data nilai X yang akan digunakan pada perhitungan momen pelat terjepit tiga sisi berdasarkan pada tabel PBI 1971 untuk rasio panjang bentang  $L_y/L_x = 1$ .

**Tabel 4.9 Data Nilai Koefisien Momen PBI 1971 Pada Rasio  $L_y/L_x = 2,1$**

Data Nilai Momen Berdasarkan Tabel PBI 1971			
Mlx	=	42	Tabel PBI 1971
Mly	=	10	Tabel PBI 1971
Mtx	=	84	Tabel PBI 1971

*Sumber: Tabel 13.31 PBI 1971*

Berikut merupakan contoh perhitungan momen pelat satu arah:

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan arah X (Mlx)} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot Xlx \\
 &= 0,001 \cdot 8,15 \cdot 2,5^2 \cdot 42 \\
 &= \mathbf{2,14 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan arah Y (Mly)} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot l_x^2 \cdot Xly \\
 &= 0,001 \cdot 8,15 \cdot 2,5^2 \cdot 10 \\
 &= \mathbf{0,51 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Tumpuan arah X (Mlx)} &= -0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot Xtx \\
 &= -0,001 \cdot 8,15 \cdot 2,5^2 \cdot 84 \\
 &= \mathbf{-1,71 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah rekap perhitung momen pelat satu arah dilihat pada **Tabel 4.11**.

**Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Momen Pada Pelat Terjepit dua Sisi Berdasarkan PBI 1971 Pelat Dua Arah ( $l_y / l_x \leq 2$ ).**

Persamaan (MU)	$l_y/l_x$						
	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	>2,5
$Mlx = + 0,001 \cdot q_l x^2 \cdot X$	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14
$Mly = + 0,001 \cdot q_l x^2 \cdot X$	0,51	0,51	0,46	0,46	0,46	0,46	0,41
$Mtx = - 0,001 \cdot q_l x^2 \cdot X$	-1,71	-4,28	-4,23	-4,23	-4,23	-4,23	-4,23

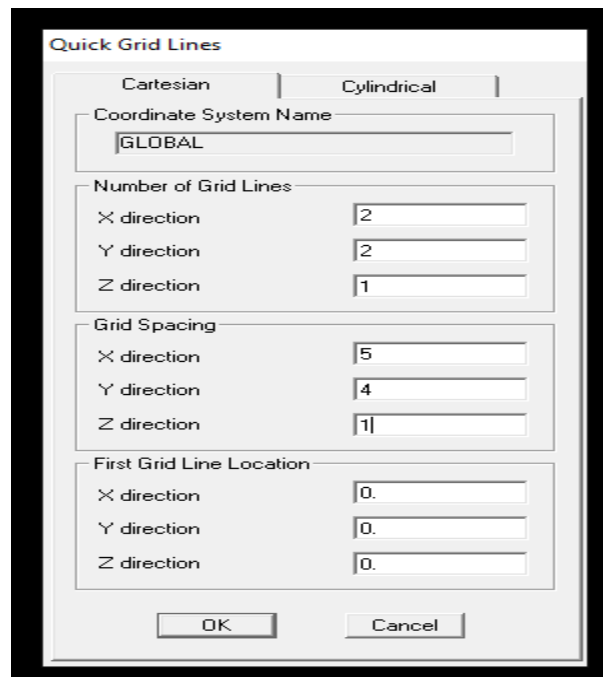
*Sumber: Hasil analisis Perhitungan 2023*

#### 4.7 Perhitungan Pelat dengan Menggunakan SAP 2000

Untuk merencanakan struktur pembangunan pelat gedung dilakukan dengan bantuan software SAP (Structural Analysis Program) untuk mengecek apakah struktur tersebut aman atau tidak dalam ketika diberi beban hidup dan beban mati pada pelat.

Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam pemodelan struktur adalah:

- a) Buka program SAP 2000
- b) Sebelum membuka file baru, sesuaikan dahulu satuan yang akan digunakan yang dapat diatur di bagian bawah kanan layar. Dalam kasus ini satuan yang digunakan adalah kgf, mm, C.
- c) Pilih menu “File” lalu “new”, setelah itu pilih “Gird Only” Lalu masukkan angka pada kolom bagian kanan yang ada sesuai dengan dimensi pelat yang telah dibagi dengan jumlah elemen yang diinginkan. Lalu untuk sebelah kiri adalah jumlah pembagian elemen untuk pelat tersebut terlihat pada **Gambar 4.17**.

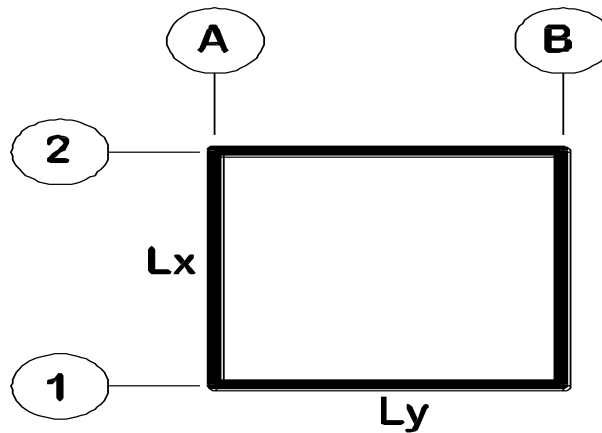


**Gambar 4.17 Pembagian Momen pada pelat**

*Sumber :Hasil analisis program 2023*



Setelah mengisi data pada *Grid Lines* maka akan muncul tampilan *Grid* pemodelan pelat di lihat pada **Gambar 4.18**.



**Gambar 4.18** Tampilan *Grid* pemodelan 2D

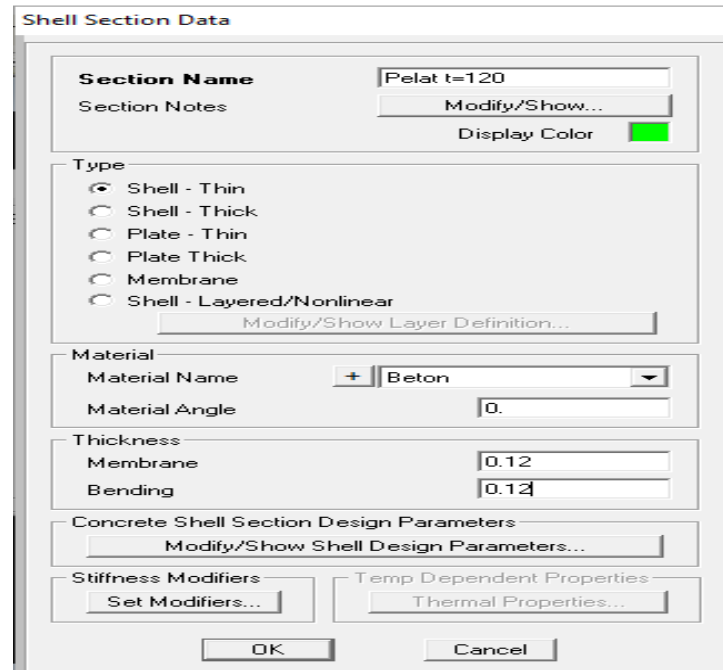
*Sumber :Hasil analisis program 2023*

- d) Selanjutnya adalah menentukan jenis material yang akan digunakan, yaitu beton. Caranya adalah dengan memilih menu “*define*” “*material*”, lalu “*add new material*”. lalu masukkan nama material, tipe, berat jenis, *poisson* ratio, dan  $f_c$  terlihat pada **Gambar 4.19**.

**Gambar 4.19** Tampilan Material Property Data

*Sumber :Hasil analisis program 2023*

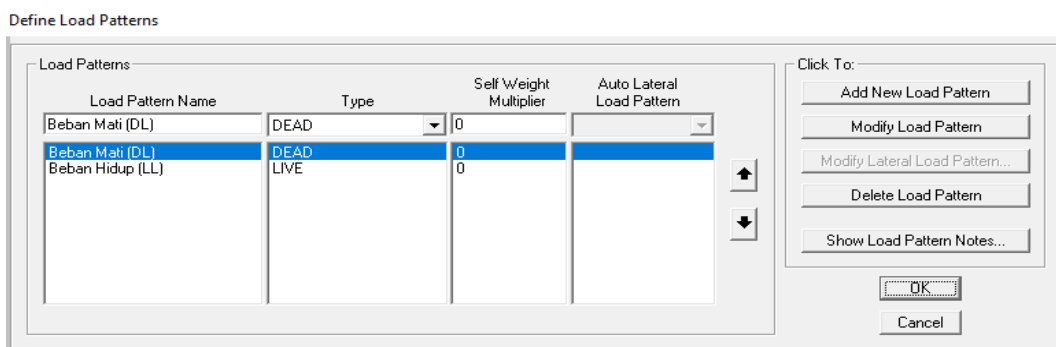
- e) Langkah selanjutnya adalah menentukan properti struktur yang akan digunakan. Karena kita meninjau pelat maka akan dimasukkan area section dan frame section untuk balok penopangnya. Caranya adalah dengan menu “define”, “section properties”, “area section”, dan “addnew section” terlihat pada **Gambar 4.20**.



**Gambar 4.20** Tampilan *Shell Section Data*

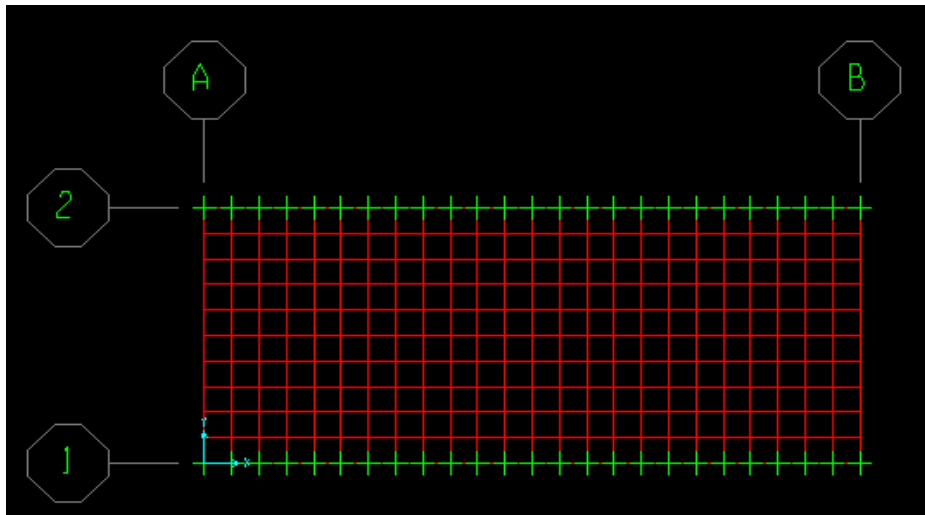
*Sumber :Hasil analisis program 2023*

- f) Buat perletakan dengan cara memilih join sesuai dengan tipe jepitan yang ada di tepi pelat lalu menu *assign, joint, restraints*, pilih perletakan yang diinginkan. Buat load patterns untuk membedakan beban mati dan hidup, dengan cara pilih *define, load patterns* dilihat pada **Gambat 4.21** dan **Gambar 4.22**.



**Gambar 4.21** Tampilan *Load patterns* Beban Mati dan Beban Hidup

*Sumber :Hasil analisis program 2023*



**Gambar 4.22** Tampilan Perletakan Terjepit dua Sisi

*Sumber :Hasil analisis program 2023*

- g) Masukkan beban merata pada pelat sesuai dengan kasus yang ada. Dengan cara *assign, area load*, pilih *uniform shell* untuk menambahkan beban akibat berat struktur sendiri dilihat pada **Gambar 4.23** dan **Gambar 4.24**.

Beban merata yang akan digunakan sebagai berikut:

- 1) Beban Hidup “ **Gedung Sekolah**” ( **SNI 2847-2019**)

$$\text{Ruang kelas} = 1,92 \text{ KN/m}^2$$

- 2) Beban mati pada Ruang Kelas

$$\text{pelat ( 0.12 m)} = 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Penutup lantai} = 1 \text{ cm} \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tebal spesi/cm tebal} = 3 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ Kg/m}^2$$

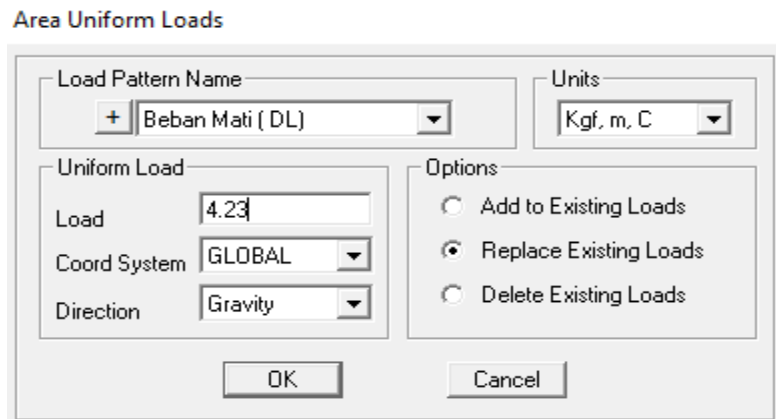
$$\text{Plafon + Penggantung} = 7 \text{ kg/m}^2 + 11 \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Kg/m}^2 = 30 \text{ kg/m}^2 = 30 \text{ Kg/m}^2$$

---

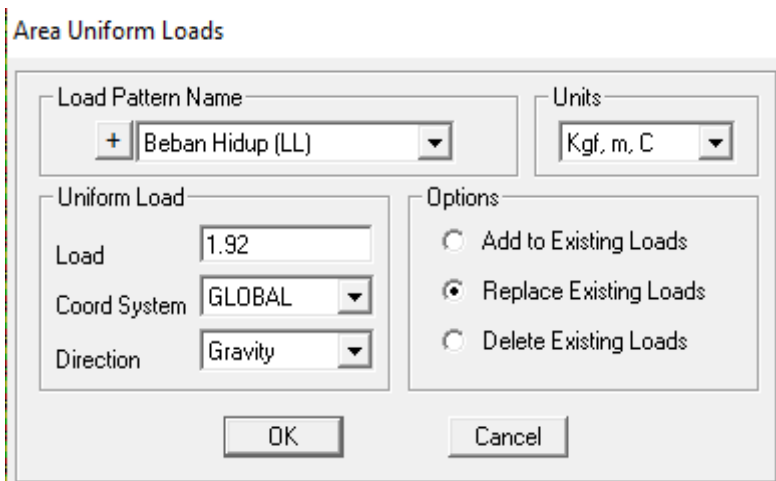

$$= 423 \text{ Kg/m}^2$$

$$= 4,23 \text{ KN/m}^2$$



**Gambar 4.23** Tampilan *Load patterns* Beban Mati

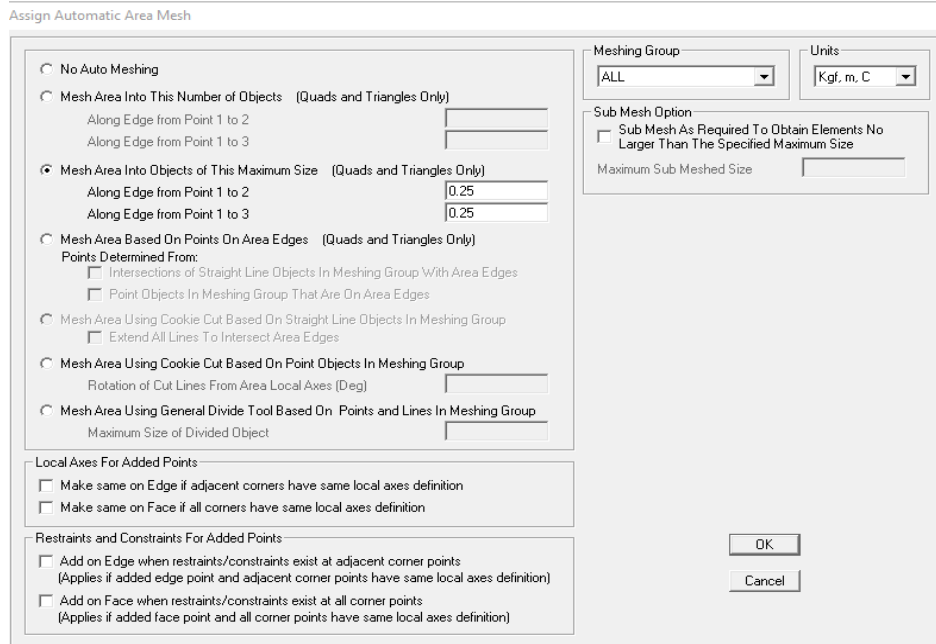
*Sumber :Hasil analisis program 2023*



**Gambar 4.24** Tampilan *Load patterns* Beban Hidup

*Sumber :Hasil analisis program 2023*

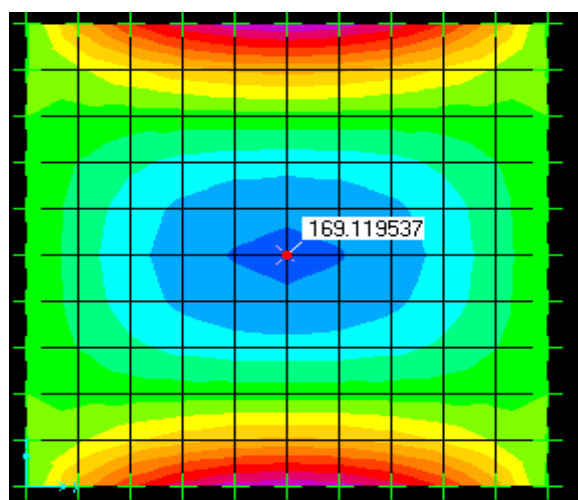
- h) Lakukan pembagian pelat yang disebut mesh dengan cara pilih menu *assign, area, automatic area mesh*. Lalu pilih mesh area into this number of *object*, masukkan angka yang diinginkan seperti terlihat pada **Gambar 4.25**.



**Gambar 4.25** Tampilan Area Mesh (Pembagian Pelat)

*Sumber :Hasil analisis program 2023*

- i) Lalu *run* program dengan cara *analyze*, run analysis. Atau juga tekan F5 seperti terlihat pada **Gambar 4.26** berikut merupakan hasil dari analisis run program yang telah dilakukan. Nilai lendutan dapat diketahui dengan cara mengarahkan kursor pada titik yang ingin ditinjau, dalam hal ini adalah pada titik tengah pelat, lalu klik kanan.



**Gambar 4.26** Hasil SAP 2000

*Sumber :Hasil analisis program lanjutan maret 2023*

j) Setelah itu dilakukan pemodelan ulang yang berbeda dengan mengganti jumlah *mesh area* yang membagi pelat tersebut. Pemodelan ini dilakukan hingga nilai lendutan yang muncul mendekati nilai lendutan dilapangan. seperti terlihat pada perhitungan momen pelat range  $L_y/L_x = 1-2,5$  menggunakan SAP 2000.

#### 4.7.1 Perhitungan momen pelat range 1 – 2,5 menggunakan Sap 2000

Perhitungan dengan menggunakan Sap 200 rasio panjang bentang dengan range yang diperoleh antara  $L_y/L_x = 1$  sampai dengan  $L_y/L_x = 2,5$ . Perhitungan pelat ditampilkan untuk rasio panjang bentang dengan  $L_y = 2,5$  dan  $L_x = 2,5$ .

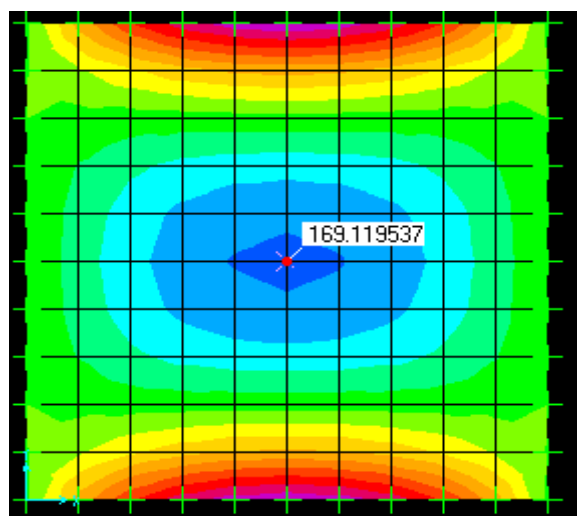
Berikut adalah data yang digunakan untuk analisa momen pelat :

Data :

$F_c'$	=	25 Mpa
$F_y$	=	2400 Mpa
$L_x$	=	2,5 m
$L_y$	=	2,5 m
h pelat	=	12 cm
E	=	23500 N/mm <sup>2</sup>
DL	=	4,23 KN/m <sup>2</sup>
LL	=	1,92 KN/m <sup>2</sup>

a) Terlihat pada Gambar 4.27 merupakan hasil perhitungan momen lapangan arah

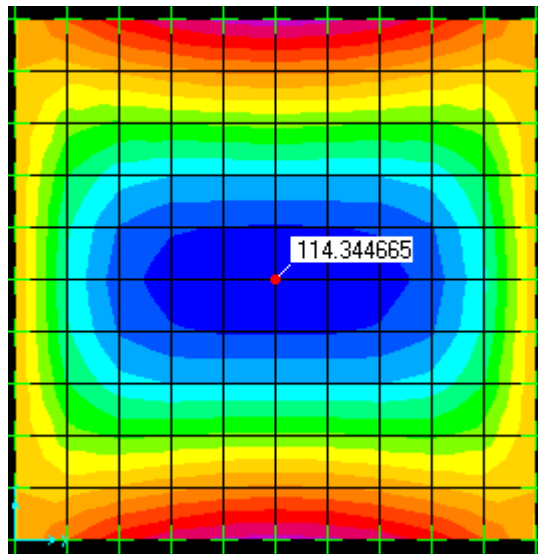
x



Gambar 4.27 Perhitungan Momen Tumpuan x

*Sumber: hasil analisis program lanjutan maret 2023*

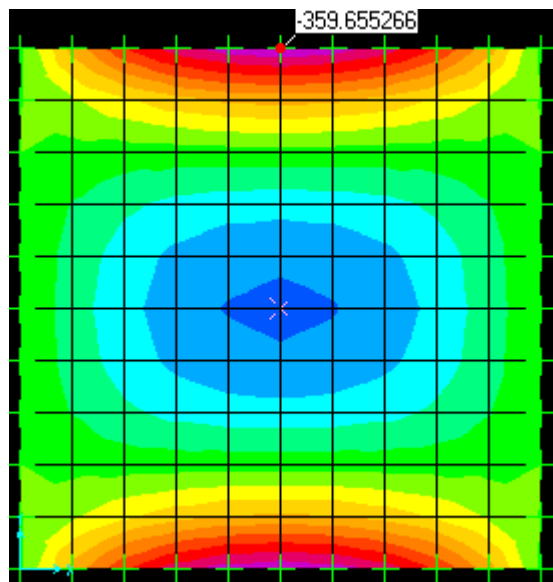
- b) Terlihat pada Gambar 4. 28 merupakan hasil perhitungan momen lapangan arah y



**Gambar 4.28 Perhitungan Momen Tumpuan y**

*Sumber: Hasil analisis program lanjutan maret 2023*

- c) Terlihat pada Gambar 4.29 merupakan hasil perhitungan momen tumpusn arah x.



**Gambar 4.29 Perhitungan Momen Lapangan x**

*Sumber: Hasil analisis program lanjutan maret 2023*

Dalam hasil perhitungan momen  $L_y/L_x = 1$  pada SAP 2000, terlihat bahwa hasil analisis momen lapangan x, momen lapangan y, momen tumpuan x dan momen tumpuan y diperoleh hasil di lihat pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4.12 Rekap Perhitungan Pelat Satu Arah Pada Sap 2000  $L_y/L_x = 1$**

<b><math>L_y/L_x</math></b>	<b>Letak Momen</b>	<b>Nilai Momen</b>	<b>Satuan</b>
1	Mlx	1.69	KN/m
	Mly	1.14	KN/m
	Mtx	-3.59	KN/m

*Sumber: Hasil analisis Perhitungan 2023*

### Rekap perhitungan pelat satu arah dan dua arah SAP 2000

**Tabel 4.13 Rekap Perhitungan Pelat Dua Arah Pada Sap 2000  $L_y/L_x = 1$  sampai dengan  $L_y/L_x = 1,9$**

<b><math>L_y/L_x</math></b>	<b>Mlx</b>	<b>Mly</b>	<b>Mtx</b>
1,0	1,69	1,14	-3,59
1,1	1,81	1,05	-3,78
1,2	1,93	0,95	-3,97
1,3	2,01	0,87	-4,07
1,4	2,04	0,93	-4,09
1,5	2,08	0,92	-4,15
1,6	2,12	0,92	-4,20
1,7	2,14	0,91	-4,22
1,8	2,16	0,91	-4,24
1,9	-2,17	0,91	-4,25

*Sumber: Hasil Analisis 2023*

**Tabel 4.14 Rekap Perhitungan Pelat Satu Arah Pada Sap 2000  $L_y/l_x = 2$  sampai dengan  $L_y/l_x = 2,6$**

<b><math>L_y/L_x</math></b>	<b>Mlx</b>	<b>Mly</b>	<b>Mtx</b>
2,0	2,18	0,91	-4,25
2,1	2,18	0,91	-4,25
2,2	2,18	0,91	-4,25
2,3	2,18	0,91	-4,24
2,4	2,18	0,91	-4,24
2,5	2,18	0,91	-4,23
2,6	2,18	0,91	-4,23

*Sumber: Hasil Analisis 2023*



#### 4.8 Selisih Momen dari Hasil Analisa PBI 1971 dan SAP 2000

Untuk mengetahui presentase Selisih momen dari PBI 1971 dan SAP 2000 pada

**Tabel 4.15** menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus :

$$\text{Selisih Momen} = \text{Momen Terbesar} - \text{Momen Terkecil}$$

**Tabel 4.15** Rekap perhitungan selisih nilai momen PBI 1971 dengan SAP 2000

Range	Letak Momen	Nilai Momen (KN.m)		Selisih KN.m
		PBI 1971	SAP 2000	
1,0	Mlx	1,12	1,69	0,57
	Mly	1,63	1,14	0,49
	Mtx	-3,56	-3,59	0,03
1,1	Mlx	1,73	1,81	0,08
	Mly	1,02	1,05	0,03
	Mtx	-3,77	-3,78	0,01
1,2	Mlx	1,83	1,93	0,00
	Mly	0,92	0,95	0,03
	Mtx	-3,92	-3,97	0,05
1,3	Mlx	1,94	2,01	0,07
	Mly	0,87	0,87	0,00
	Mtx	-4,02	-4,07	0,05
1,4	Mlx	1,99	2,04	0,05
	Mly	0,76	0,93	0,17
	Mtx	-4,12	-4,09	0,03
1,5	Mlx	2,04	2,08	0,04
	Mly	0,71	0,92	0,21
	Mtx	-4,18	-4,15	0,03
1,6	Mlx	2,09	2,12	0,03
	Mly	0,66	0,92	0,26
	Mtx	-4,23	-4,20	0,03
1,7	Mlx	2,09	2,14	0,05
	Mly	0,61	0,91	0,30
	Mtx	-4,28	-4,22	0,06
1,8	Mlx	2,14	2,16	0,02
	Mly	0,56	0,91	0,35
	Mtx	-4,28	-4,24	0,04
1,9	Mlx	2,14	2,17	0,03
	Mly	0,51	0,91	0,40
	Mtx	-4,28	-4,25	0,03
2	Mlx	2,14	2,18	0,04
	Mly	0,51	0,91	0,40
	Mtx	-4,28	-4,25	0,03
2,1	Mlx	2,14	2,18	0,04
	Mly	0,51	0,91	0,40
	Mtx	-4,28	-4,25	0,03

*Sumber: Hasil Analisis 2023*

Lanjutan Tabel 4.15 Rekap perhitungan selisih nilai momen PBI 1971 dengan SAP 2000

Range	Letak Momen	Nilai Momen (KN.m)		Selisih
		PBI 1971	SAP 2000	KN.m
2,2	Mlx	2,14	2,18	0,04
	Mly	0,46	0,91	0,45
	Mtx	-4,23	-4,25	0,02
2,3	Mlx	2,14	2,18	0,04
	Mly	0,46	0,91	0,45
	Mtx	-4,23	-4,24	0,01
2,4	Mlx	2,14	2,18	0,04
	Mly	0,46	0,91	0,45
	Mtx	-4,23	-4,24	0,01
2,5	Mlx	2,14	2,18	0,04
	Mly	0,46	0,91	0,45
	Mtx	-4,23	-4,23	0,00
2,6	Mlx	2,14	2,18	0,04
	Mly	0,41	0,91	0,50
	Mtx	-4,23	-4,23	0,00

Sumber: Hasil Analisis 2023

Dari hasil perhitungan Analisa momen Tumpuan dan Lapangan menggunakan metode koefisien momen PBI 1971 dan menggunakan software SAP 2000 menghasilkan perbandingan presentase sesilih momen dari rasio  $L_y/L_x = 1$  sampai rasio  $L_y/L_x = 2,6$  dikatakan sangat signifikan.

#### 4.9 Grafik Perbandingan Perhitungan Antara Tabel PBI 1971 dan Sap 2000

##### 4.9.1 Grafik Perbandingan Perhitungan Mtx

Untuk mendapat presentase perbedaan momen dari kedua metode di atas menggunakan rumus sebagai berikut. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode koefisien momen berdasarkan tabel PBI 1971 dan perhitungan perencanaan pelat dengan menggunakan SAP 2000 maka diperoleh hasil momen tumpuan arah x seperti terlihat pada **tabel 4.16** dibawah ini.

**Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Momen Tumpuan Arah X**

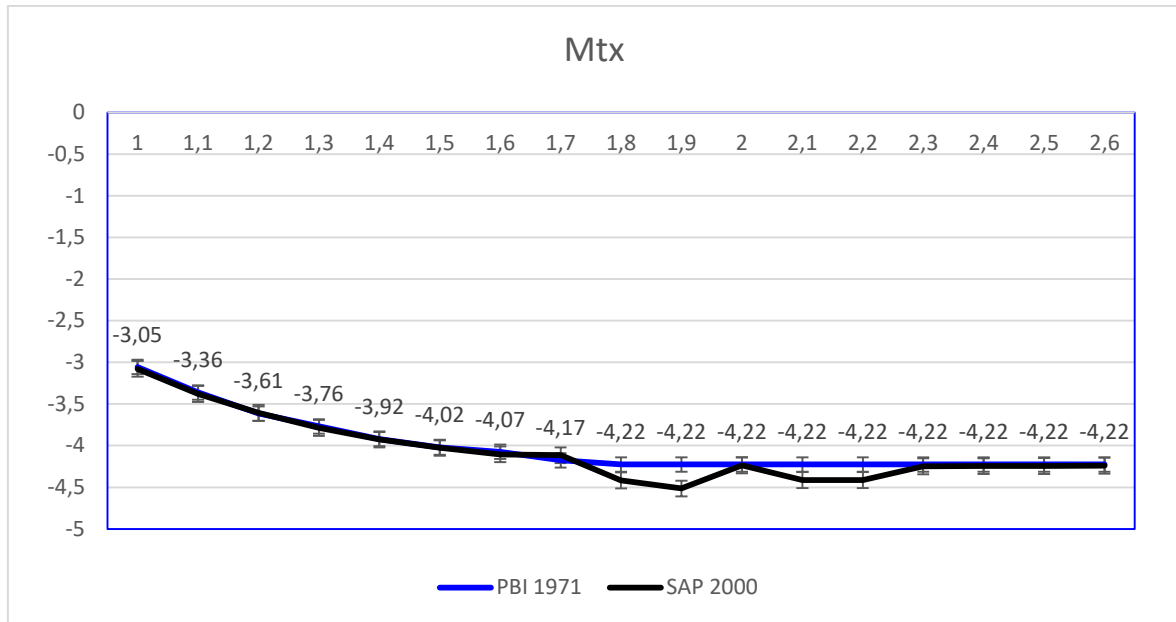
Ly/Lx	Nilai Momen (KN.m)		
	Mtx PBI 1971	Mtx SAP 2000	Satuan
1,0	-3,56	-3,59	KN/m
1,1	-3,77	-3,78	KN/m
1,2	-3,92	-3,97	KN/m
1,3	-4,02	-4,07	KN/m
1,4	-4,12	-4,09	KN/m
1,5	-4,18	-4,15	KN/m
1,6	-4,23	-4,20	KN/m
1,7	-4,28	-4,22	KN/m
1,8	-4,28	-4,24	KN/m
1,9	-4,28	-4,25	KN/m
2,0	-4,28	-4,25	KN/m
2,1	-4,28	-4,25	KN/m
2,2	-4,23	-4,25	KN/m
2,3	-4,23	-4,24	KN/m
2,4	-4,23	-4,24	KN/m
2,5	-4,23	-4,23	KN/m
2,6	-4,23	-4,23	KN/m

*Sumber: Hasil Analisis 2023*

Untuk uji validasinya maka diambil hasil momen pada SAP 2000 dan dibandingkan dengan perhitungan dengan menggunakan PBI-1971 yang ada pada tumpuan x sesuai dengan **Tabel 4.18**

a) Grafik momen tumpuan arah X

Pada grafik di **Gambar 31** ini bisa dilihat bahwa bentuk dan pola momen yang digambarkan dari kedua hasil perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen dan SAP dilihat dari jarak kedua garis yang sejajar, hal ini menunjukkan bahwa nilai momen yang dihasilkan dari perhitungan dengan metode koefisien mendekati atau hampir sama dengan analisis menggunakan SAP 2000.



**Gambar 4.31** Grafik Perbandingan Momen Tumpuan X

*Sumber: Hasil Analisis2023*

#### 4.9.1 Grafik Perbandingan Perhitungan Mlx

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode koefisien momen berdasarkan tabel PBI 1971 dan perhitungan perencanaan pelat dengan menggunakan SAP 2000 maka diperoleh hasil momen lapangan arah x seperti terlihat pada **tabel 4.18** dibawah ini.

**Tabel 4.18** Hasil Perhitungan Momen Lapangan Arah X

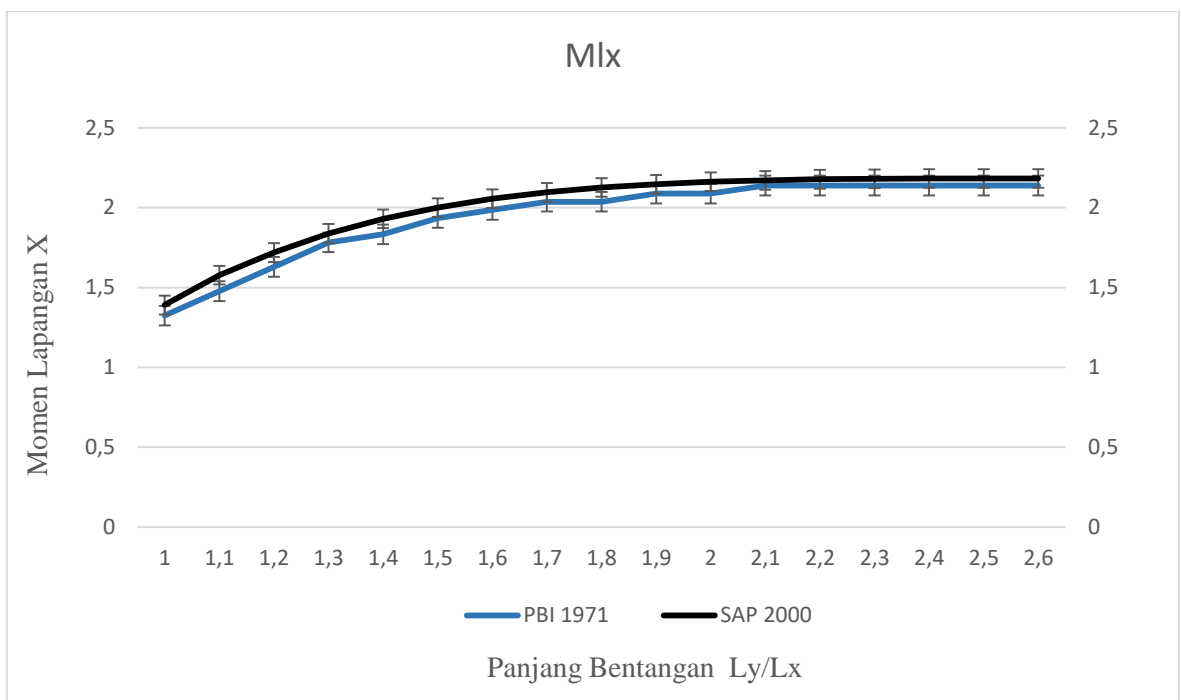
Ly/Lx	Nilai Momen (KN.m)		Satuan
	Mtx PBI 1971	Mtx SAP 2000	
1	1,12	1,69	KN/m
1,1	1,73	1,81	KN/m
1,2	1,83	1,93	KN/m
1,3	1,94	2,01	KN/m
1,4	1,99	2,04	KN/m
1,5	2,04	2,08	KN/m
1,6	2,09	2,12	KN/m
1,7	2,09	2,14	KN/m
1,8	2,14	2,16	KN/m
1,9	2,14	2,17	KN/m
2,0	2,14	2,18	KN/m
2,1	2,14	2,18	KN/m
2,2	2,14	2,18	KN/m
2,3	2,14	2,18	KN/m
2,4	2,14	2,18	KN/m
2,5	2,14	2,18	KN/m
2,6	2,14	2,18	KN/m

*Sumber: Hasil Perhitungan 2023*

Hasil momen, terbesar pada bentangan x dititik (1,6-1,7 dan 1,8-2,6) berdasarkan perhitungan momen dengan menggunakan tabel PBI 1971 dan pada perhitungan menggunakan SAP 2000 hasil momen terbesar terjadi pada bentang x dititik (2,1-2,6). Untuk uji validasinya maka diambil hasil momen pada SAP 2000 dan dibandingkan dengan perhitungan dengan menggunakan PBI 1971 yang ada pada tumpuan x sesuai dengan **Tabel 4.20**.

**a) Grafik momen Lapangan arah X**

Pada grafik di **Gambar 4.33** ini bisa dilihat bahwa bentuk dan pola momen yang digambarkan dari kedua hasil perhitungan memiliki selisih perbedaannya bisa dilihat dari jarak kedua garis. Pada perhitungan momen menggunakan SAP 2000 koefisien momen pada grafik menunjukkan bahwa momen yang dihasilkan tidak terlalu besar perbedaannya.



**Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Momen Lapangan X**

*Sumber: Hasil Analisis 2023*

#### 4.9.4 Grafik Perbandingan Perhitungan Mly

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode koefisien momen berdasarkan tabel PBI 1971 dan perhitungan perencanaan pelat dengan menggunakan SAP 2000 maka diperoleh hasil momen lapangan arah y seperti terlihat pada **Tabel 4.19** dibawah ini.

**Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Momen Lapangan Arah Y**

Ly/Lx	Nilai Momen (KN.m)		
	PBI 1971	SAP 2000	Satuan
1	1,63	1,14	KN/m
1,1	1,02	1,05	KN/m
1,2	0,92	0,95	KN/m
1,3	0,87	0,87	KN/m
1,4	0,76	0,93	KN/m
1,5	0,71	0,92	KN/m
1,6	0,66	0,92	KN/m
1,7	0,61	0,91	KN/m
1,8	0,56	0,91	KN/m
1,9	0,51	0,91	KN/m
2,0	0,51	0,91	KN/m
2,1	0,51	0,91	KN/m
2,2	0,46	0,91	KN/m
2,3	0,46	0,91	KN/m
2,4	0,46	0,91	KN/m
2,5	0,46	0,91	KN/m
2,6	0,41	0,91	KN/m

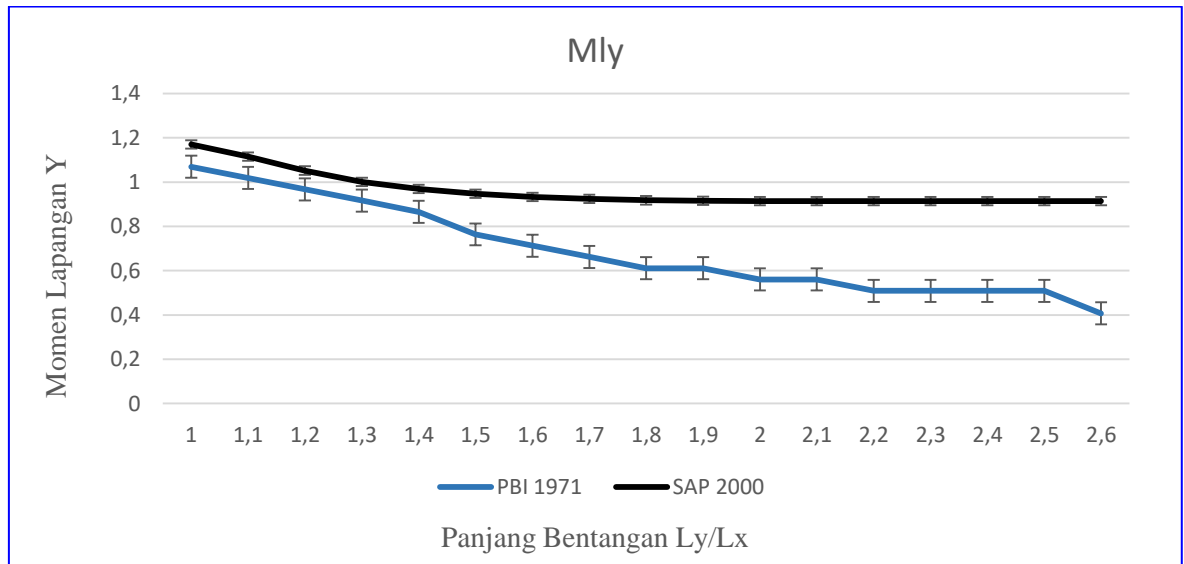
*Sumber: Hasil Perhitungan 2023*

Hasil momen yang sama pada bentangan x dititik (19-21 dan 2,2-2,5) berdasarkan perhitungan momen dengan menggunakan tabel PBI 1971 dan pada perhitungan menggunakan SAP 2000 hasil momen yang sama terjadi pada bentang x dititik (1,5-1,6 dan 1,7-2,6). Untuk uji validasinya maka diambil hasil momen pada SAP 2000 dan dibandingkan dengan perhitungan dengan menggunakan PBI 1971 yang ada pada tumpuan x sesuai dengan **Tabel 4.19**.

##### a) Grafik momen Lapangan arah Y

Dari nilai-nilai momen di atas maka dapat dibuat grafik perbandingan momen antara hasil analisa dari metode koefisien momen PBI 1971 dan software SAP 2000, pembuatan

grafik menggunakan software Microsoft Excel 2016. Berikut grafik perbandingan momen dari kedua hasil analisa di atas diligat pada **Gambar 4.34**.



**Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Momen Lapangan Arah Y**

*Sumber: hasil Perhitungan 2023*

#### 4.10 Perhitungan Tulangan Pelat

Dari perhitungan momen pada sistem pelat diatas maka diambil hasil perhitungan momen terbesar untuk ( $M_{lx}$ ,  $M_{tx}$ ,  $M_{ly}$ ,  $M_{ty}$ ). Dengan memasukan juga data-data yang sudah direncanakan sebagai notasi berikut :

- a) Tebal pelat ( $h$ ),
- b) Tebal Selimut ( $d'$ ),
- c) Diameter tulangan ( $D$ ),
- d) mutu beton ( $f'c$ ),
- e) Mutu baja tulangan ( $f_y$ ).

Data umum perencanaan Tulangan:

$f'c$	=	25	Mpa	(mutu beton)
$F_y$	=	280	Mpa	(mutu baja $\leq D 10$ )
$\phi$ lentur	=	0.8		(faktor reduksi pelat)
Tebal	=	0.12	Mm	(tebal. hpelat)
$D_s$	=	20	Mm	selimut beton

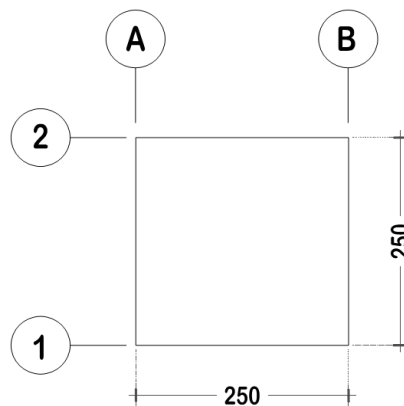
$$\begin{aligned}
 B &= 0.85 && (f_c < 30 \text{ Mpa} > 0.85) \\
 \phi. \text{ tul. pelat} &= 10 \text{ Mm} && (\text{diameter tulangan pokok}) \\
 \phi. \text{ tul. pelat} &= 8 \text{ Mm} && (\text{diameter tulangan bagi}) \\
 B &= 1000 \text{ Mm} && (\text{lebar penampang})
 \end{aligned}$$

#### 4.10.1 Perhitungan Penulangan Pada Pelat Dua arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Karena momen lentur bekerja pada dua arah yaitu searah dengan bentang  $L_x$  dan bentang  $L_y$ , maka tulangan pokok juga dipasang pada dua arah yang saling tegak lurus (bersilangan).

Pada perhitungan pelat dua arah ini diambil salah satu contoh pada rasio  $L_y/L_x = 1$  sebagai berikut:

##### 1. Penulangan Lapangan Arah X ( $M_lx$ )



Gambar 4.35 Model pelat rasio bentang  $L_y/L_x = 1$

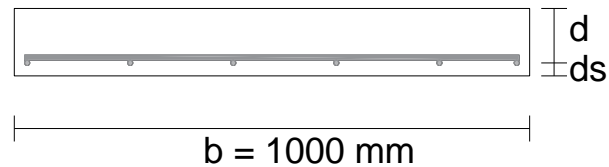
Sumber: Autocad 2010

Data:

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 25 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 280 \text{ Mpa} \\
 h_{\text{pelat}} &= 120 \text{ Mm} \\
 d &= 95 \text{ Mm} \\
 d' &= 25 \text{ Mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 b_w &= 1000 \text{ Mm} \\
 \beta_1 &= 0.85 \quad (f_c' = 25 \text{ Mpa}) \\
 \phi &= 0.8 \\
 \emptyset &= 10 \text{ Mm} \\
 \text{Mu, Lp} &= 1.12 \text{ KN.m} = 1,120.350 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.36** Potongan pelat lapangan y rasio 1,0

*Sumber: Autocad 2007*

a) Menghitung Faftor Momen Pikul

$$K = \frac{Mlx}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$K = \frac{1.120.350}{0,8 + 1000 \times 95^2}$$

$$K = 0,1552 \text{ Mpa}$$

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + fy - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + fy)^2}$$

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot (600 + 280 - 225 \cdot 0,85)}{(600 + 280)^2}$$

$$K_{maks} = 9,236 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{jadi} &= K < K_{maks} \\
 &0,155 \leq 9,24 \quad \mathbf{ok}
 \end{aligned}$$

b) Menghitung Tinggi Balok Tegangan Tekan Persegi Ekivalen

$$a = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f'c'}} \right) \cdot d$$

$$a = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,183}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 95$$

$$a = 0,696 \text{ Mm}$$

c) Tulangan Pokok

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'c' \cdot a \cdot b}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,823 \cdot 1000}{280} = 52,842 \text{ mm}^2$$

$f'c' < 31,36 \text{ MPa}$ , jadi :

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 104}{280}$$

$$A_{s,u} = 475 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi  $A_{s,u} = 475 \text{ mm}^2$

d) Jarak Tulangan

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot 10^2 \cdot 1000}{475}$$

$$s = 165,414 \text{ Mm}$$

$$S < 2 \times H$$

$$S < 2 \times 120$$

$$S < 240 \text{ Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 150 \text{ mm}$

e) Luas Tulangan

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{150}$$

$$A_s = 523.810 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi : } A_s > A_{s,u}$$

$$523.81 > 475.00 \quad \mathbf{OKE}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $A_s = \emptyset 10 - 150 = 523.81 \text{ mm}^2$

f) Kontrol Momen Desain

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \times 100\%$$

$$\rho = \frac{523,81}{1000 \times 95} \times 100\%$$

$$\rho = 0.551 \%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = 0.500 \%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \times 0.85 \times 25}{(600 + 280) \times 280} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = 3.299 \%$$

Syarat :

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{maks}$$

$$0.500 \leq 0.551 \leq 3.299 \quad \mathbf{OKE}$$

g) Menghitung Tinggi Blok Tegangan Beton Tekan

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\alpha = \frac{523,81 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$\alpha = 6.902 \text{ mm}$$

#### **Momen Nominal**

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - (a/2))$$

$$M_n = 523.8095 \times 280 \times 95 - 6.90 / 2$$

$$M_n = 13427190 \text{ N.mm}$$

h) Momen Desain Pelat

$$M_d = \phi \cdot M_n$$

$$M_d = 0.8 \times 13427189.54$$

$$M_d = 10741752 \text{ N.mm}$$

$$M_d = \mathbf{10.742 \text{ KN.m}}$$

$$M_u = \mathbf{1.12 \text{ KN.m}}$$

**Syarat :**

$$M_d > M_u$$

$$\mathbf{10.742 > 1.120 \text{ OKE ( Tulangan yang di rencanakan aman)}}$$

## **2. Penulangan Lapangan Arah Y (Mly)**

Data:

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 280 \text{ Mpa}$$

$$h_{\text{pelat}} = 120 \text{ mm}$$

$$d = 75 \text{ mm}$$

$$d' = 45 \text{ mm}$$

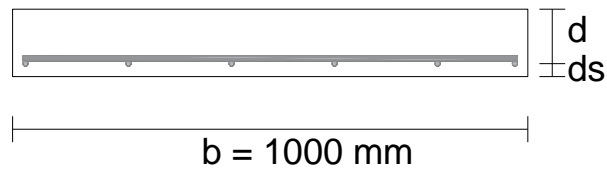
$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ (} f_c' = 25 \text{ Mpa)}$$

$$\phi = 0.8$$

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

$$M_u, L_p = 1.63 \text{ KN.m} = 1629600 \text{ N/mm}$$



**Gambar 4.37** Potongan pelat lapangan y rasio 1,0

Sumber: Autocad 2007

a) Menghitung Faftor Momen Pikul

$$k = \frac{Mly}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$k = \frac{1629600}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2}$$

$$k = 0,362 \text{ Mpa}$$

$$k = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + fy - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + fy)^2}$$

$$k = \frac{382,5 \times 0,85 \times 25 \times (600 + 280 - 225 \cdot 0,85)}{(600 + 280)^2}$$

$$K_{maks} = 9,236 \text{ Mpa}$$

$$\text{jadi} = K < K_{maks}$$

$$= 0,362 \leq 9,236 \quad \mathbf{OK}$$

b) Menghitung Tinggi Balok Tegangan Tekan Persegi Ekivalen

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,238}{0,85 \times 25}} \right) \times 75$$

$$\alpha = 0,1289 \text{ Mm}$$

c) Tulangan Pokok

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{fy}$$

$$A_s = \frac{0,85 \times 25 \times 0,1289 \times 1000}{280}$$

$$A_s = 97,841 \text{ mm}$$

$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$ , jadi :

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \times 1000 \times 75}{280}$$

$$A_{s,u} = 375 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi  $A_{s,u} = 375 \text{ mm}^2$

d) Jarak Tulangan

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{375}$$

$$S = 209,524 \text{ mm}$$

$$S < 2 \times H$$

$$S < 2 \times 120$$

$$S < 240 \text{ Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 200 \text{ mm}$

e) Luas Tulangan

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$A_s = 392,86 \text{ mm}^2$$

Jadi :  $A_s > A_{s,u}$

$$392,86 > 375,00 \text{ OKE}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $A_s = \emptyset 10 - 200 = 392,86 \text{ mm}^2$

f) Kontrol Momen Desain

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \times 100\%$$

$$\rho = \frac{392,856}{1000 \times 75} \times 100\%$$

$$\rho = 0.524 \%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = 0.500 \%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \times 0.85 \times 25}{(600 + 280) \times 280} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = 3.299 \%$$

Syarat :

$$\begin{array}{ccccc} \rho_{min} & \leq & \rho & \leq & \rho_{maks} \\ 0.500 & \leq & 0.551 & \leq & 3.299 \quad \mathbf{OKE} \end{array}$$

g) Menghitung Tinggi Blok Tegangan Beton Tekan

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\alpha = \frac{392,857 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$\alpha = 5,176 \text{ mm}$$

**Momen Nominal**

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - (a/2))$$

$$M_n = 392,857 \times 280 \times 75 - 5,176 / 2$$

$$M_n = 7965294,12 \text{ N.mm}$$

h) Momen Desain Pelat

$$M_d = \phi \cdot M_n$$

$$M_d = 0.8 \times 7965294,12$$

$$M_d = 6372235 \text{ N.mm}$$

$$M_d = \mathbf{6,372 \text{ KN.m}}$$

$$M_u = \mathbf{1,63 \text{ KN.m}}$$

Syarat :

$$M_d > M_u$$

$$\mathbf{6,372 > 1,63 \text{ OKE ( Tulangan yang di rencanakan aman)}}$$

### 3. Penulangan Tumpuan Arah X (Mtx)

Data:

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 280 \text{ Mpa}$$

$$h_{\text{pelat}} = 120 \text{ mm}$$

$$D = 95 \text{ mm}$$

$$d' = 25 \text{ mm}$$

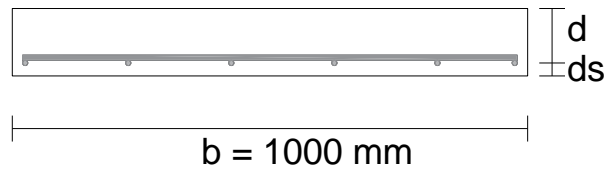
$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ (} f_c' = 30 \text{ Mpa} > 0.85 \text{)}$$

$$\Phi = 0.8$$

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

$$M_u, T_p = -3.56 \text{ KN.m} = \mathbf{-3055500 \text{ N/mm}}$$



Gambar 4.38 Potongan pelat lapangan y rasio 1,0

Sumber: Autocad 2007

a) Menghitung Faftor Momen Pikul

$$k = \frac{Mlx}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$k = \frac{-3,5647}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2}$$

$$k = -0,494 \text{ Mpa}$$



$$k = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2}$$

$$k = \frac{382,5 \times 0,85 \times 25 \times (600 + 280 - 225 \cdot 0,85)}{(600 + 280)^2}$$

$$K_{\max} = 9,236 \text{ Mpa}$$

$$\text{jadi} = K < K_{\max}$$

$$= -0,494 \leq 9,236 \quad \mathbf{OK}$$

b) Menghitung Tinggi Balok Tegangan Tekan Persegi Ekuivalen

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot x - 0,494}{0,85 \times 25}} \right) \times 95$$

$$\alpha = -2,182 \text{ mm}$$

c) Tulangan Pokok

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,85 \times 25 \times (-2,182) \times 1000}{280}$$

$$A_s = -165,61 \text{ mm}$$

$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$ , jadi :

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \times 1000 \times 95}{280}$$

$$A_{s,u} = 475 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih yang besar, jadi } A_{s,u} = 475 \text{ mm}^2$$

d) Jarak Tulangan

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{475}$$

$$S = 165,41 \quad \text{mm}$$

$$S < 2 \quad \times \quad h$$

$$S < 2 \quad \times \quad 120$$

$$S < 240 \quad \text{Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 150 \text{ mm}$

e) Luas Tulangan

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$A_s = 523,810 \quad \text{mm}^2$$

$$\text{Jadi : } A_s > A_{s,u}$$

$$523.81 > 475.00 \quad \text{OKE}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $A_s = \emptyset 10 - 150 = 523,810 \quad \text{mm}^2$

f) Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_{s,b} &= 20\% \cdot A_{s,u} \\ &= 20\% \quad \times \quad 475.00 \\ &= 95.000 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s,b} &= 0,0020 \cdot b \cdot h \\ &= 0.0020 \quad \times \quad 1000 \quad \times \quad 120 \\ &= 240 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Dipilih yang besar :

$$\text{Jadi : } A_{s,b,u} = 225 \quad \text{mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi:

$$\emptyset = 8 \quad \text{mm}$$

Maka jarak tulangan adalah:

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{225}$$

$$S = 223,49 \quad \text{mm}$$

$$S < 5 \quad \times \quad h$$

$$S < 5 \quad \times \quad 120$$

$$S < 600 \quad \text{Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 200 \text{ mm}$

g) Luas Tulangan bagi

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 8^2 \times 1000}{200}$$

$$A_s = 251,429 \quad \text{mm}^2$$

$$\text{Jadi : } A_s > A_{s,u}$$

$$251,429 > 475,00 \quad \text{OKE}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $A_s = \emptyset 8 - 200 = 251,429 \text{ mm}^2$

h) Kontrol Momen Desain

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \times 100\%$$

$$\rho = \frac{523,810}{1000 \times 95} \times 100\%$$

$$\rho = 0,551 \quad \%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = 0,500 \quad \%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \times 0,85 \times 25}{(600 + 280) \times 280} \times 100\%$$

$$\rho_{\text{maks}} = 3.299 \%$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &\leq \rho \leq \rho_{\text{maks}} \\ 0.500 &\leq 0.551 \leq 3.299 \quad \mathbf{OKE} \end{aligned}$$

i) Menghitung Tinggi Blok Tegangan Beton Tekan

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\alpha = \frac{523,810 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$\alpha = 6,902 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - (a/2))$$

$$M_n = 523810 \times 280 \times 75 - 6,902 / 2$$

$$M_n = 13427189,54 \text{ N.mm}$$

j) Momen Desain Pelat

$$M_d = \phi \cdot M_n$$

$$M_d = 0.8 \times 13427189,54$$

$$M_d = 10741752 \text{ N.mm}$$

$$M_d = 10,742 \text{ KN.m}$$

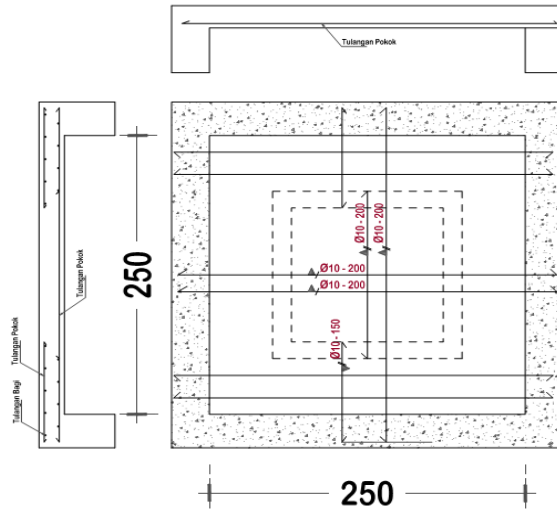
$$M_u = -3,56 \text{ KN.m}$$

Syarat :

$$M_d > M_u$$

$$10,742 > -3,56 \quad \mathbf{OKE (Tulangan yang di rencanakan aman)}$$

Berdasarkan hasil analisis maka diperoleh pemodelan perencanaan tulangan seperti pada Gambar 4.40. Pada gambar terlihat tampak atas dan tampak depan tulangan yang akan digunakan pada perencanaan pelat satu arah.



Gambar 4.40 Penulangan Pelat Rasio  $L_y/L_x = 1$

Sumber: Autocad 2010

Tabel 4.20 Rekap Perencanaan Tulangan Pada Pelat Dua Arah Terjepit Penuh Pada dua Sisi

$L_y/L_x$	Letak Momen	Momen ( $M_u$ )	As Tul. Pokok	As Tul. Bagi	$\phi$ Tul. Pokok	$\phi$ Tul. Bagi
1	Mlx	1,12	523,810		D 10 - 150	
	Mly	1,63	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-1,43	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,1	Mlx	1,73	523,810		D 10 - 150	
	Mly	1,02	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-3,77	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,2	Mlx	1,83	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,92	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-3,92	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,3	Mlx	1,94	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,87	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,02	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,4	Mlx	1,99	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,76	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,12	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,5	Mlx	2,04	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,71	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,18	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200

Sumber : Hasil analisis 2023

Lanjutan Tabel 4.20 Rekap Perencanaan Tulangan Pada Pelat Dua Arah Terjepit Penuh Pada Tiga Sisi

$L_y/L_x$	Letak Momen	Momen (Mu)	As Tul.Pokok	As Tul. Bagi	$\phi$ Tul. Pokok	$\phi$ Tul. Bagi
1,6	Mlx	2,09	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,66	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,23	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,7	Mlx	2,09	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,61	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,28	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,8	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,56	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,28	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
1,9	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,51	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,28	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200

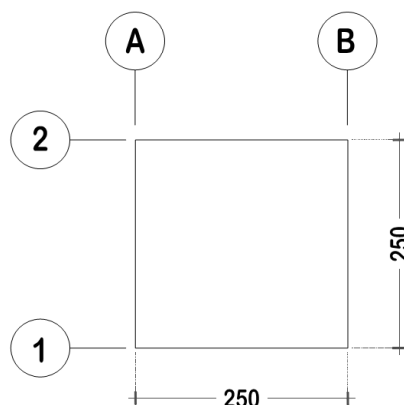
Sumber : Hasil analisis 2023

#### 4.10.2 Perhitungan Tulangan Pelat Satu arah

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini dijumpai jika pelat lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah. Karena momen lenturnya hanya bekerja pada satu arah saja, yaitu searah dengan bentang  $\lambda_y$  maka tulangan pokok juga dipasang satu arah yang searah bentang  $\lambda_y$  tersebut.

Pada perhitungan pelat satu arah ini diambil salah satu contoh pada rasio  $L_y/L_x = 2,1$  sebagai berikut:

##### 1. Penulangan Lapangan Arah X ( Mlx)

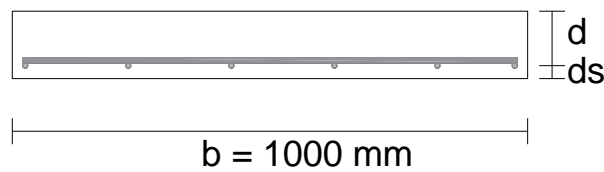


Gambar 4.41 Model pelat rasio bentang  $L_y/L_x = 2,1$

Sumber: Autocad 2010

Data:

$$\begin{aligned} f_c' &= 25 \text{ Mpa} \\ F_y &= 280 \text{ Mpa} \\ h_{\text{pelat}} &= 120 \text{ mm} \\ D &= 95 \text{ mm} \\ d' &= 25 \text{ mm} \\ b_w &= 1000 \text{ mm} \\ \beta_1 &= 0.85 \quad (f_c' = 30 \text{ Mpa} > 0.85) \\ \Phi &= 0.8 \\ \emptyset &= 10 \text{ mm} \\ \mu_u, L_p &= 2.14 \text{ KN.m} = 2138850 \text{ N/mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.42 Potongan pelat lapangan x rasio 2,1

Sumber: Autocad 2007

a) Menghitung Faftor Momen Pikul

$$k = \frac{Mly}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$k = \frac{2.138.850}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2}$$

$$k = 0.296 \text{ Mpa}$$

$$k = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2}$$

$$k = \frac{382,5 \times 0,85 \times 25 \times (600 + 280 - 225 \cdot 0,85)}{(600 + 280)^2}$$

$$K_{\text{maks}} = 9.236 \text{ Mpa}$$

$$\text{jadi} = K < K_{\text{maks}}$$

$$= 0,296 \leq 9,236 \quad \mathbf{OK}$$

b) Menghitung Tinggi Balok Tegangan Tekan Persegi Ekuivalen

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'c'}} \right) \cdot d$$

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,296}{0,85 \times 25}} \right) \times 95$$

$$\alpha = 1,334 \quad \text{Mm}$$

c) Tulangan Pokok

$$As = \frac{0,85 \cdot f'c' \cdot \alpha \cdot b}{fy}$$

$$As = \frac{0,85 \times 25 \times 1,334 \times 1000}{280}$$

$$As = 101,220 \quad \text{Mm}$$

$f'c' < 31,36 \text{ MPa}$ , jadi :

$$As,u = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{fy}$$

$$As,u = \frac{1,4 \times 1000 \times 95}{280}$$

$$As,u = 475 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi  $As,u = 475 \text{ mm}^2$

d) Jarak Tulangan

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{As,u}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{475}$$

$$S = 165.414 \quad \text{mm}$$

$$S < 2 \times H$$

$$S < 2 \times 120$$

$$S < 240 \quad \text{Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 150 \text{ mm}$



e) Luas Tulangan

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{150}$$

$$A_s = 523.810 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi : } A_s > A_{s,u}$$

$$523.81 > 475.00 \quad \text{OKE}$$

$$\text{Jadi dipakai tulangan pokok } A_s = \emptyset 10 - 150 = 523.81 \text{ mm}^2$$

f) Kontrol Momen Desain

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \times 100\%$$

$$\rho = \frac{523,81}{1000 \times 95} \times 100\%$$

$$\rho = 0.551 \%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = 0.500 \%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \times 0.85 \times 25}{(600 + 280) \times 280} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = 3.299 \%$$

Syarat :

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{maks}$$

$$0.500 \leq 0.551 \leq 3.299 \quad \text{OKE}$$

g) Menghitung Tinggi Blok Tegangan Beton Tekan

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\alpha = \frac{523,810 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$\alpha = 6.902 \text{ mm}$$

### Momen Nominal

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - (a/2))$$

$$M_n = 523.810 \times 280 \times 95 - 6.90 / 2$$

$$M_n = 13427190 \text{ N.mm}$$

### h) Momen Desain Pelat

$$M_d = \phi \cdot M_n$$

$$M_d = 0.8 \times 13427189.54$$

$$M_d = 10741752 \text{ N.mm}$$

$$M_d = \mathbf{10.742 \text{ KN.m}}$$

$$M_u = \mathbf{2,14 \text{ KN.m}}$$

Syarat :

$$M_d > M_u$$

$$\mathbf{10.742 > 2,14 \text{ OKE ( Tulangan yang di rencanakan aman)}}$$

## 2. Penulangan Lapangan Arah Y (Mly)

Data:

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 280 \text{ Mpa}$$

$$h_{\text{pelat}} = 120 \text{ mm}$$

$$d = 75 \text{ mm}$$

$$d' = 45 \text{ mm}$$

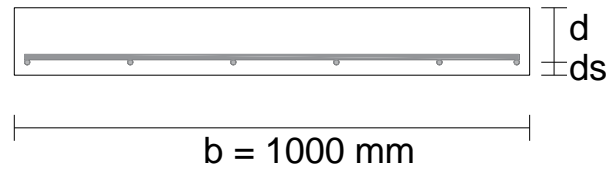
$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ (} f_c' = 30 \text{ Mpa} > 0.85 \text{)}$$

$$\phi = 0.8$$

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

$$M_u, L_p = 0.51 \text{ KN.m} = 509250,00 \text{ N/mm}$$



**Gambar 4.43** Potongan pelat lapangan y rasio 2,1

Sumber: Autocad 2007

- a) Menghitung Faftor Momen Pikul

$$k = \frac{Mly}{\varphi \cdot b \cdot d^2}$$

$$k = \frac{509250,00}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2}$$

$$k = 0,113 \text{ Mpa}$$

$$k = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + fy - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + fy)^2}$$

$$k = \frac{382,5 \times 0,85 \times 25 \times (600 + 280 - 225 \cdot 0,85)}{(600 + 280)^2}$$

$$K_{maks} = 9,236 \text{ Mpa}$$

$$\text{jadi} = K < K_{maks}$$

$$= 0,113 \leq 9,236 \quad \mathbf{OK}$$

- b) Menghitung Tinggi Balok Tegangan Tekan Persegi Ekuivalen

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,113}{0,85 \times 25}} \right) \times 75$$

$$\alpha = 0,400 \text{ Mm}$$

- c) Tulangan Pokok

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,85 \times 25 \times 0,400 \times 1000}{280}$$

$$A_s = 30,394 \text{ Mm}$$

$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$ , jadi :

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \times 1000 \times 75}{280}$$

$$A_{s,u} = 375 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi  $A_{s,u} = 375 \text{ mm}^2$

d) Jarak Tulangan

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{375}$$

$$S = 209,524 \text{ Mm}$$

$$S < 2 \times H$$

$$S < 2 \times 120$$

$$S < 240 \text{ Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 200 \text{ mm}$

e) Luas Tulangan

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$A_s = 392,857 \text{ mm}^2$$

Jadi :  $A_s > A_{s,u}$

$$392,857 > 375,00 \quad \text{OKE}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $A_s = \emptyset 10 - 200 = 392,857 \text{ mm}^2$

f) Kontrol Momen Desain

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \times 100\%$$

$$\rho = \frac{392,857}{1000 \times 75} \times 100\%$$

$$\rho = 0.524 \%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = 0.500 \%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \times 0.85 \times 25}{(600 + 280) \times 280} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = 3.299 \%$$

Syarat :

$$\begin{array}{ccccccc} \rho_{min} & \leq & \rho & \leq & \rho_{maks} \\ 0.500 & \leq & 0.524 & \leq & 3.299 & \text{OKE} \end{array}$$

g) Menghitung Tinggi Blok Tegangan Beton Tekan

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\alpha = \frac{392,857 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$\alpha = 5,176 \text{ mm}$$

**Momen Nominal**

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - (a/2))$$

$$M_n = 392,857 \times 280 \times 75 - 5,176 / 2$$

$$M_n = 7965294,12 \text{ N.mm}$$

h) Momen Desain Pelat

$$M_d = \phi \cdot M_n$$

$$M_d = 0.8 \times 7965294,12$$

$$M_d = 6372235 \text{ N.mm}$$

$$M_d = 6,372 \text{ KN.m}$$

$$M_u = 0,51 \text{ KN.m}$$

Syarat :

$$M_d > M_u$$

$$6,372 > 0,51 \text{ OKE ( Tulangan yang di rencanakan aman)}$$

### 3. Penulangan Tumpuan Arah X (Mtx)

Data :

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 280 \text{ Mpa}$$

$$h_{\text{pelat}} = 120 \text{ mm}$$

$$d = 95 \text{ mm}$$

$$d' = 25 \text{ mm}$$

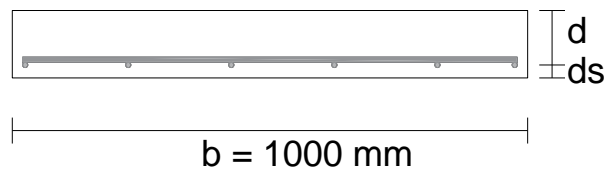
$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ (} f_c' = 30 \text{ Mpa} > 0.85 \text{)}$$

$$\phi = 0.8$$

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

$$M_u, T_p = -4.28 \text{ KN.m} = -4277700 \text{ N/mm}$$



**Gambar 4.44** Potongan pelat tumpuan x rasio 2,1

Sumber: Autocad 2007

a) Menghitung Faftor Momen Pikul

$$k = \frac{Mlx}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$k = \frac{-4.277700}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2}$$

$$k = -0,592 \text{ Mpa}$$

$$k = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2}$$

$$k = \frac{382,5 \times 0,85 \times 25 \times (600 + 280 - 225 \cdot 0,85)}{(600 + 280)^2}$$

$$K_{\max} = 9,236 \text{ Mpa}$$

$$\text{jadi} = K < K_{\max}$$

$$= -0,592 \leq 9,236 \quad \mathbf{OK}$$

b) Menghitung Tinggi Balok Tegangan Tekan Persegi Ekuivalen

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times -0,592}{0,85 \times 25}} \right) \times 95$$

$$\alpha = -2,613 \text{ Mm}$$

c) Tulangan Pokok

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,85 \times 25 \times (-2,613) \times 1000}{280}$$

$$A_s = -198,29 \text{ Mm}$$

$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$ , jadi :

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \times 1000 \times 95}{280}$$

$$A_{s,u} = 475 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih yang besar, jadi } A_{s,u} = 475 \text{ mm}^2$$

d) Jarak Tulangan

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{475}$$

$$S = 165,41 \quad \text{Mm}$$

$$S < 2 \quad \times \quad H$$

$$S < 2 \quad \times \quad 120$$

$$S < 240 \quad \text{Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 150 \text{ mm}$

e) Luas Tulangan

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 10^2 \times 1000}{150}$$

$$A_s = 523,810 \quad \text{mm}^2$$

Jadi :  $A_s > A_{s,u}$

$$523.81 > 475.00 \quad \text{OKE}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $A_s = \emptyset 10 - 150 = 523,810 \text{ mm}^2$

f) Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_{s,b} &= 20\% \cdot A_{s,u} \\ &= 20\% \quad \times \quad 475.00 \\ &= 95.000 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s,b} &= 0,0020 \cdot b \cdot h \\ &= 0.0020 \quad \times \quad 1000 \quad \times \quad 120 \\ &= 240 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Dipilih yang besar :

$$\text{Jadi : } A_{s,b,u} = 225 \quad \text{mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi:



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

Maka jarak tulangan adalah:

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 8^2 \times 1000}{225}$$

$$S = 223,49 \text{ Mm}$$

$$S < 5 \times H$$

$$S < 5 \times 120$$

$$S < 600 \text{ Mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai :  $S = 200 \text{ mm}$

g) Luas Tulangan bagi

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{s}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \times 8^2 \times 1000}{200}$$

$$A_s = 251,429 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi : } A_s > A_{s,u}$$

$$251,429 > 475,00 \quad \mathbf{OKE}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $A_s = \phi 8 - 200 = 251,429 \text{ mm}^2$

h) Kontrol Momen Desain

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \times 100\%$$

$$\rho = \frac{523,810}{1000 \times 95} \times 100\%$$

$$\rho = 0,551 \%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} \times 100\%$$

$$\rho_{min} = 0,500 \%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \times 0,85 \times 25}{(600 + 280) \times 280} \times 100\%$$

$$\rho_{maks} = 3,299 \%$$

Syarat :

$$\begin{array}{ccc} \rho_{min} & \leq & \rho & \leq & \rho_{maks} \\ 0,500 & \leq & 0,551 & \leq & 3,299 & \text{OKE} \end{array}$$

i) Menghitung Tinggi Blok Tegangan Beton Tekan

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\alpha = \frac{523,810 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$\alpha = 6,902 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - (a/2))$$

$$M_n = 523810 \times 280 \times 75 - 6,902 / 2$$

$$M_n = 13427189,54 \text{ N.mm}$$

k) Momen Desain Pelat

$$M_d = \phi \cdot M_n$$

$$M_d = 0,8 \times 13427189,54$$

$$M_d = 10741752 \text{ N.mm}$$

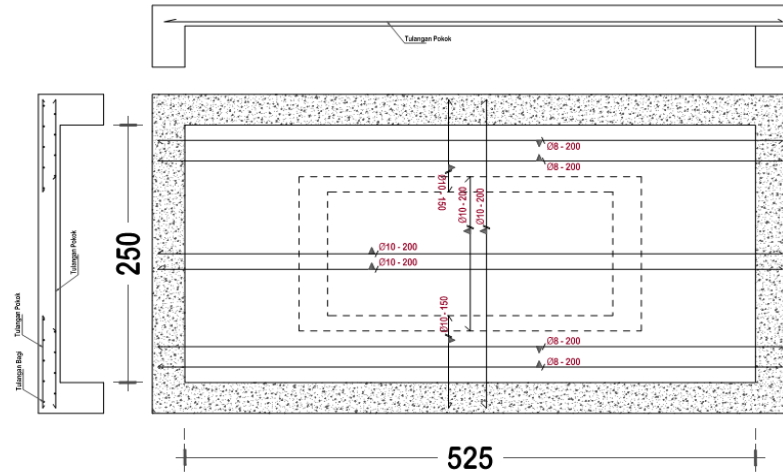
$$M_d = 10,742 \text{ KN.m}$$

$$M_u = -4,28 \text{ KN.m}$$

Syarat :

$$\begin{array}{ccc} M_d & > & M_u \\ 10,742 & > & -4,28 & \text{OKE ( Tulangan yang di rencanakan aman)} \end{array}$$

Berdasarkan hasil analisis maka diperoleh pemodelan perencanaan tulangan seperti pada Gambar 4.46. Pada gambar terlihat tampak atas dan tampak depan tulangan yang akan digunakan pada perencanaan pelat satu arah.



**Gambar 4.46** Penulangan Pelat Rasio  $L_y/L_x = 2,1$

Sumber: Autocad 2010

**Tabel 4.21** Rekap Perencanaan Tulangan Pada Pelat 1 Arah Terjepit Penuh pada dua Sisi

$L_y/L_x$	Letak Momen	Momen (Mu)	As Tul.Pokok	As Tul. Bagi	$\phi$ Tul. Pokok	$\phi$ Tul. Bagi
2	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,51	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-1,71	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
2,1	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,51	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,28	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
2,2	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,46	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,23	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
2,3	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,46	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,23	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
2,4	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,46	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,23	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
2,5	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,46	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,23	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200
2,6	Mlx	2,14	523,810		D 10 - 150	
	Mly	0,41	392,857		D 10 - 200	
	Mtx	-4,23	523,810	251,4286	D 10 - 150	D 8 - 200

Sumber : Hasil analisis 2023

