

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dipaparkan perhitungan momen pelat lantai dan perhitungan tulangan pada pelat. Perhitungan pelat dengan metode koefisien momen didasarkan pada tabel PBI-1971 yang digunakan untuk menghitung perencanaan momen pelat dan perhitungan pelat dengan menggunakan SAP2000. Setelah perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen dan SAP2000 maka dilakukan perbandingan perhitungan momen PBI dan SAP2000 yang akan ditunjukkan melalui grafik perbandingan. Berdasarkan perhitungan momen pelat maka dilanjutkan perhitungan tulangan yang akan digunakan pada pelat.

4.2 Pengumpulan Data

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

Tebal Pelat	= 120 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 kN/m ²
Berat jenis beton	= 24 kN/m ²

4.3 Perencanaan Beban Pada Pelat

4.3.1 Beban hidup (q_{LL})

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Dalam SNI 1727-2013 beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur khususnya bangunan sekolah (dapat dilihat pada tabel 2.2 halaman II-8) adalah sebagai berikut:

SEKOLAH

Ruang kelas	= 1,92 kN/m ²
Koridor diatas lantai pertama	= 3,83 kN/m ²
Koridor lantai pertama	= 4,79 kN/m ²

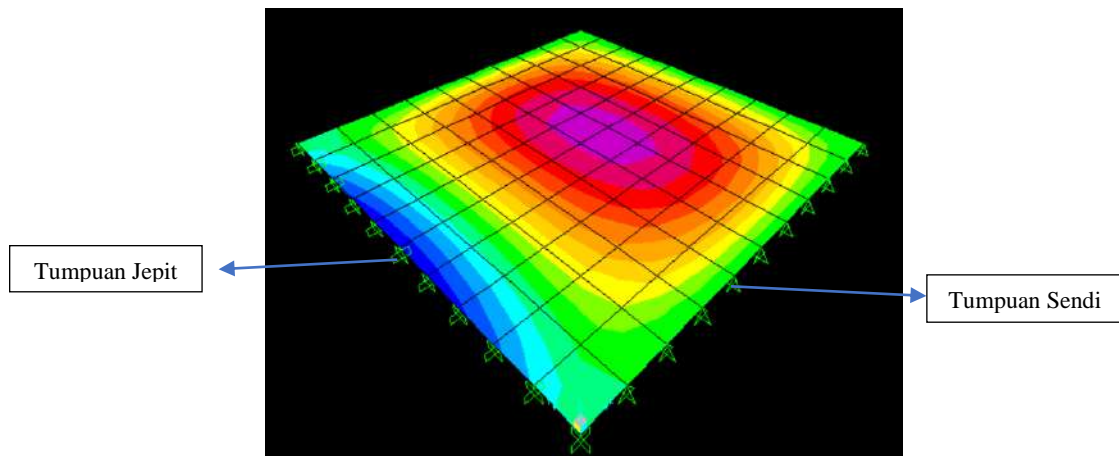
4.3.2 Beban mati (qDL)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari bangunan termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya. Beban mati yang ada pada ruang kelas adalah :

▪ Pelat (12cm)	: 0,12 x 2400 kg/m ³	= 288 kg/m ²	
▪ Keramik (1cm)	: 0,01 x 20 kg/m ²	= 0,2 kg/m ²	
▪ Spesi (3cm)	: 0,03 x 21 kg/m ²	= 0,63 kg/m ²	
▪ Plafon	: 11 kg/m ²	= 11 kg/m ²	
▪ Instalasi	: 50 kg/m ²	= 50 kg/m ²	+
<hr/>			
			= 349,83 kg/m ² = 3,43 kN/m ²

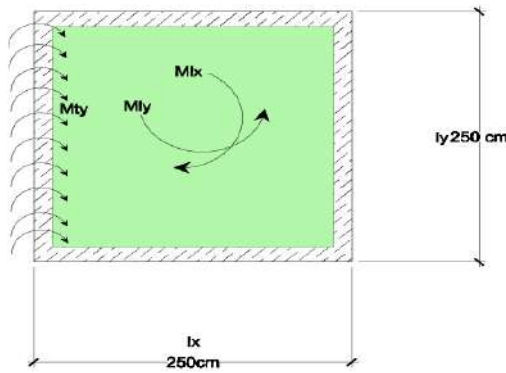
4.4 Pemodelan Pelat

Pada tahap ini dapat dilihat pemodelan pelat dengan rasio $L_y/L_x = 1$ sampai dengan $L_y/L_x = 2,6$. Pemodelan pelat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.1 pelat yang dimodelkan yaitu pelat *bending* yang terjepit satu sisi.



Gambar 4.1 Pemodelan pelat pada SAP2000

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 4.2 Pemodelan Pelat Terjepit Pada Satu Sisi

Sumber: Hasil Analisis

Model rasio panjang yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai L_x yang digunakan sama yaitu 2,5 dan nilai L_y digunakan bervariasi, sehingga hasil dari nilai L_y/L_x diperoleh rasio panjang bentang 1 hingga 2,6.

Tabel 4.1 Model rasio panjang bentang pada pelat terjepit satu sisi

No	Bentangan pelat (m)		Rasio
	Arah Y	Arah X	
1	2.5	2.5	1.0
2	2.77	2.5	1.1
3	3.1	2.5	1.2
4	3.25	2.5	1.3
5	3.45	2.5	1.4
6	3.75	2.5	1.5
7	3.9	2.5	1.6
8	4.35	2.5	1.7
9	4.5	2.5	1.8
10	4.65	2.5	1.9
11	5	2.5	2.0
12	5.35	2.5	2.1
13	5.5	2.5	2.2
14	5.78	2.5	2.3
15	6.1	2.5	2.4
16	6.3	2.5	2.5
17	6.55	2.5	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 digunakan pada proyek konstruksi pada umumnya, pelat lantai dengan sistem *boundeck*, sistem pelat lantai menggunakan panel beton ringan. Masing-masing dari sistem memiliki kelebihan dan kekurangan pada penggunaannya, selain untuk mereduksi beban juga untuk mempercepat pekerjaan. Penentuan tebal pelat lantai mengacu pada rumus 2.1 Pada Bab 2 berikut :

$$h(\text{maks}) = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36} \quad h(\text{min}) = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots 4.1$$

keterangan :

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

Mutu Bahan

- Beton **fc'** = 25 Mpa
- Baja **fy** = 280 Mpa
- Panjang Balok Arah X **arah X** = 2500 mm
- Panjang Balok Arah Y **arah Y** = 2500 mm
- Jarak Sisi Terpanjang **Ly** = 2500 mm
- Jarak Sisi Terpendek **Lx** = 2500 mm

Rasio jarak antar jarak terpanjang

terhadap jarak terpendek **Ly/Lx = 1,000 < 2 OKE, pelat dua arah**

Ketebalan minimum pelat (h min) dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dibawah ini.

Tabel 4.2 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Dengan Balok Diantara Tumpuan Pada Semua Sisinya.

Afm	h minimum, mm	Persamaan
afm < 0,2	8.3.1.1 berlaku	A

Afm	h minimum, mm		Persamaan
0,2 < afm < 2	Terbesar dari	$h = \frac{Ln(0,8 + (\frac{fy}{1400}))}{36 + 5\beta(am - 0,2)}$	B
		125	C
afm > 2	Terbesar dari	$h = \frac{Ln(0,8 + (\frac{fy}{1400}))}{36 + 9\beta}$	D
		90	E

Dimana : h : Tebal minimum pelat (mm)

Ln = Ln1 : Panjang bersih pelat dalam arah memanjang (mm)

$\beta = \frac{Ln1}{Ln2} \frac{Ln1}{Ln2}$: Bentang bersih dalam arah Panjang dan pendek (mm)

Pada **Tabel 4.3** ditampilkan tebal pelat yang dipakai yaitu 12 cm.

Tabel 4.3 Hasil Penentuan Tebal Pelat

No	Bentangan pelat (cm)		Rasio	Tebal Minimum (hmin) (cm)	Tebal pelat (h) (cm)
	Arah Y	Arah x			
1	250	250	1	9	12
2	277	250	1.1	9	12
3	301	250	1.2	9	12
4	325	250	1.3	9	12
5	345	250	1.4	9	12
6	375	250	1.5	9	12
7	390	250	1.6	9	12
8	435	250	1.7	9	12
9	450	250	1.8	9	12
10	465	250	1.9	9	12
11	500	250	2	9	12
12	535	250	2.1	9	12
13	550	250	2.2	9	12
14	578	250	2.3	9	12
15	610	250	2.4	9	12
16	630	250	2.5	9	12
17	655	250	2.6	9	12

Sumber : Hasil Analisis, 2023

4.6 Perhitungan Pelat Dengan Metode Koefisien Momen

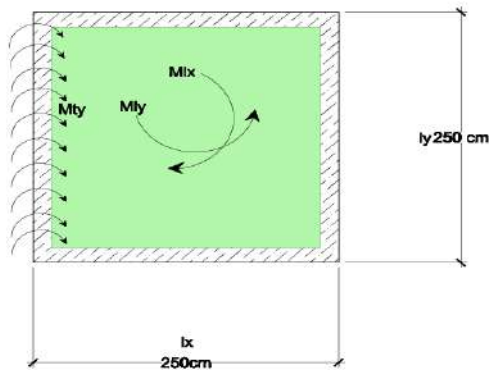
Perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen untuk memperoleh nilai momen tumpuan dan momen lapangan berdasarkan tabel PBI 1971. Adanya koefisien momen ini yaitu suatu metode pendekatan untuk menentukan momen lentur dalam perencanaan pelat. Perhitungan dengan menggunakan metode ini rasio Panjang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

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 $L_x = 2,5$. Data perencanaan pelat yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4. Data Pelat

DATA PELAT			
Data	Nilai	Satuan	Ket.
$L_y =$	2,5	M	Bentang terpanjang
$L_x =$	2,5	M	Bentang terpendek
$l_y/l_x =$	1,00		$L_y/L_x < 2$ atau > 2



Gambar 4.3 Pembagian Momen Pada Pelat

Spesifikasi data perencanaan pelat yang digunakan yaitu :

$$f_c' = 25 \text{ Mpa (mutu beton)}$$

f_y	= 280 Mpa (mutu baja)
(ϕ_{lentur})	= 0,8 (faktor reduksi)
Panjang	= 2,5 m (lebar)
Lebar	= 2,5 m (tinggi)
Tebal	= 0,12 m (tebal)
d_s	= 20 mm (selimut beton)
d'	= 25 mm (tinggi efektif)
d	= 95 mm (tinggi dari atas hingga ke tulangan)
B_1	= 0,85 mm ($f'_c < 30 \text{ Mpa} > 0,85$)
ϕ_{lentur}	= 0,7 (faktor reduksi)
$d_{tulangan\ pelat}$	= 10 mm (diameter tulangan pelat)
L_y	= 2500 mm (bentang dalam mm)
L_x	= 2500 mm (bentang dalam mm)
b	= 1000 mm (lebar penampang)

Pada **Tabel 4.5** merupakan data nilai X yang akan digunakan pada perhitungan momen pelat terjepit satu sisi berdasarkan pada tabel PBI 1971 untuk rasio panjang untuk rasio Panjang bentang $L_y/L_x = 1$.

Tabel 4.5 Data nilai X berdasarkan tabel PBI 1971

Data Nilai X Berdasarkan Tabel PBI 1971			
X- lapangan x	=	31	Tabel PBI 1971
X-lapangan y	=	37	Tabel PBI 1971
X-tumpuan y	=	84	Tabel PBI 1971

Sumber : *Tabel 13.31 PBI 1971 (halaman 202)*

Rumus : $M_n = M_u/\phi$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ lapangan } x$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ lapangan } y$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ tumpuan } y$$

Tabel 4.6 Perhitungan momen pelat dua arah terjepit satu sisi berdasarkan Peraturan Beton Indonesia 1971.

Momen per meter lebar	Ly/Lx										
	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ lap } x$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92
$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ lap } y$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38
$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ tump } y$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122

Sumber : Tabel 13.31 PBI 1971(Halaman 202)

Tabel 4.7 Perhitungan Momen Pelat Dua Arah Terjepit Satu Sisi Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia 1971.

Momen per meter lebar	Ly/Lx					
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5
$M_{ly} = -0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ tump } x$	96	99	102	105	108	125
$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ lap } y$	37	36	35	34	33	25
$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L^2 \cdot x \text{ tump } y$	123	123	124	124	124	125

Sumber : Tabel 13.31 PBI 1971(Halaman 202)

a) Perhitungan Momen Pelat Satu 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 $L_y/L_x \geq 2$. Contoh perhitungan momen pelat satu arah adalah sebagai berikut:

$$\text{Momen lapangan arah } x, M_{lx} = C_{lx} \times 0,001 \times Q_u \times L_x^2 = 4,1335 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Momen lapangan arah } y, M_{ly} = C_{ly} \times 0,001 \times Q_u \times L_y^2 = 1,7073 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Momen tumpuan arah } y, M_{ty} = C_{ty} \times 0,001 \times Q_u \times L_y^2 = -5,4814 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Momen rencana (maksimum) plat, } M_u = 4,1335 \text{ kNm/m}$$

b) Perhitungan Momen Pelat Dua 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. Apabila struktur beton ditopang di keempat sisinya dan rasio antara bentang Panjang terhadap bentang pendek kurang dari 2.

Tabel 4.8 Momen Hasil Perhitungan

Momen	Momen Per Meter Lebar	Hasil	Satuan
Momen lapangan arah x,	$M_{lx} = C_{lx} \times 0,001 \times Q_u \times L_y^2 =$	1,3928	kNm/m
Momen lapangan arah x,	$M_{ly} = C_{ly} \times 0,001 \times Q_u \times L_x^2 =$	1,6624	kNm/m
Momen tumpuan arah y,	$M_{ty} = C_{ty} \times 0,001 \times Q_u \times L_y^2 =$	-3,7741	kNm/m

Momen rencana (maksimum) plat, $M_u = 1,6624 \text{ kN/m}^2$

Tabel 4.9 Hasil perhitungan momen pelat pada pelat terjepit satu sisi berdasarkan PBI 1971.

Range	Letak Momen	PBI 1971	SAP 2000	%selisih
1	Mlx	1.39	1.44	0.05
	Mly	1.66	1.78	0.11
	Mty	-3.77	-3.73	0.05
1.1	Mlx	1.71	1.80	0.09
	Mly	1.75	1.87	0.11
	Mty	-4.13	-4.11	0.02
1.2	Mlx	2.02	2.12	0.09
	Mly	1.84	1.92	0.08
	Mty	-4.45	-4.39	0.06
1.3	Mlx	2.38	2.43	0.05
	Mly	1.84	1.95	0.11
	Mty	-4.67	-4.62	0.05
1.4	Mlx	2.65	2.68	0.03
	Mly	1.89	1.96	0.08
	Mty	-4.90	-4.78	0.11
1.5	Mlx	2.97	3.04	0.07
	Mly	1.89	1.94	0.05
	Mty	-5.03	-4.98	0.06
1.6	Mlx	3.19	3.21	0.02

Range	Letak Momen	PBI 1971	SAP 2000	%selisih
	Mly	1.84	1.92	0.08
	Mty	-5.17	-5.06	0.11
1.7	Mlx	3.50	3.67	0.16
	Mly	1.84	1.86	0.01
	Mty	-5.26	-5.24	0.02
1.8	Mlx	3.73	3.80	0.07
	Mly	1.80	1.83	0.04
	Mty	-5.35	-5.28	0.07
1.9	Mlx	3.91	3.92	0.01
	Mly	1.75	1.81	0.06
	Mty	-5.44	-5.32	0.12
2	Mlx	4.13	4.20	0.06
	Mly	1.71	1.76	0.06
	Mty	-5.48	-5.39	0.10
2.1	Mlx	4.31	4.43	0.11
	Mly	1.66	1.73	0.06
	Mty	-5.48	-5.44	0.04
2.2	Mlx	4.45	4.52	0.07
	Mly	1.62	1.72	0.10
	Mty	-5.48	-5.45	0.03
2.3	Mlx	4.58	4.66	0.08
	Mly	1.57	1.70	0.12
	Mty	-5.53	-5.48	0.05
2.4	Mlx	4.72	4.80	0.08
	Mly	1.53	1.68	0.16
	Mty	-5.53	-5.50	0.03
2.5	Mlx	4.85	4.89	0.04
	Mly	1.48	1.68	0.19
	Mty	-5.57	-5.51	0.07
2.6	Mlx	4.94	4.97	0.03
	Mly	1.12	1.67	0.54
	Mty	-5.62	-5.51	0.10

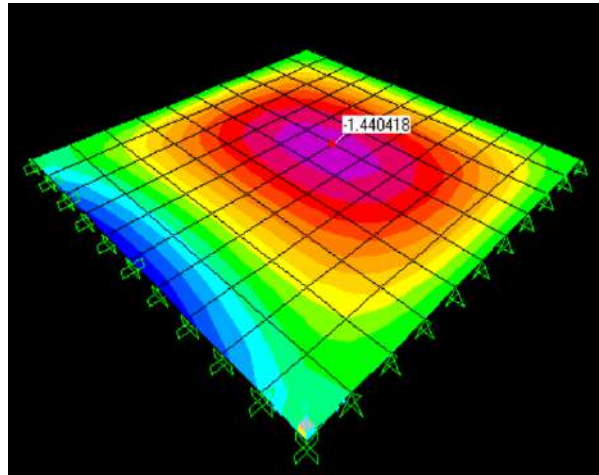
Sumber: Hasil Analisis, 2023

4.7 Perhitungan Pelat Dengan Menggunakan SAP2000

Untuk merencanakan struktur pembangunan pelat gedung dilakukan dengan bantuan *software* SAP (*Structur Analysis Program*) untuk mengecek apakah struktur tersebut aman atau tidak dalam menahan beban hidup dan beban mati pada pelat. Adapun tahap-tahap yang digunakan dalam melakukan pemodelan struktur:

- Buka program SAP2000
- 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 kN,m, 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.
- 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' . 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”.
- Buat perletakan dengan cara memilih semua join 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*,
- 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. Periksa kembali satuan saat memasukkan besar beban merata.
- 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.

- Lalu run program dengan cara *analyze, run analysis*. Atau juga tekan F5 seperti terlihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Hasil SAP 2000

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Nilai lendutan dapat diketahui dengan cara mengarahkan kursor pada titik tengah pelat, lalu klik kanan.

- Setelah itu dilakukan pemodelan ulang yang berbeda dengan mengganti ganti jumlah mesh area yang membagi pelat tersebut. Pemodelan ini dilakukan hingga nilai lendutan yang muncul mendekati nilai lendutan dilapangan.

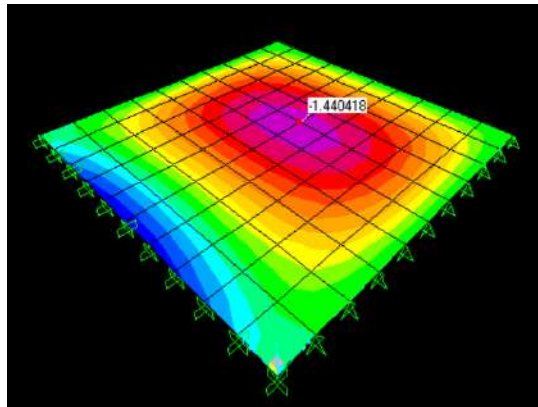
4.7.1 Perhitungan momen pelat range 1 – 2,5 menggunakan SAP200

Perhitungan dengan menggunakan SAP200 dilakukan untuk memperoleh nilai momen tumpuan dan momen lapangan yang terjadi. Perhitungan dengan menggunakan SAP200 rasio Panjang bentang dengan range yang diperoleh antara $L_y/L_x = 1$ sampai dengan $L_y/L_x = 2,5$. Pada **Tabel 4.10** dapat dilihat data perencanaan pelat yang digunakan.

Tabel 4.10 Data pelat

Data Pelat			
Data	Nilai	Satuan	Keterangan
L_y =	2,5	M	Bentang terpanjang
L_x =	2,5	M	Bentang terpendek
l_y/l_x =	1,00		$L_y/l_x < 2$ atau > 2

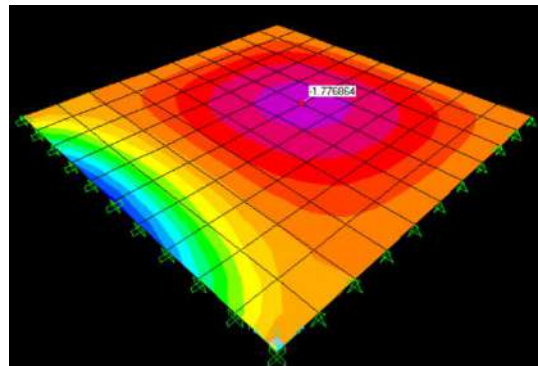
- Terlihat **Gambar 4.5** Hasil Perhitungan Momen Lapangan Arah X



Gambar 4.5 Perhitungan Momen Lapangan Arah X

Sumber: Hasil Analisis Program, 2023

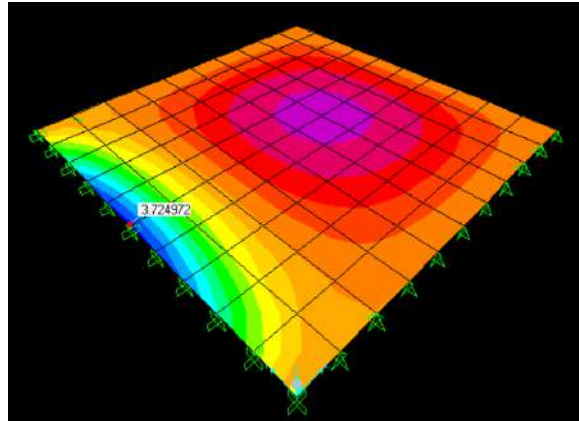
- Terlihat **Gambar 4.6** Hasil Perhitungan Momen Lapangan Arah Y



Gambar 4.6 Perhitungan Momen Lapangan Arah Y

Sumber: Hasil Analisis Program, 2023

- Terlihat **Gambar 4.7** Hasil Perhitungan Momen Tumpuan Arah Y



Gambar 4.7 Perhitungan Momen Tumpuan Arah Y

Sumber: Hasil Analisis Program, 2023

Pada Tabel 4.11 Merupakan hasil perhitungan momen $l_y/l_x = 1$ pada SAP2000, terlihat bahwa hasil analisis momen lapangan x diperoleh nilai momen yaitu 1,4400 dan momen lapangan y menghasilkan nilai momen sebesar 1,7770. Sedangkan untuk hasil perhitungan momen tumpuan y diperoleh nilai momen yaitu -3,7250.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Pada SAP 2000 $l_y/l_x = 1$

l_y/l_x	Momen	Hasil SAP 2000	Satuan
1	M_{lx}	1,4400	kN/m
	M_{ly}	1,7770	kN/m
	M_{ty}	-3,7250	kN/m

Sumber : *Hasil Analisis Perhitungan, 2023*

Pada Tabel 4.12 Merupakan hasil analisis perhitungan pada SAP2000 dengan range $l_y/l_x = 1$ sampai $l_y/l_x = 2,6$. Pada hasil analisis momen lapangan y pada $l_y/l_x = 2,6$ diperoleh terbesar yaitu 4,9720. Pada momen lapangan y semakin besar nilai l_y dan l_x maka hasil momen yang diperoleh semakin besar. Pada hasil analisis momen lapangan y pada $l_y/l_x = 1,4$ diperoleh hasil yaitu 1,9640. Pada momen tumpuan y pada $l_y/l_x = 1$

diperoleh hasil terbesar yaitu -3,7250 sedangkan pada $L_y/L_x = 2,6$ diperoleh hasil yang paling kecil yaitu -5,5140.

Tabel 4.12 Rekap perhitungan pelat pada SAP2000 $L_y/L_x = 1$ sampai $L_y/L_x = 2,6$

L_y/L_x	Mlx	Mly	Mty
1	1.4400	1.7770	-3.7250
1,1	1.8020	1.8670	-4.1120
1,2	2.1150	1.9210	-4.3930
1,3	2.4320	1.9480	-4.6180
1,4	2.6800	1.9640	-4.7830
1,5	3.0400	1.9360	-4.9760
1,6	3.2143	1.9190	-5.0590
1,7	3.6680	1.8550	-5.2400
1,8	3.8040	1.8340	-5.2800
1,9	3.9220	1.8110	-5.3210
2	4.1980	1.7640	-5.3860
2,1	4.4270	1.7270	-5.4380
2,2	4.5150	1.7170	-5.4490
2,3	4.6610	1.6970	-5.4780
2,4	4.8020	1.6830	-5.4950
2,5	4.8880	1.6750	-5.5050
2,6	4.9722	1.6680	-5.5140

Sumber: Hasil Analisis, 2023

4.8 Grafik perbandingan perhitungan antara tabel PBI 1971 dan SAP200

4.8.1 Grafik perbandingan perhitungan Mlx

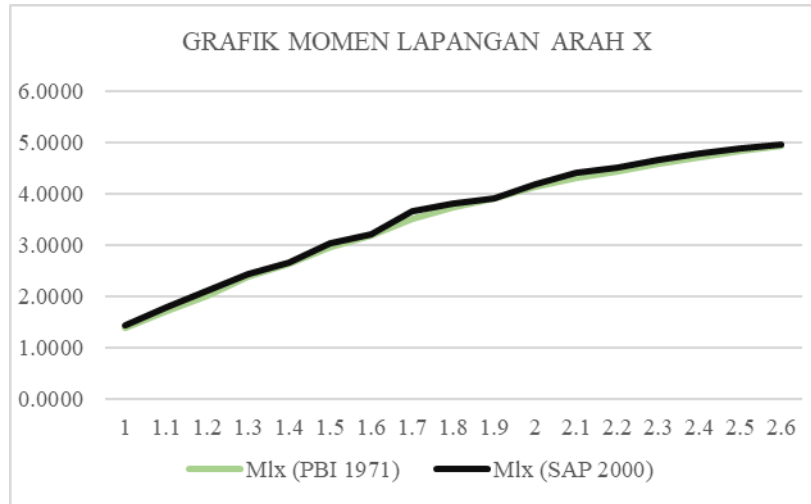
Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode koefisien momen menurut tabel PBI 1971 dan perhitungan perencanaan pelat dengan menggunakan SAP2000 maka diperoleh hasil momen lapangan arah X yang dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Momen Lapangan Arah X

L_y/L_x	M_{lx} (PBI 1971)	M_{lx} (SAP 2000)	Persentase (%)
1	1.3928	1.4400	0.05
1.1	1.7073	1.8020	0.09
1.2	2.0218	2.1150	0.09
1.3	2.3813	2.4320	0.05
1.4	2.6508	2.6800	0.03
1.5	2.9653	3.0400	0.07
1.6	3.1900	3.2143	0.02
1.7	3.5045	3.6680	0.16
1.8	3.7291	3.8040	0.07
1.9	3.9089	3.9220	0.01
2	4.1335	4.1980	0.06
2.1	4.3132	4.4270	0.11
2.2	4.4480	4.5150	0.07
2.3	4.5828	4.6610	0.08
2.4	4.7176	4.8020	0.08
2.5	4.8524	4.8880	0.04
2.6	4.9422	4.9722	0.03

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

- Grafik momen lapangan arah X



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Momen Lapangan X

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa bentuk dan pola momen yang dihasilkan dari kedua perhitungan dengan menggunakan metode koefisien momen dan SAP2000 dilihat dari jarak kedua garis, hal ini menunjukkan bahwa nilai momen yang dihasilkan dari perhitungan dengan metode koefisien momen dan menggunakan SAP2000 meningkat. Pada perhitungan momen lapangan x dengan metode koefisien momen terlihat bahwa pada $L_y/L_x = 1$ memperoleh hasil yang terendah yaitu 1,3928, dan momen lapangan x di SAP2000 hasil momen terkecil terjadi pada bentang $L_y/L_x = 1$.

4.8.2 Grafik perbandingan perhitungan Mly

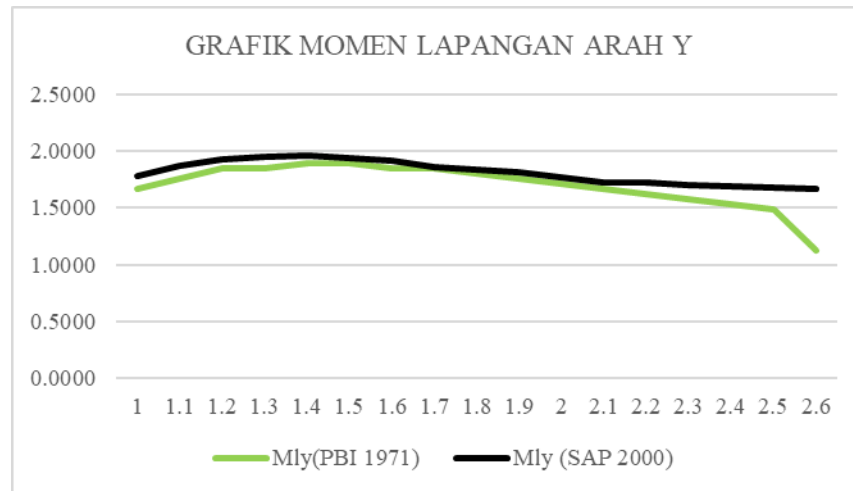
Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode koefisien momen berdasarkan tabel PBI 1971 dan perhitungan perencanaan pelat dengan menggunakan SAP2000 maka diperoleh hasil momen lapangan arah y yang dapat dilihat pada **Tabel 4.14**. Hasil momen terbesar pada bentangan x dititik (1,4-1,5) berdasarkan perhitungan momen dengan menggunakan tabel PBI 1971 dan pada perhitungan menggunakan SAP2000 hasil momen terbesar terjadi pada bentang x dititik (1,4).

Tabel 4.14 Hasil perhitungan momen lapangan arah Y

Ly/Lx	Mly(PBI 1971)	Mly (SAP 2000)	Persentase (%)
1	1.6624	1.7770	0.11
1.1	1.7522	1.8670	0.11
1.2	1.8421	1.9210	0.08
1.3	1.8421	1.9480	0.11
1.4	1.8870	1.9640	0.08
1.5	1.8870	1.9360	0.05
1.6	1.8421	1.9190	0.08
1.7	1.8421	1.8550	0.01
1.8	1.7972	1.8340	0.04
1.9	1.7522	1.8110	0.06
2	1.7073	1.7640	0.06
2.1	1.6624	1.7270	0.06
2.2	1.6175	1.7170	0.10
2.3	1.5725	1.6970	0.12
2.4	1.5276	1.6830	0.16
2.5	1.4827	1.6750	0.19
2.6	1.1232	1.6680	0.54

Sumber: Hasil Analisis, 2023

- Grafik momen lapangan arah Y



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Momen Lapangan Y

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pada Gambar 4.9 ini bisa dilihat bentuk dan pola momen yang digambarkan dari kedua hasil perhitungan selisih perbedaannya bisa dilihat dari jarak kedua garis. Pada perhitungan momen yang menggunakan metode koefisien momen terlihat pada grafik memperoleh nilai yang sama pada bentang $L_y/L_x = 1,4 - 1,5$, dan hasil analisis dengan menggunakan SAP2000 menghasilkan nilai momen terbesar pada bentang $L_y/L_x = 1,4$.

4.8.3 Grafik perbandingan perhitungan Mty

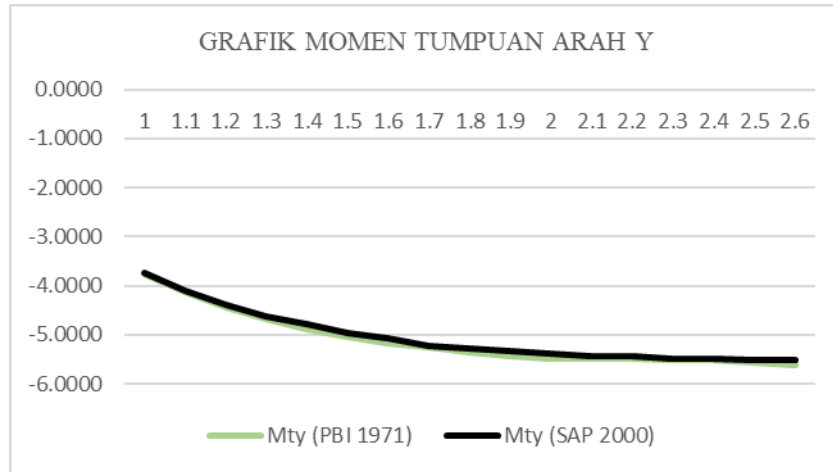
Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode koefisien momen berdasarkan tabel PBI 1971 dan perhitungan perencanaan pelat dengan menggunakan SAP2000 maka diperoleh hasil momen tumpuan arah x seperti yang tertera pada tabel 4.13. Hasil momen terbesar pada bentangan x dititik (1) berdasarkan perhitungan momen dengan menggunakan tabel PBI 1971 dan pada perhitungan dengan menggunakan SAP2000 hasil momen terbesar pada titik (1).

Tabel 4.15 Hasil perhitungan momen tumpuan arah Y

Ly/Lx	Mty (PBI 1971)	Mty (SAP 2000)	Persentase (%)
1	-3.7741	-3.7250	0.05
1.1	-4.1335	-4.1120	0.02
1.2	-4.4480	-4.3930	0.06
1.3	-4.6727	-4.6180	0.05
1.4	-4.8973	-4.7830	0.11
1.5	-5.0321	-4.9760	0.06
1.6	-5.1669	-5.0590	0.11
1.7	-5.2567	-5.2400	0.02
1.8	-5.3466	-5.2800	0.07
1.9	-5.4365	-5.3210	0.12
2	-5.4814	-5.3860	0.10
2.1	-5.4814	-5.4380	0.04
2.2	-5.4814	-5.4490	0.03
2.3	-5.5263	-5.4780	0.05
2.4	-5.5263	-5.4950	0.03
2.5	-5.5712	-5.5050	0.07
2.6	-5.6162	-5.5140	0.10

Sumber: Hasil Analisis, 2023

- Grafik momen tumpuan arah y



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Momen Tumpuan Y

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pada grafik di Gambar 4.10 bisa dilihat bentuk dan pola momen yang digambarkan dari kedua hasil perhitungan memiliki selisih perbedaannya dari jarak kedua garis. Hal ini menunjukkan bahwa nilai momen yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan metode koefisien momen mempunyai jarak yang tidak jauh dengan analisis menggunakan SAP2000.

4.9 Perhitungan penulangan pada pelat

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

- Tebal pelat (h)
- Tebal selimut (d')
- Diameter tulangan (D),
- Mutu beton ($f'c$)
- Mutu baja tulangan (f_y)

data perencanaan tulangan :

fc'	=	25	Mpa	Mutu beton
Fy	=	280	Mpa	Mutu baja ≤ D-10
(φ lentur)	=	0,8		Factor reduksi
Panjang	=	2,5	Mm	Lebar
Lebar	=	2,5	Mm	Tinggi
Tebal (h)	=	0,12	M	Tebal
Ds	=	20	Mm	Selimut beton
d'	=	25	Mm	Tinggi efektif
D	=	95	Mm	Tinggi dari atas hingga ke tulangan
B1	=	0,85		f'c < 30Mpa > 0,85
D.tul pelat	=	10	Mm	Diameter tul. Pelat pokok
D. tul pelat	=	8	Mm	Diameter tul. Pelat bagi
Ly	=	2500	Mm	Bentang dalam mm
Lx	=	2500	Mm	Bentang dalam mm
B	=	1000	Mm	Lebar penampang

4.9.1 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 Lx dan bentang ly, maka tulangan pokok juga dipasang pada dua arah yang saling tegak lurus (bersilangan).

A. Tulangan Lapangan Arah X Pelat Lantai

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

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

$$Mu = Mlx = 1,39 \text{ tm} = 1,71 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,71 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 1,571 \text{ Mpa}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,571}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 95$$

$$= 7,304 \text{ mm}$$

Tulangan pokok :

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

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 7,304 \cdot 1000}{280}$$

$$= 554,33 \text{ mm}^2$$

Dipilih $A_{s,u}$ terbesar = 554,33 mm²

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{554,33}$$

$$= 141,68 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h) = (2 \cdot 120 = 240 \text{ mm})$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

dipilih $A_{s,u}$ terkecil = 140 mm²

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$= 561,00 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{tul}} \geq A_{s,u} = 561,00 \geq 141,68 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bagi : } A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 110,8655 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih terbesar : } A_{sb} = 240 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 209,44 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h) = 600 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil $s = 200$

Luas Tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 251,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{tul}} \geq A_{s,u} = 251,33 \text{ mm}^2 \geq 240 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan pokok: $A_s = D10-140 = 561,00 \text{ mm}^2$

tulangan bagi : $A_s = D8-200 = 251,3 \text{ mm}^2$.

B. Tulangan lapangan arah Y pelat lantai

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

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

$$M_u = M_{ly} = 1,66 \text{ tm} = 1,66 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,66 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 1,875 \text{ Mpa}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,875}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 95$$

$$= 8,789 \text{ mm}$$

Tulangan pokok :

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

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 8,789 \cdot 1000}{280}$$

$$= 667,02 \text{ mm}^2$$

Dipilih $A_{s,u}$ terbesar = $667,02 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{667,02}$$

$$= 117,75 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h) = (2 \cdot 120 = 240 \text{ mm})$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

dipilih $A_{s,u}$ terkecil = 115 mm²

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$= 682,95 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{tul}} \geq A_{s,u} = 682,95 \geq 117,75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bagi : } A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 133,403 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih terbesar : } A_{sb,u} = 240 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 209,44 \text{ mm}^2$$

$$s \leq (5 \cdot h) = 5 \times 120 = 600 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil $s = 200$

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 251,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{tul}} \geq A_{s,u} = 251,33 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan pokok: $A_s = D10-115 = 682,95 \text{ mm}^2$

tulangan bagi : $A_s = D8-200 = 251,33 \text{ mm}^2$.

C. Tulangan tumpuan arah Y pelat lantai

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

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

$$Mu = Mty = 3,774 \text{ tm} = 3,774 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{3,774 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 4,285 \text{ Mpa}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 4,285}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 95$$
$$= 21,616 \text{ mm}$$

Tulangan pokok :

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

$$As = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 21,616 \cdot 1000}{280}$$
$$= 1640,47 \text{ mm}^2$$

Dipilih As, u terbesar = $1640,47 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{As, u}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{1640,47}$$

$$= 47,88 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h) = (2 \cdot 120 = 240 \text{ mm})$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

dipilih As, u terkecil = 45 mm^2

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$= 1745,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{ tul}} \geq A_{s,u} = 1745,33 \geq 1640,47 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan bagi : } A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 328,09 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih terbesar : } A_{sb,u} = 328,09 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 153,20 \text{ mm}^2$$

$$s \leq (5 \cdot h) = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Dipilih yang terkecil } s = 200$$

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 251,33 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{ tul}} \geq A_{s,u} = 251,33 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan pokok: $A_s = D10-45 = 1745,33 \text{ mm}^2$.

$$\text{tulangan bagi : } A_s = D8-200 = 251,3 \text{ mm}^2.$$

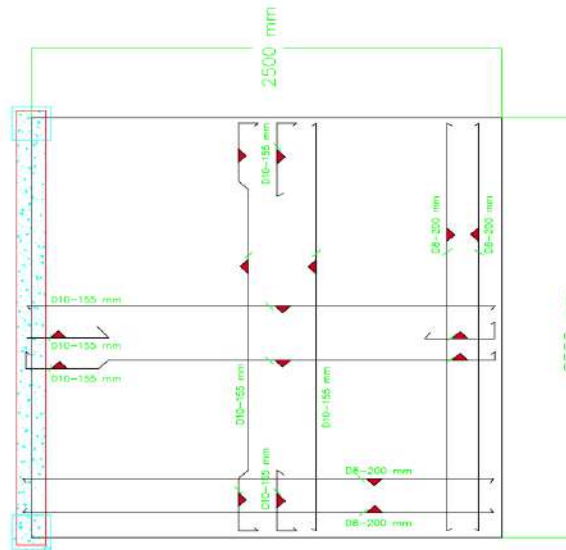
Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan tulangan pada $L_y/L_x = 1$ nilai momen lapangan X diperoleh 1,3928 dan momen lapangan y diperoleh 1,6624, Maka nilai A_s tulangan pokok yang diperoleh untuk momen lapangan arah x yaitu $561,00 \text{ mm}^2$ dan A_s tulangan pokok untuk momen lapangan arah y diperoleh $682,95 \text{ mm}^2$ dan A_s tulangan bagi untuk momen lapangan arah x dan y diperoleh nilai yang sama yaitu $251,33 \text{ mm}^2$. dari nilai A_s tulangan yang diperoleh maka perencanaan tulangan pokok yang digunakan yaitu D10-140 dan tulangan bagi D8-200. Pada momen tumpuan y menghasilkan nilai momen yaitu -3,7741 maka nilai A_s tulangan pokok yaitu $1745,33 \text{ mm}^2$ dan A_s tulangan bagi yaitu $251,33 \text{ mm}^2$ dari A_s tulangan yang telah diperoleh maka perencanaan tulangan pokok yang digunakan yaitu D10-45 dan tulangan bagi D8-200.

Tabel 4.16 Rekapitulasi perencanaan tulangan pada pelat 2 arah terjepit satu sisi (sisi kiri)

Lx	Ly	Ly/Lx	Ket	Momen (Mu) (kn/m)	As Tul. Pokok (mm ²)	As Tul. Bagi (mm ²)	φTul. Pokok	φ Tul. Bagi
2.5	2.5	1	Mlx	1.393	561.00	251.3	φ 10-140	φ 8-200
			Mly	1.662	682.95	251.3	φ 10-115	φ 8-200
			Mty	-3.774	1745.33	251.3	φ 10-45	φ 8-200
2.5	2.77	1.1	Mlx	1.707	561.00	251.3	φ 10-110	φ 8-200
			Mly	1.752	682.95	251.3	φ 10-110	φ 8-200
			Mty	-4.134	2243.99	251.3	φ 10-40	φ 8-200
2.5	3.1	1.2	Mlx	2.022	872.66	251.3	φ 10-90	φ 8-200
			Mly	1.842	785.40	251.3	φ 0-100	φ 8-200
			Mty	-4.448	2243.99	251.3	φ 10-35	φ 8-200
2.5	3.25	1.3	Mlx	2.381	981.75	251.3	φ 10-80	φ 8-200
			Mly	1.842	785.40	251.3	φ 10-100	φ 8-200
			Mty	-4.673	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	3.45	1.4	Mlx	2.696	1122.00	251.3	φ 10-70	φ 8-200
			Mly	1.887	785.40	251.3	φ 10-100	φ 8-200
			Mty	-4.897	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	3.75	1.5	Mlx	2.965	1309.00	251.3	φ 10-60	φ 8-200
			Mly	1.887	785.40	251.3	φ 10-100	φ 8-200
			Mty	-5.032	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	3.9	1.6	Mlx	3.235	1570.80	251.3	φ 10-50	φ 8-200
			Mly	1.842	785.40	251.3	φ 10-100	φ 8-200
			Mty	-5.167	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	4.35	1.7	Mlx	3.504	1570.80	251.3	φ 10-50	φ 8-200
			Mly	1.842	785.40	251.3	φ 10-100	φ 8-200
			Mty	-5.257	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	4.5	1.8	Mlx	3.729	1570.80	251.3	φ 10-50	φ 8-200
			Mly	1.797	785.40	251.3	φ 10-100	φ 8-200
			Mty	-5.347	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	4.65	1.9	Mlx	3.954	1745.33	251.3	φ 10-45	φ 8-200
			Mly	1.752	714.00	251.3	φ 10-110	φ 8-200
			Mty	-5.436	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan hasil analisis maka diperoleh pemodelan perencanaan tulangan seperti pada Gambar 4.11. Terlihat tampak atas dan tampak depan tulangan yang akan digunakan pada perencanaan pelat dua arah.



Gambar 4.11 Pemodelan Tulangan Pelat Dua Arah

4.9.2 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 saja. Karena momen lenturnya hanya bekerja pada satu arah saja, yaitu searah dengan bentang λ_y maka tulangan pokok juga dipasang satu arah yang searah bentang λ_y tersebut.

A. Tulangan Lapangan Arah x Pelat Lantai

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

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

$$M_u = M_lx = 4,13 \text{ tm} = 4,13 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4,13 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 4,663 \text{ Mpa}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.4,663}{0,85.25}}\right) \cdot 95$$

$$= 23,837 \text{ mm}$$

Tulangan pokok :

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

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 23,837 \cdot 1000}{280}$$

$$= 1809,05 \text{ mm}^2$$

Dipilih $A_{s,u}$ terbesar = 1809,05 mm²

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{1809,05}$$

$$= 43,42 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h) = (2 \cdot 120 = 240 \text{ mm})$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

dipilih $A_{s,u}$ terkecil = 40 mm²

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$= 1963,50 \text{ mm}^2$$

$$A_s, \text{ tul} \geq A_{s,u} = 1963,50 \geq 1809,05 \text{ mm} \quad \text{ok!}$$

$$\text{Tulangan bagi : } A_{sb} = 20\% \cdot A_{su} = 361,8094 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih terbesar : } A_{S_{b,u}} = 361,8094 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 138,93 \text{ mm}^2$$

$$s \leq (5.h) = 600 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil $s = 200$

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 251,33 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{tul}} \geq A_{s,u} = 251,33 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm} \quad \text{ok!}$$

Jadi digunakan tulangan pokok: $A_s = D10-40 = 1963,50 \text{ mm}$

tulangan bagi : $A_s = D8-200 = 251,33 \text{ mm}$.

B. Tulangan Lapangan Arah Y Pelat Lantai

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

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

$$M_u = M_{ly} = 1,71 \text{ tm} = 1,71 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,71 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2}$$

$$= 1,926 \text{ Mpa}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,926}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 95$$

$$= 9,041 \text{ mm}$$

Tulangan pokok :

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

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 9,041 \cdot 1000}{280}$$

$$= 686,11 \text{ mm}^2$$

Dipilih $A_{s,u}$ terbesar = $686,11 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{686,11}$$

$$= 114,47 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h) = (2 \cdot 120 = 240 \text{ mm})$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

dipilih $A_{s,u}$ terkecil = 110 mm^2

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}}$$

$$= 714,00 \text{ mm}^2$$

$A_{s,tul} \geq A_{s,u} = 714,00 \geq 114,47 \text{ mm}^2$ ok!

$$\text{Tulangan bagi : } A_{sb} = 20\% \cdot A_{su} = 137,2221 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih terbesar : } A_{sb} = 240 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 209,44 \text{ mm}^2$$

$$s \leq (5 \cdot h) = 600 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil $s = 200$

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 251,33 \text{ mm}^2$$

$A_{s,tul} \geq A_{s,u} = 251,33 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$ ok!

Jadi, digunakan tulangan pokok: $A_s = D10-110 = 714,00 \text{ mm}^2$

tulangan bagi : $A_s = D8-200 = 251,33 \text{ mm}^2$.

C. Tulangan Tumpuan Arah Y Pelat Lantai

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

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

$$M_u = M_{ty} = 5,48 \text{ tm} = 5,48 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{5,48 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2}$$
$$= 6,184 \text{ Mpa}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 6,184}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 95$$
$$= 33,581 \text{ mm}$$

Tulangan pokok :

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

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 33,581 \cdot 1000}{280}$$
$$= 2548,59 \text{ mm}^2$$

Dipilih A_s , u terbesar = 2548,59 mm²

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_s, u}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{2548,59}$$

$$= 30,82 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h) = (2 \cdot 120 = 240 \text{ mm})$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

dipilih A_s , u terkecil = 25 mm²

Luas tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_s, u}$$

$$= 2617,99 \text{ mm}$$

$$A_s, \text{ tul} \geq A_{s,u} = 2617,99 \geq 2548,59 \text{ mm}^2 \text{ ok!}$$

$$\text{Tulangan bagi : } A_{sb} = 20\% \cdot A_{su} = 509,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih terbesar : } A_{sb} = 509,72 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 98,61 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih yang terkecil } s \leq (5 \cdot h) = 600 \text{ mm}$$

$$s = 200$$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = 251,33 \text{ mm}^2$$

$$A_s, \text{ tul} \geq A_{s,u} = 251,33 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm} \text{ ok!}$$

$$\text{Jadi digunakan tulangan pokok: } A_s = D10-30 = 2617,99 \text{ mm}^2$$

$$\text{tulangan bagi : } A_s = D8-200 = 251,3 \text{ mm}^2.$$

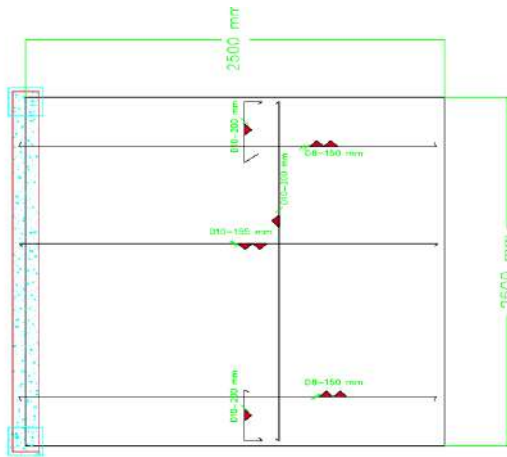
Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan tulangan pada $L_y/L_x = 2$, dapat disimpulkan bahwa pada momen lapangan y diperoleh nilai 1,7073 dan nilai momen lapangan arah x adalah 4,1335 maka nilai A_s tulangan pokok untuk momen lapangan y yaitu $714,00 \text{ mm}^2$ dan pada momen lapangan arah x $1963,50 \text{ mm}^2$. Pada A_s tulangan bagi untuk momen lapangan x dan lapangan y diperoleh hasil yang sama yaitu $251,33 \text{ mm}^2$. Dari nilai A_s tulangan yang diperoleh maka perencanaan tulangan pokok yang digunakan pada momen lapangan y adalah D10-110, serta tulangan bagi D8-200. Nilai yang diperoleh untuk momen tumpuan y yaitu -5,4814, untuk nilai A_s tulangan pokok untuk momen tumpuan y yaitu $2617,99 \text{ mm}^2$ A_s tulangan bagi momen tumpuan y diperoleh nilai $251,33 \text{ mm}^2$. Dari nilai A_s tulangan yang diperoleh maka perencanaan tulangan pokok yang digunakan yaitu D10-30 dan tulangan bagi D8-200.

Tabel 4.17 Rekapitulasi perencanaan tulangan pada pelat 1 arah terjepit satu sisi (sisi kiri)

Lx	Ly	Ly/Lx	Ket	Momen (Mu) (kn/m)	As Tul. Pokok (mm ²)	As Tul. Bagi (mm ²)	φTul. Pokok	φ Tul. Bagi
2.5	5	2.0	Mlx	4.134	1963.50	251.3	φ 10-40	φ 8-200
			Mly	1.707	714.00	251.3	φ 10-110	φ 8-200
			Mty	-5.481	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	5.35	2.1	Mlx	4.313	1963.50	251.3	φ 10-40	φ 8-200
			Mly	1.662	714.00	251.3	φ 10-110	φ 8-200
			Mty	-5.481	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	5.5	2.2	Mlx	4.448	2243.99	251.3	φ 10-35	φ 8-200
			Mly	1.617	654.50	251.3	φ 10-120	φ 8-200
			Mty	-5.481	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	5.78	2.3	Mlx	4.583	2243.99	251.3	φ 10-35	φ 8-200
			Mly	1.573	654.50	251.3	φ 10-120	φ 8-200
			Mty	-5.526	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	6.1	2.4	Mlx	4.718	2243.99	251.3	φ 10-35	φ 8-200
			Mly	1.528	654.50	251.3	φ 10-120	φ 8-200
			Mty	-5.526	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	6.3	2.5	Mlx	4.852	2243.99	251.3	φ 10-35	φ 8-200
			Mly	1.483	604.15	251.3	φ 10-130	φ 8-200
			Mty	-5.571	2617.99	251.3	φ 10-30	φ 8-200
2.5	6.55	2.6	Mlx	5.616	3141.59	251.3	φ 10-25	φ 8-200
			Mly	1.123	462.00	251.3	φ 10-170	φ 8-200
			Mty	-5.616	3141.59	251.3	φ10-25	φ 8-200

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan hasil analisis maka diperoleh pemodelan perencanaan tulangan seperti pada Gambar 4.12 yang akan digunakan pada perencanaan pelat satu arah.



Gambar 4.12 Pemodelan Tulangan Pelat Satu Arah