



## PERBANDINGAN ANALISIS STRUKTUR PELAT LANTAI BETON KONVENSIONAL DAN PELAT LANTAI HASILPERHITUNGAN SOFTWARE SAP 2000 (MENARA USM)

Ngudi Hari Crista<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil Universitas Semarang  
Email: [ngudi\\_haricrista@usm.ac.id](mailto:ngudi_haricrista@usm.ac.id)

**Abstract.** The floor slab is designed to behave as a diaphragm during an earthquake (Ultimate limit states). Floor slabs are designed in such a way that deflection and vibration are within serviceability limit states. The criteria for the maximum plate deflection are used according to SNI 2847-2019.

The analysis carried out is to compare the work of conventional concrete floor slabs and floor slabs as a result of the output analysis from the SAP 2000 software. The goal to be achieved in this study is to analyze the structure of conventional concrete slabs with the results of computer software to obtain the difference in plate reinforcement spacing so that it will be obtained optimal distance. From the conclusions of the research that has been carried out, it is obtained that conventional concrete floor slabs are narrower than the results of the spacing of the reinforcement from the software results, for the SAP output the spacing is more tenuous. Based on these results, for the selection of reinforcement spacing, it is recommended to use the smallest spacing, obtained by Manual analysis is at moment 11 of  $M_u = 11.109$  kNm with a diameter used for  $\varnothing$  10-100 mm reinforcement, while analysis with SAP 2000 software is obtained at moment 11 for  $M_{11} = 9.876$  kN.m with a diameter used for plain reinforcement  $\varnothing$ 10-150 .Based on the plate moment obtained by Manual analysis is at moment 22 of  $M_u = 7.454$  kNm with a diameter used for reinforcement  $\varnothing$  10-150 mm, while analysis with SAP 2000 software is obtained at moment 22 of  $M_u = 6.507$  kN.m with a diameter used plain reinforcement  $\varnothing$ 10-200.

**Keywords:** *SAP2000, slab*

### 1.PENDAHULUAN

Pelat adalah bidang tipis yang menahan beban transversal dengan aksi lentur ke masing-masing tumpuan/balok. Bentuk plat berupa panel segiempat dan panel tidak beraturan. Perhitungan plat di kembangkan dari metode numerik untuk menghitung berbagai macam bentuk plat.

Jenis / Tipe-Tipe Pelat :

1.Pelat slab

Pelat dengan penebalan pada kepala kolom caitaal. Pelat tanpa balok. menumpu beban yang ringan dan bentang yang pendek. Pelat digunakan Apartement, hotel dengan tebal 12-25 cm, bentang 4,5 – 7 m.

2.Flat Plate

Pelat dengan ketebalan sama tanpa drop panel dan tanpa cavital. Pelat bisa digunakan sebagai plafond langsung untuk keperluan estetika. Tebal pelat 12-25 cm dengan bentang 4,5 – 7m.

3.Pelat lantai grid 2 arah

Pelat dengan balok grid/bersilang rapat pada dua arah dengan plat tipis, mengurangi berat sendiri pelat. Bentang 9 – 12 m.

4. Pelat sistem lajur

Pelat yang mengutamakan ketinggian lantai. Dengan sistem balok lajur (band beam) dengan balok lurus menyambung pada kolom dan balok dibuat lebih lebar ke arah lebarnya. ( $b > h$ )

5. Pelat sistem pelat dan balok

Pelat yang ditumpu pada balok (monolit) dengan bentang balok 3 – 6 m. Tebal pelat dihitung sesuai fungsi pelat, sesuai keamanannya. Pelat ini banyak dipakai karena bagian bawah pelat bisa di plafond atau tidak di plafond. Beban lantai besar bisa digunakan untuk pelat beraturan dan tak beraturan untuk fungsi estetika.

Beban-beban pada struktur gedung dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban udara, dan beban khusus lainnya, seperti beban getaran mesin, beban kejut listrik, dan lain-lain.

Beban-beban yang direncanakan akan bekerja dalam struktur gedung tergantung dari fungsi ruangan, lokasi, bentuk, kekakuan, massa, dan ketinggian gedung itu sendiri.

Jenis beban yang akan dipakai pada pembahasan kali ini adalah beban mati (DL), dan beban hidup (LL),

1 BEBAN MATI (DL)

Beban mati adalah beban yang berasal dari material yang digunakan pada struktur dan beban tambahan yang bekerja pada struktur. Pada perhitungan struktur menggunakan bantuan software SAP 2000 yang mana berat mati dari material dihitung secara otomatis berdasarkan input data material dan dimensi material yang digunakan.

2 BEBAN HIDUP (LL)

Di dalam peraturan pembebanan telah ditetapkan bahwa fungsi suatu ruangan di dalam gedung akan membuat beban yang berbeda, misalnya beban untuk perkantoran yang berbeda dengan beban untuk gudang dan lainnya.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Pada kajian pustaka penelitian ini didasarkan atas penelitian yang dilakukan oleh penelitian yang sebelumnya

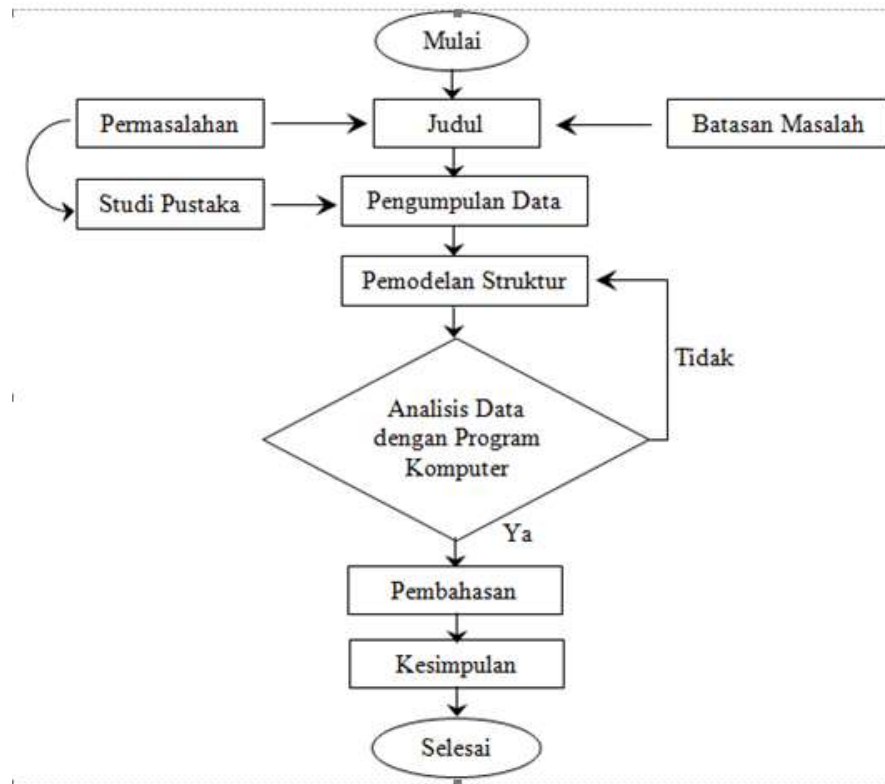
Alfian Wiranata Zebua (2018) Desain pelat lantai dan pelat atap beton bertulang di wilayah gempatinggi. Model struktur yang dianalisis adalah gedung lantai 4 di Kota Gunungsitoli. Pelat direncanakan sebagai pelat satu arah. Didapatkan hasil diperoleh tebal plat lantai atap 10 cm dengan tulangan pokok  $\varnothing 10-200$  dan tulangan susut  $\varnothing 8-200$ . Tebal pelat lantai 12 cm dengan tulangan pokok  $\varnothing 10-200$  dan tulangan susut  $\varnothing 8-150$ .

Asroni (2010) menyatakan, pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dan dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga

pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur perilaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

### 3.METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analitis dengan Software SAP2000 dibandingkan dengan perhitungan konvensional. Tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut ini :



Gambar 1. Metode Penelitian

Penelitian mengenai plat pada Menara USM dilakukan dengan dua cara, yaitu penelitian secara analisis dan eksperimental. Penelitian analisis dengan menggunakan program computer akan menghasilkan suatu harga pendekatan dari respons struktur tetapi cukup efektif dalam hal waktu, biaya dan peralatan. Sedangkan penelitian secara eksperimental akan menghasilkan respons actual struktur namun memerlukan waktu dan biaya yang banyak serta membutuhkan peralatan laboratorium khusus. Sedangkan Pelat lantai konvensional di tempat, menggunakan bekisting dan perancah. Pelat lantai ini pada umumnya di cor ditempat, bersamaan dengan balok penampang.

Rumus-rumus yang dipakai dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

Menentukan beban:

$$W_u = 1,2 \text{ WDL} + 1,6 \text{ WLL (beban rencana)}$$

Untuk perencanaan pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimum  $h$  harus memenuhi (\*) pasal 9.5.3.3

- a. Untuk  $\alpha_{fx}$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan table 9.5 © pasal 9.5.3.2
- b. Untuk  $\alpha_{fx}$  lebih besar dari 0,2 tetapi tidak lebih kecil dari 2,0,  $h$  tidak boleh kurang dari

$$h = \ln(0,8 + f_x/1400) / (36 + 5\beta (\alpha_{fx} - 0,2)) \text{ dan tidak boleh kurang dari } 125 \text{ mm}$$

- c. Untuk  $\alpha_{fx}$  lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum  $h$  tidak boleh kurang dari

$$h = \ln(0,8 + f_x/1500) / (36 + 9\beta) \text{ Dan tidak boleh kurang dari } 90 \text{ mm}$$

Keterangan :

$l_n$  = Panjang bentang bersih yang diukur muka kemuka tumpuan (mm)  
= 4000-200  
= 3800 mm

$f_x$  = kekuatan lebih tulangan yang disyaratkan (Mpa)  
= 4000 MPa

$\beta$  = rasio dimensi Panjang terhadap pendek, bentang bersih untuk pelat dua arah  
= 4/4  
= 1

$\alpha_{fx}$  = Nilai rata-rata dari rasio kekuatan lentur penampang balok terhadap kekuatan lentur lebar pelat

Perencanaan pelat menggunakan metode perencanaan langsung sesuai (\*) pasal 13.6

Syarat penggunaan metode perencanaan langsung :

- a. Minimum harus ada tiga bentang menerus pada masing-masing arah. Ada 3 bentang dengan Panjang masing-masing 4m pada arah X dan arah Y
- b. Panel harus berbentuk persegi, dengan rasio antara bentang yang lebih Panjang terhadap yang lebih pendek pusat ke pusat tumpuan dalam panel tidak lebih besar dari 2

$$L_x/L_y = 4/4 = 1 < 2$$

- c. Beban yang diperhitungkan hanyalah beban gravitasi dan terbagi merata pada seluruh pelat. Beban hidup tidak boleh lebih dari 2 kali beban mati.

Pada metode simulasi computer pada SAP 2000 dimodelkan berupa Shell atau kotak bujur sangkar dengan metode elemen hingga dan merupakan kumpulan elemen elemen solid 3 dimensi yang satu dengan yang lain saling berkoneksi

Untuk membuat pelat beton dan penginputan dilakukan dengan memilih menu Define, Section Properties, dan Area Section. Pada pilihan Select Section Type to Add pilih Shell-Thin. Tipe Shell merupakan gabungan sifat dari Plate dan Membrane. Plate adalah struktur area yang menerima gaya tegak lurus bidang, sedangkan Membrane adalah struktur area yang menerima gaya sejajar bidang (gaya normal).

#### 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

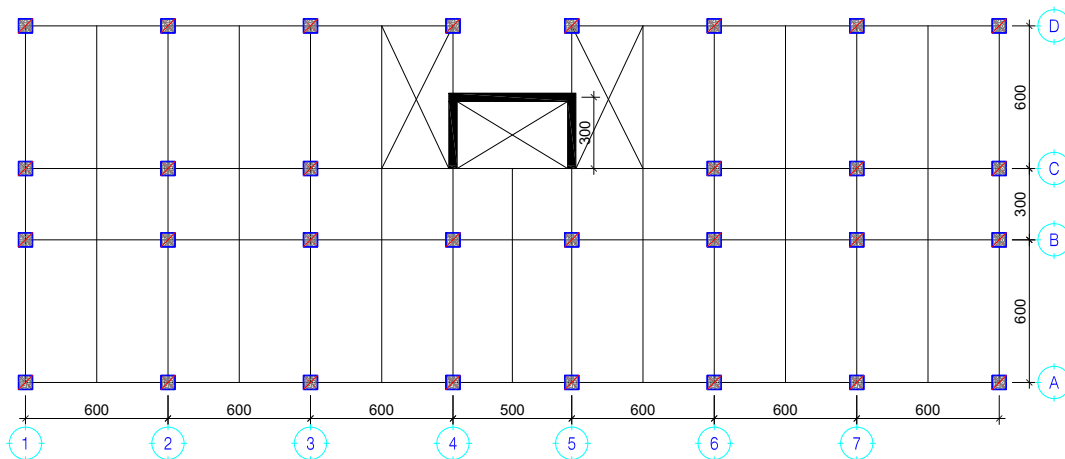
##### Baja Tulangan

Diameter  $\leq 12$  mm menggunakan baja tulangan polos BJTP 24 dengan tegangan leleh,  $F_y = 240$  Mpa,  $F_u = 390$  MPa.

Diameter  $> 12$  mm menggunakan baja tulangan polos BJTD 40 dengan tegangan leleh,  $F_y = 400$  Mpa,  $F_u = 570$  MPa.

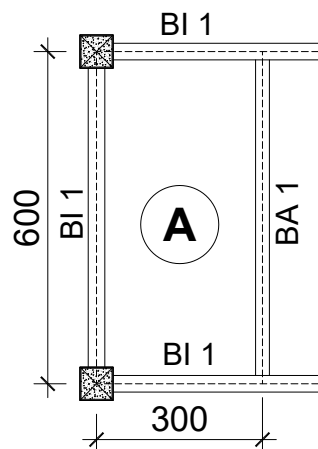
##### Denah Struktur Model

Berikut ini adalah gambar denah tipikal kantor 9 lantai dari struktur yang akan digunakan ;



Gambar 2. Denah Rencana (*units* : cm)

Menentukan ketebalan plat lantai dengan menghitung kekakuan lentur balok terhadap plat lantai, adapun caranya sebagai berikut:



Gambar 3 Denah Plat Tipe A

Tipe plat dengan dimensi 665 cm x 425 cm (Tipe Plat A)

Bentang memanjang ( $l_y$ ) = 600 cm

Bentang memendek ( $l_x$ ) = 300 cm

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{600}{300} = 2 \rightarrow \text{maka plat dua arah}$$

Direncanakan menggunakan ketebalan plat 12 cm

a. Sisi balok induk (B1-1)

$h = 600$  mm,  $b = 300$  mm,  $L = 3000$  mm

$$\alpha_m = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p} = \frac{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 300 \times 600^3}{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 3000 \times 120^3} = 2,5$$

b. Sisi balok induk (B1-1')

$h = 600$  mm,  $b = 300$  mm,  $L = 3000$  mm

$$\alpha_{B1} = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p} = \frac{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 300 \times 600^3}{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 3000 \times 120^3} = 2,5$$

c. Sisi balok induk (B1-1'')

$h = 600$  mm,  $b = 300$  mm,  $L = 6000$  mm

$$\alpha_{B2} = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p} = \frac{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 300 \times 600^3}{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 6000 \times 120^3} = 1,25$$

d. Sisi balok anak (BA-1)

$h = 450$  mm,  $b = 250$  mm,  $L = 6000$  mm

$$\alpha_{B3} = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p} = \frac{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 250 \times 450^3}{4700 \times \sqrt{24,9} \times \frac{1}{12} \times 6000 \times 120^3} = 0,589$$

Rasio kekuatan rata – rata

$$A_{B4} = \frac{\alpha_{B1} + \alpha_{B2} + \alpha_{B3} + \alpha_{B4}}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{2,5 + 2,5 + 1,25 + 0,589}{4} = 1,709$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3, tebal plat lantai minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya tidak boleh kurang dari  $h_{min}$ , dimana tebal minimum plat lantai dengan  $\alpha_m < 2$  dihitung sebagai berikut :

$$h_{min} = \frac{\lambda_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

$$h_{min} = \frac{6000 \times \left( 0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + (5 \times 2) \times (1,709 - 0,2)} = 119,6 \text{ mm}$$

**Dipakai tebal plat lantai = 120 mm**

Pelat lantai dirancang untuk berperilaku sebagai diafragma ketika terjadi gempa (*Ultimate limit states*). Pelat lantai dirancang sedemikian rupa sehingga lendutan dan getaran masih dalam batas layan (*serviceability limit states*). Kriteria batas maksimum lendutan pelat digunakan sesuai SNI 2847-2019 Tabel 24.2.2

a. Data Perencanaan

Mutu beton ( $f'c$ )	= 25 MPa
Mutu baja tulangan ( $f_y$ )	= 390 MPa
Modulus Elastisitas baja ( $E_c$ )	= 200000 MPa
$\beta_1$	= 0,85

Tabel 1 Tipe dan dimensi Pelat

Tipe Pelat	$L_y$ (m)	$L_x$ (m)	$L_y/L_x$	Keterangan
A	6	4	1,5	DUA ARAH
B	4	1,125	3,555556	SATU ARAH
C	4	4	1	DUA ARAH
A1	6	4	1,5	DUA ARAH

1) Beban Plat Lantai

**Beban mati ( $W_L$ ) :**

- Berat sendiri =  $0,125 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 3 \text{ kN/m}^2$
- Berat spesi lantai =  $0,21 \text{ kN/m}^2$
- Penutup lantai =  $0,24 \text{ kN/m}^2$
- Berat plafond dan penggantung =  $0,18 \text{ kN/m}^2$
- Instalasi listrik =  $0,4 \text{ kN/m}^2$
- Instalasi pemipaan =  $0,25 \text{ kN/m}^2$

Total =  $4,28 \text{ kN/m}^2$

**Beban hidup ( $W_L$ ) =  $2,40 \text{ kN/m}^2$**

**Beban Terfaktor ( $W_u$ )**

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

$$= (1,2 \times 4,28) + (1,6 \times 2,4) = \mathbf{9,136 \text{ kN/m}}$$

2) Pelat Lantai Tipe A1

$L_y = 6 \text{ m}$   
 $L_x = 4 \text{ m}$   
 $L_n = 5,6 \text{ m}$   
 $\frac{L_y}{L_x} = 1,5$

ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h_{min} = \frac{\text{Ln} \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + (9 \times \beta_1)}$$

$$h_{min} = \frac{5600 \left( 0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + (9 \times 0,85)}$$

$h_{min} = 123,162 \text{ mm}$  ; ketebalan pelat maksimum

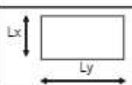


$$h_{maks} = \frac{\text{Ln} \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36}$$

$$h_{maks} = \frac{5600 \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36}$$

$h_{maks} = 11,5 \text{ mm}$   
Maka digunakan ketebalan ( $h$ ) sebesar 120 mm

3) Analisa Momen Pelat

Tabel 2 Momen plat

Kondisi Pelat		Nilai Momen Pelat	Perbandingan $L_y/L_x$																	
			1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	>2.5	
	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{tx} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125		
	$M_{ty} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25		
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63		
	$M_{tx} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63		
	$M_{ty} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	13		
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	13		
	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94		
	$M_{tx} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94		
	$M_{ty} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	19		
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	19		

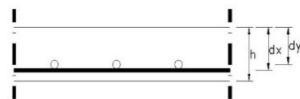
$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot C = 0,001 \times 9,136 \times (4^2) \times 76 = 11,109 \text{ kN/m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot C = 0,001 \times 9,136 \times (4^2) \times 51 = 7,454 \text{ kN/m}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot C = 0,001 \times 9,136 \times (4^2) \times 76 = -11,109 \text{ kN/m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot C = 0,001 \times 9,136 \times (4^2) \times 51 = -7,454 \text{ kN/m}$$

4) Perencanaan Penulangan Pelat  
Menghitung tinggi efektif plat lantai



$$dx = h - ts - 0,5 \times \emptyset$$

$$= 125 - 20 - 0,5 \times 10 = 100 \text{ mm}$$

$$dy = h - ts - \emptyset - 0,5 \times \emptyset$$

$$= 120 - 20 - 12 - 0,5 \times 10 = 90 \text{ mm}$$

Menentukan besarnya nilai  $\beta_1$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,005 \left( \frac{f_c - 28}{7} \right)$$

$$= 0,85 - 0,005 \frac{25 - 28}{7} = 0,85$$



Menentukan besarnya rasio penulangan minimum, seimbang dan maksimum

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{290} = 0,00483 \\ \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta \times f'_c}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 0,848 \times 25}{400} \times \left[ \frac{600}{600+4} \right] = 0,0421 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0421 = 0,0315\end{aligned}$$

### **Penulangan lapangan arah X**

$$\begin{aligned}M_u &= 11,109 \text{ kN/m} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{11,109 \times 1}{0,9} = 12,343 \text{ kN/m} \\ R_n &= \left( \frac{M_n}{b \times d^2} \right) = \frac{12,343}{1 \times 0,1} = 1,234 \text{ kN/m}^2 \\ m &= \left( \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \right) = \frac{400}{0,85 \times 25} = 13,647 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,647} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,647) \cdot (1,234)}{400}} \right] \\ &= 0,00439 \\ A_{st} &= \rho_{\min} \times b \times dx \\ &= 0,00483 \times 1000 \times 100 = 483 \text{ mm}^2 \\ \text{Digunakan tulangan } \emptyset 10 &= 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 \\ \text{Jarak tulangan dalam 1 m} &= \frac{78,5 \times 1000}{483} = 162,31 \text{ mm} \\ \text{Jarak maksimum} &= 3 \times h = 3 \times 125 = 375 \text{ mm} \\ \text{Dipakai tulangan } \emptyset 10 - 100 \text{ mm} & (A_s = 785 \text{ mm}^2).\end{aligned}$$

### **Penulangan lapangan arah Y**

$$\begin{aligned}M_u &= 7,454 \text{ kN/m} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{7,454 \times 1}{0,9} = 8,283 \text{ kN/m} \\ R_n &= \left( \frac{M_n}{b \times d^2} \right) = \frac{8,283}{1 \times 0,1} = 0,828 \text{ kN/m}^2 \\ m &= \left( \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \right) = \frac{400}{0,85 \times 25} = 13,647 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,647} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,647) \cdot (0,828)}{400}} \right] \\ &= 0,00291 \\ A_{st} &= \rho_{\min} \times b \times dy\end{aligned}$$

$$= 0,00483 \times 1000 \times 90 = 434,48 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan  $\emptyset 10 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$   
 Jarak tulangan dalam 1 m' =  $\frac{78,5 \times 1000}{483} = 162,31 \text{ mm}$   
 Jarak maksimum =  $3 \times h = 3 \times 125 = 375 \text{ mm}$   
 Dipakai tulangan  **$\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$**  ( $A_s = 523,33 \text{ mm}^2$ ).

**Penulangan tumpuan arah X**

$$\begin{aligned} \mu &= -11,109 \text{ kN/m} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{-11,109 \times 1}{0,9} = -12,343 \text{ kN/m} \\ R_n &= \left( \frac{M_n}{b \times d^2} \right) = \frac{12,343}{1 \times 0,1} = -1,234 \text{ kN/m}^2 \\ m &= \left( \frac{f_y}{0,85 \times f_c} \right) = \frac{400}{0,85 \times 25} = 13,647 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,647} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,647) \cdot (-1,234)}{400}} \right] \\ &= -0,0041 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \rho_{min} \times b \times dx \\ &= 0,00483 \times 1000 \times 90 = 483 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan  $\emptyset 10 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$   
 Jarak tulangan dalam 1 m' =  $\frac{78,5 \times 1000}{483} = 162,31 \text{ mm}$   
 Jarak maksimum =  $3 \times h = 3 \times 125 = 375 \text{ mm}$   
 Dipakai tulangan  **$\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$**  ( $A_s = 785 \text{ mm}^2$ ).

**Penulangan tumpuan arah Y**

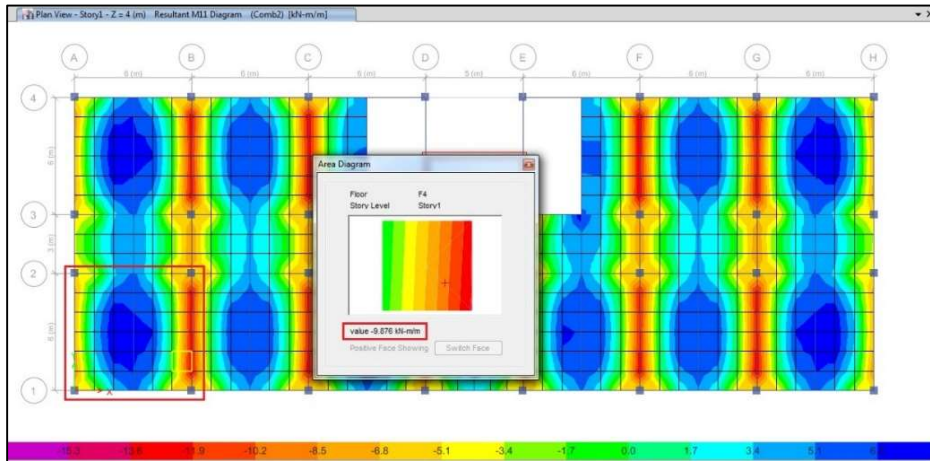
$$\begin{aligned} \mu &= -7,454 \text{ kN/m} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{-7,454 \times 1}{0,9} = -8,283 \text{ kN/m} \\ R_n &= \left( \frac{M_n}{b \times d^2} \right) = \frac{-8,283}{1 \times 0,1} = -0,828 \text{ kN/m}^2 \\ m &= \left( \frac{f_y}{0,85 \times f_c} \right) = \frac{400}{0,85 \times 25} = 13,647 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,647} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,647) \cdot (0,828)}{400}} \right] \\ &= -0,0028 \\ A_{st} &= \rho_{min} \times b \times dy \\ &= 0,00483 \times 1000 \times 90 = 434,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan  $\emptyset 10 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$   
 Jarak tulangan dalam 1 m' =  $\frac{78,5 \times 1000}{434,48} = 180,446 \text{ mm}$

Jarak maksimum =  $3 \times h = 3 \times 125 = 375 \text{ mm}$   
 Dipakai tulangan  $\text{Ø}10 - 150 \text{ mm}$  ( $A_s = 523,33 \text{ mm}^2$ )

Tabel 3 Rekap hasil penulangan

Tipe Pelat	Wu	Ly	Lx	Ly/Lx	Koefisien	Momen (kN/m)	Mn	Mn/bd <sup>2</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	m	$\rho$	$\rho$ digunakan	Ast diperlukan	As (mm <sup>2</sup> )	$\delta_i$	Kontrol (L/480)	Lebar Retak ( $\omega$ )	Kontrol	
A	9,136	6	4	1,5	76 Mlx	11,109	12,344	1,23438	13,647	0,00439	0,00483	482,76	785	1,13	1,25	OKE	0,19	OKE
					51 Mly	7,455	8,2833	0,82833	13,647	0,00291	0,00483	434,48	523				0,16	OKE
					-76 Mtx	-11,11	-12,34	-1,2344	13,647	-0,0041	0,00483	482,76	785				0,19	OKE
					-51 Mty	-7,455	-8,283	-0,8283	13,647	-0,0028	0,00483	434,48	523				0,16	OKE
					63 Mlx	0,7285	0,8094	0,08094	13,647	0,00028	0,00483	482,76	785				0,19	OKE
B	9,136	4	1,1	3,6	13 Mly	0,1503	0,167	0,0167	13,647	5,8E-05	0,00483	434,48	523	0,22	0,83	OKE	0,16	OKE
					-63 Mtx	-0,728	-0,809	-0,0809	13,647	-0,0003	0,00483	482,76	785				0,19	OKE
					-38 Mty	-0,439	-0,488	-0,0488	13,647	-0,0002	0,00483	434,48	523				0,16	OKE
					36 Mlx	5,2623	5,847	0,5847	13,647	0,00204	0,00483	482,76	785				0,19	OKE
					36 Mly	5,2623	5,847	0,5847	13,647	0,00204	0,00483	434,48	523				0,16	OKE
C	9,136	4	4	1,0	36 Mtx	5,2623	5,847	0,5847	13,647	0,00204	0,00483	482,76	785	0,22	0,83	OKE	0,19	OKE
					36 Mly	5,2623	5,847	0,5847	13,647	0,00204	0,00483	434,48	523				0,16	OKE
					36 Mtx	5,2623	5,847	0,5847	13,647	0,00204	0,00483	482,76	785				0,19	OKE
					36 Mty	5,2623	5,847	0,5847	13,647	0,00204	0,00483	434,48	523				0,16	OKE
					54 Mlx	7,8935	8,7706	0,87706	13,647	0,00309	0,00483	482,76	785				0,19	OKE
A1	9,136	6	4	1,5	19 Mly	2,7773	3,0859	0,30859	13,647	0,00107	0,00483	434,48	523	1,13	1,25	OKE	0,16	OKE
					-54 Mtx	-7,894	-8,771	-0,8771	13,647	-0,003	0,00483	482,76	785				0,19	OKE
					-56 Mty	-8,186	-9,095	-0,9095	13,647	-0,0031	0,00483	434,48	523				0,16	OKE



Gambar 4 Kontur Tegangan M11

Dari gambar 2 didapatkan nilai momen arah M11 = 9,876 kN.m

Digunakan tulangan polos  $\text{Ø}10-150$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b/s \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 1000/150 \\ &= 523,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ &= \frac{523,59 \times 240}{0,85 \times 24,9 \times 1000} = 5,94 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif plat } dx &= h - t - \frac{1}{2} \text{ diameter} \\ &= 130 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen nominal,

$$M_n = A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 523,59 \times 240 \times \left( 105 - \frac{5,94}{2} \right) \times 10^{-6}$$

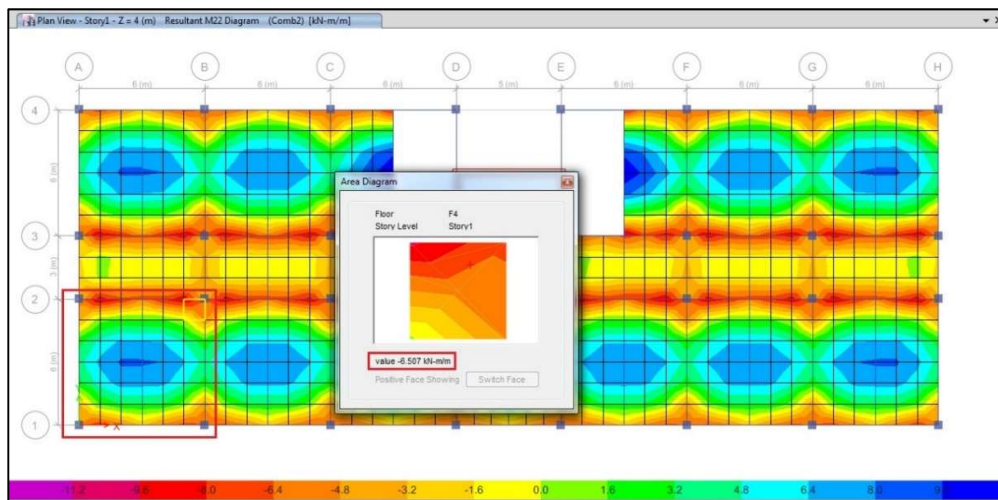
$$= 12,82 \text{ kN.m}$$

Syarat :

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 12,82 \geq 9,876$$

$$11,54 \text{ kN.m} > 9,876 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK. Plat mampu menahan beban}$$



Gambar 5 Kontur Tegangan M22

Dari gambar 10.59 didapatkan nilai momen arah M22 = 6,507 kN.m

Digunakan tulangan polos Ø10-200

Luas tulangan terpakai,  $A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b/s$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 1000/200$$

$$= 392,69 \text{ mm}^2$$

Tinggi balok regangan,  $a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$

$$= \frac{392,69 \times 240}{0,85 \times 24,9 \times 1000} = 4,45 \text{ mm}$$

Tinggi efektif plat  $d_x = h - t - \text{Ø tulangan} - \frac{1}{2} \text{ diameter}$

$$= 130 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm}$$

Momen nominal,

$$M_n = A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 392,69 \times 240 \times \left( 95 - \frac{4,45}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 8,74 \text{ kN.m}$$

Syarat :

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$0,9 \times 8,74 \geq 6,507$$

$$7,87 \text{ kN.m} > 6,507 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK. Plat mampu menahan beban}$$

## 5. SIMPULAN

Dari hasil analisis penelitian perbandingan perhitungan plat lantai didapat :

Momen plat yang didapat dengan analisis Manual pada momen 11 sebesar  $Mu=11,109 \text{ kNm}$  dengan diameter yang digunakan tulangan  $\emptyset 10-100 \text{ mm}$ , sedangkan analisis dengan software SAP 2000 didapat pada momen 11 sebesar  $M11 = 9,876 \text{ kN.m}$  dengan diameter yang terpakai tulangan polos  $\emptyset 10-150$ .

Momen plat yang didapat dengan analisis Manual adalah pada momen 22 sebesar  $Mu=7,454 \text{ kNm}$  dengan diameter yang digunakan tulangan  $\emptyset 10-150 \text{ mm}$ , sedangkan analisis dengan software SAP 2000 didapat pada momen 22 sebesar  $Mu = 6,507 \text{ kN.m}$  dengan diameter yang terpakai tulangan polos  $\emptyset 10-200$ . Dari dua analisis tersebut maka akan digunakan nilai dengan jarak yang terkecil yaitu analisis manual. Adanya perbedaan selisih  $50 \text{ mm}$  dapat disebabkan karena adanya ketelitian analisis yang berbeda antara software komputer dengan analisis manual, oleh karena itu penelitian bisa dikaji untuk penelitian lanjutan berupa nilai akurasi software dengan perhitungan manual.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfian Wiranata Zebua, 2018, Desain Pelat Gedung Struktur Beton Bertulang di Wilayah Gaya Tinggi, 2020
- [2] Asroni, A., 2010. Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang), Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3] Asroni, A., 2009. Struktur Beton Lanjut, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [4] Basuki, Nurul H., 2008. Rekayasa Tulangan Sengkang Vertikal Pada Balok Beton Bertulang, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum, 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, Bandung.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum, 1982. Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI – 1982), Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- [7] Dipohusodo, I., 1994. Struktur Beton Bertulang, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Kenneth, M. L., 1997. Reinforced Concrete Design, Mc.Graw Hill, Singapore.
- [8] Kusuma, G. H., 1997. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta.
- [9] Neville, A. M., 1987. Concrete Technology, Longman Group UK Limited, England. Sari, P., 2010.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, 2013. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013). Jakarta : Standar Nasional Indonesia
- [11] Badan Standarisasi Nasional, 2013. Persyaratan beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013). Jakarta : Standar Nasional Indonesia
- [12] Badan Standarisasi Nasional, 2014. Baja tulangan beton (SNI 2052:2014). Jakarta : Standar Nasional Indonesia



- [13] Badan Standarisasi Nasional, 2015. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Strktural (SNI 1729:2015). Jakarta : Standar Nasional Indonesia
- [14] Departemen Pekerjaan Umum, 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit PU
- [15] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1971. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971). Bandung : Departemen Pekerjaan Umum
- [16] Fadli Hamzah, 2015, Aplikasi ETABS Pada Perancangan Gedung 15 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda sebagai Penahan Beban Gempa Sesuai SNI 1726:2012, Jakarat,-
- [17] Tri cahyo A., Hanggoro, 2006. Hand Out Rekayasa Pondasi 2. Semarang : Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang
- [18] Purnomo Rachmat, dkk, 2013, Desain Kapasitas Struktur Daktail Tahan Gempa Kuat, Surabaya : ITS Press