

## STUDI PARAMETRIK BETON BERTULANG DUA ARAH

Dominikus K. I. Atok<sup>1</sup> ([dominic\\_atok@yahoo.com](mailto:dominic_atok@yahoo.com))

Ruslan Ramang<sup>2</sup> ([Ruslan.ramang@gmail.com](mailto:Ruslan.ramang@gmail.com))

Partogi H. Simatupang<sup>3</sup> ([simatupangpartogi@yahoo.com](mailto:simatupangpartogi@yahoo.com))

### ABSTRAK

Struktur pelat memiliki peranan yang begitu penting menjadi alasan dilakukannya penelitian ini, Penelitian ini bertujuan mengetahui ukuran maksimum yang dapat dicapai pelat beton bertulang dua arah dan peruntukan pelat berukuran maksimum jika dikaitkan dengan fungsi bangunan. Penelitian menggunakan bantuan program komputer *SAFEv.12* untuk menganalisa seluruh data penelitian yakni variasi geometri pelat, variasi ketebalan dan mutu beton pelat, beban mati serta beban hidup guna memperoleh *output* berupa lendutan. Ukuran maksimum yang dapat dicapai pelat beton bertulang dua arah dengan rasio panjang bentang sama dengan satu ( $l_y/l_x=1$ ) ialah pelat 8,0 m x 8,0 m setebal 25 cm dengan mutu beton K-300 ( $f_c'=24,900$  MPa). Beban hidup terbesar yang dapat diterima oleh pelat maksimum 8,0 m x 8,0 m ialah 3,83 kN/m<sup>2</sup>, untuk beban hidup yang lebih besar intensitasnya dipastikan lendutan pada permukaan pelat maksimum 8,0 m x 8,0 m akan melebihi lendutan aman. Sedangkan ukuran maksimum yang dapat dicapai pelat beton bertulang dua arah dengan rasio panjang bentang sama dengan dua ( $l_y/l_x=2$ ) ialah pelat 4,0 m x 8,0 m setebal 25 cm dengan mutu beton K-300 ( $f_c'=24,900$  MPa). Beban hidup terbesar yang dapat diterima oleh pelat maksimum 4,0 m x 8,0 m ialah 11,97 kN/m<sup>2</sup>.

**Kata Kunci :** *pelat dua arah, lendutan.*

### ABSTRACT

*The plate or slab structure has such an important role, that's the reason for do this study, researchers want to know the maximum size a two-way bone-reinforced concrete plate can achieve, and to know are the maximum plate or slab can be used for all building function according to SNI-1727-2013. The study used SAFEv.12 computer program to analyze all the research data like variation of plate geometry, variation of thickness and quality of concrete plate, dead load and live load to obtain output of deflection. The maximum size that a two-way bone-reinforced concrete plates can achieve with the ratio of the length of the span is equal to one ( $l_y / l_x = 1$ ) is 8.0 mx 8.0 m thickness 25 cm with the quality of K-300 ( $f_c ' = 24,900$  MPa) . The largest acceptable live load by the maximum 8.0 m x 8.0 m plates is 3.83 kN / m<sup>2</sup>, for larger live loads the intensity is ensured that the deflection at the maximum plate surface of 8.0 m x 8.0 m will exceed the safe deflection . While the maximum size that a two-way bone-reinforced concrete plates can achieve with a ratio of length of span is equal to two ( $l_y / l_x = 2$ ) is a 4.0 m x 8.0 m thickness of 25 cm with a K-300 ( $f_c ' = 24,900$  MPa ) . The largest acceptable live load by the maximum plate of 4.0 m x 8.0 m is 11.97 kN / m.<sup>2</sup>*

**Keyword:** *two-way slab, deflection.*

### PENDAHULUAN

Dari segi transfer beban dan geometri struktur pelat dengan balok dibagi kedalam dua kategori yakni struktur pelat satu arah dan dua arah. Definisi pelat satu arah ialah pelat yang hanya menumpu pada balok di kedua sisi serta memiliki rasio bentang panjang dan bentang pendek lebih besar dari dua ( $L_y/L_x > 2$ ), sedangkan pelat dua arah ialah pelat yang menumpu pada balok

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, FST Undana – Kupang;

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Sipil, FST Undana – Kupang;

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Sipil, FST Undana – Kupang.

di keempat sisi serta memiliki rasio bentang panjang dan bentang pendek lebih besar sama dengan satu dan lebih kecil sama dengan dua ( $1 \leq L_y/L_x \leq 2$ ).

Saat struktur pelat digunakan sebagai lantai sebuah gedung, struktur pelat dituntut/diwajibkan memberi rasa aman dan nyaman bagi para penggunanya. Salah satu indikasi yang menjadi penentu aman atau tidaknya pelat ialah lendutan, lendutan yang besar akan menimbulkan rasa kurang aman dan nyaman bagi para pengguna gedung. Besar atau kecilnya lendutan yang terjadi pada struktur pelat lantai dipengaruhi oleh kekakuan pelat. Kekakuan struktur pelat ditentukan oleh dua variabel, di antaranya inersia pelat dan elastisitas pelat. Besar atau kecilnya inersia ditentukan oleh ketebalan struktur pelat, sedangkan elastisitas ditentukan oleh mutu beton pembentuk struktur pelat.

Fungsi struktur pelat yang begitu penting menjadi dasar untuk melakukan penelitian ini, dengan menggunakan lendutan sebagai parameter utama dan dikombinasikan dengan beberapa peraturan seperti SNI-2847-2002 (acuan batas lendutan), SNI-1727-2013 (acuan beban hidup) dan PPIUG-1983 (acuan beban mati) peneliti ingin mengetahui tingkat kemampuan struktur pelat beton bertulang khususnya pelat dua arah. Lebih spesifik untuk mengetahui ukuran maksimum yang dapat dicapai pelat beton bertulang dua arah dan peruntukan pelat berukuran maksimum jika dikaitkan dengan fungsi bangunan.

## LANDASAN TEORI

### Kekuatan Beton

Kuat tekan beton diberi notasi dengan  $f_c'$ , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari (Asroni, 2010).

Untuk pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban  $P$  sampai runtuh. Karena ada beban tekan  $P$ , maka terjadi tegangan tekan pada beton ( $\sigma_c$ ) sebesar beban ( $P$ ) dibagi dengan luas penampang beton ( $A$ ), sehingga dirumuskan:

$$\sigma_c = P/A \quad (1)$$

dimana:

$\sigma_c$  = tegangan tekan beton, MPa.

$P$  = besar beban tekan, N.

$A$  = luas penampang beton, mm<sup>2</sup>.

Kuat tarik beton. Asroni (2010) mengatakan perilaku beton pada saat diberikan beban aksial tarik agak sedikit berbeda dengan perilakunya pada saat diberikan beban tekan. Hubungan antara tegangan dan regangan tarik beton umumnya bersifat linear sampai terjadinya retak yang biasanya langsung diikuti oleh keruntuhan beton. Kuat tarik beton ( $f_{ct}$ ) jauh lebih kecil daripada kuat tekannya, yaitu:

$$f_{ct} \approx 10\% \cdot f_c \quad (2)$$

dimana:

$f_{ct}$  = kuat tarik beton.

$f_c'$  = kuat tekan beton.

Menurut Pasal 13.4.2.2 SNI 03-2847-2002, hubungan antara kuat tarik langsung  $f_{ct}$  terhadap kuat tekan beton  $f_c'$  dinyatakan dengan rumus berikut:

$$f_{cr} = 0,33\sqrt{f_c'} \quad (3)$$

dimana:

$f_{cr}$  = kuat tarik langsung.

$f_c'$  = kuat tekan beton.

### Baja Tulangan

Terdapat dua jenis baja tulangan, yaitu baja tulangan polos (BJTP) dan baja tulangan ulir atau *deform* (BJTD). Tulangan polos biasanya digunakan untuk tulangan geser/begel/senggang, dan

mempunyai tegangan leleh ( $f_y$ ) minimal 240 MPa. Tulangan ulir/*deform* digunakan untuk tulangan longitudinal atau tulangan memanjang, dan mempunyai tegangan leleh ( $f_y$ ) minimal 300 MPa (disebut BJTD-30).

### Pelat Sistem Dua Arah

Nawy (1998) mengatakan pelat dua arah merupakan panel-panel beton bertulang yang perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendek lebih kecil dari dua

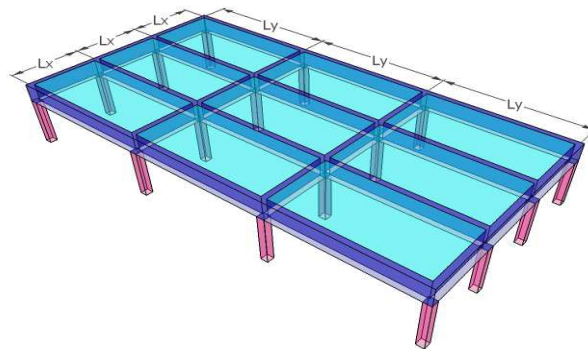
### Metode –Metode Analisis Pelat

1. Pendekatan semielastis dari ACI (*American Concrete Institute*)
2. Teori garis leleh (Yield-Line Theory)
3. Penggunaan table hitung pelat

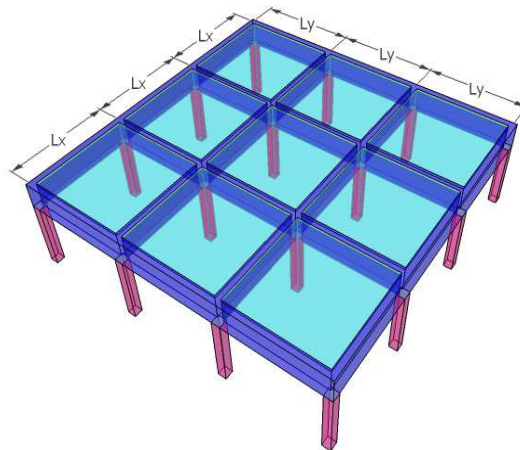
## METODE PENELITIAN

### Model Pelat Teliti

Berikut model pelat teliti yang digunakan:



Gambar 1. Model Pelat Dengan Ketentuan  $l_y/l_x = 2$



Gambar 2. Model Pelat Dengan Ketentuan  $l_y/l_x = 1$

### Dimensi Struktur dan Mutu Material Struktur

Secara keseluruhan akan dimodelkan dua belas pelat dua arah berbeda ukuran, enam pelat teliti mewakili model pelat yang memenuhi ketentuan  $l_y/l_x=1$  dan enam pelat lainnya mewakili model pelat yang memenuhi ketentuan  $l_y/l_x=2$ . Detail ukuran ke dua belas pelat di ditampilkan dalam Tabel 1.

Dalam penelitian ini akan dilakukan lima variasi ketebalan pelat yakni 10 cm, 12 cm, 15 cm, 20 cm dan 25 cm. Digunakan tiga mutu beton yakni K-175 ( $f_c'=14,525$  MPa), K-250 ( $f_c'=20,750$

MPa) dan K-300 ( $f_c' = 24,900$  MPa). Mutu baja yang digunakan yaitu 400 MPa. Mutu baja ini konstan untuk setiap pemodelan struktur pelat dalam penelitian.

Tabel 1 Variasi Ukuran Pelat-Pelat Teliti

No	Ukuran Pelat Teliti		Tipe Pelat
	Lebar Pelat	Panjang Pelat	
	m	m	
1	1,5	3,0	$l_y/l_x = 2$
2	3,0	3,0	$l_y/l_x = 1$
3	2,0	4,0	$l_y/l_x = 2$
4	4,0	4,0	$l_y/l_x = 1$
5	2,5	5,0	$l_y/l_x = 2$
6	5,0	5,0	$l_y/l_x = 1$
7	3,0	6,0	$l_y/l_x = 2$
8	6,0	6,0	$l_y/l_x = 1$
9	3,5	7,0	$l_y/l_x = 2$
10	7,0	7,0	$l_y/l_x = 1$
11	4,0	8,0	$l_y/l_x = 2$
12	8,0	8,0	$l_y/l_x = 1$

### Pembebanan Struktur

#### Beban Mati

Beban mati dikelompokkan menjadi dua yaitu beban mati akibat berat sendiri struktur dan beban mati *additional* (akibat aksesoris gedung). Beban mati akibat berat sendiri struktur dihitung secara otomatis oleh program struktur SAFEv.12.

1. Beban Mati (Beban *additional*)
  - a. Spesi  $= 21 \text{ kg/m}^2$
  - b. Keramik  $= 24 \text{ kg/m}^2$
  - c. Rangka penggantung + plafon  $= 18 \text{ kg/m}^2$
  - d. Kabel-kabel listrik dan saluran penyejuk  $= 40 \text{ kg/m}^2$  +

**Total Beban Mati Desain  $= 103 \text{ kg/m}^2$**

#### Beban Hidup

Penggunaan beban hidup mengacu kepada SNI-1727-2013 yang ditampilkan dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum (Badan Standarisasi Nasional, 2013)

Hunian atau Penggunaan	Merata ( $\text{kN/m}^2$ )	Terpusat (kN)	Identitas Beban
<b>Sisitem lantai</b>			
-Ruang kantor	2,4	8,9	B
-Ruang komputer	4,79	8,9	F
<b>Ruang pertemuan</b>			
- Kursi tetap (terikat di lantai)	4,79	0	F
- Kursi dapat dipindahkan	4,79	0	F
- Panggung pertemuan	4,79	0	F
- Lantai podium	4,79	0	F
<b>Ruang makan dan restoran</b>	4,79	0	F
<b>Rumah sakit</b>			

Hunian atau Penggunaan	Merata (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat (kN)	Identitas Beban
- Ruang operasi, laboratorium	2,87	4,45	C
- Ruang pasien	1,92	4,45	A
- Koridor di atas lantai 1	3,83	4,45	E
<b>Pepustakaan</b>			
- Ruang baca	2,87	4,45	C
- Ruang penyimpanan	7,18	4,45	H
- Koridor di atas lantai 1	3,83	4,45	E
<b>Pabrik</b>			
- Ringan	8,00	8,90	I
- Berat	11,97	13,40	J
<b>Gedung Perkantoran</b>			
- Lobi dan koridor lantai 1	4,79	8,90	F
- Kantor	2,40	8,90	B
- Koridor di atas lantai 1	3,83	8,90	E
<b>Lembaga Hukum</b>			
- Blok sel	1,92		A
- Koridor	4,79	0	F
<b>Tempat Rekreasi</b>			
- Tempat bowling	3,59	0	D
- Ruang dansa	4,79	0	F
- Gimnasium	4,79	0	F
<b>Rumah Tinggal, Apartemen dan Hotel</b>			
- Semua ruangan pribadi dan koridor yang melayani mereka	1,92		A
- Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	4,79		F
<b>Sekolah</b>			
- Ruang kelas	1,92	4,5	A
- Koridor di atas lantai 1	3,83	4,5	E
- Koridor lantai 1	4,79	4,5	F

Tabel 2. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum (Badan Standarisasi Nasional, 2013)

Hunian atau Penggunaan	Merata (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat (kN)	Identitas Beban
<b>Gudang di atas langit-langit</b> (Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer)			
- Ringan	6,00		G
- Berat	11,97		J
<b>Toko/Ruko</b>			
- Lantai 1	4,79	4,50	F
- Lantai 2	3,59	4,50	D
- Grosir di semua lantai	6,00	4,50	G

**Jumlah Pelat Yang Akan Dimodelkan Akibat Variasi Ukuran, Variasi Ketebalan dan Variasi Mutu.**

Secara keseluruhan akan dimodelkan sebanyak 180 model pelat teliti yang akan dianalisis menggunakan program komputer *SAFEv.12*. Detail 180 model pelat teliti ditampilkan dalam table berikut.

Tabel 3 Pemodelan Pelat-Pelat Teliti

Tebal Pelat cm	Ukuran Balok cm x cm	Ukuran Kolom cm x cm	Jumlah Model Pelat Teliti* buah	Total Pelat Yang Dimodelkan buah
<b>Mutu Beton K-175 (<math>f_c' = 14,525</math> MPa) Modulus Elastisitas Beton <math>E = 17912,490</math> MPa</b>				
10	30 x 40	40 x 40	12	60
12			12	
15			12	
20			12	
25			12	
<b>Mutu Beton K-250 (<math>f_c' = 20,750</math> MPa) Modulus Elastisitas Beton <math>E = 21409,520</math> MPa</b>				
10	30 x 40	40 x 40	12	60
12			12	
15			12	
20			12	
25			12	
<b>Mutu Beton K-300 (<math>f_c' = 24,900</math> MPa) Modulus Elastisitas Beton <math>E = 23452,950</math> MPa</b>				
10	30 x 40	40 x 40	12	60
12			12	
15			12	
20			12	
25			12	

Ket: \*Detail model pelat teliti dapat dilihat kembali pada Tabel 1

**Tahapan Perhitungan, Pemrograman dan Analisis Data**

**a. Tahapan Tidak Menggunakan Bantuan Program Komputer**

Menghitung total beban mati struktur (beban *additional*) dan beban hidup struktur. Perhitungan total beban mati menggunakan bantuan PPIUG-1983 dan beban hidup menggunakan SNI-1727-2013.

**b. Tahapan Menggunakan Bantuan Program Komputer (SAFEv.12)**

- Memodelkan struktur pelat tanpa balok anak menggunakan program *SAFEv.12*.
- Menyempurnakan model pelat teliti dengan menetapkan dimensi pelat, balok dan kolom dalam program komputer *SAFEv.12*.
- Memasukan data mutu material beton dan mutu material baja sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam penelitian.
- Tahapan b, c dan d akan dilakukan secara berulang sebanyak 180 kali, sesuai dengan jumlah objek teliti serta variasi-variasi yang telah ditetapkan dalam penelitian.
- Memasukan seluruh data menyangkut jenis beban, kombinasi pembebanan serta besar beban ke dalam program *SAFEv.12*. Setiap objek teliti akan dibebankan sebanyak 10 kali sesuai dengan jumlah kelompok beban hidup yang telah ditetapkan berdasarkan SNI-1727-2013.
- Setelah melakukan tahapan a, b, c, d, e dan f, maka seluruh data telah siap untuk di analisis oleh program komputer *SAFEv.12* (*running program*).

Lendutan sebagai *output* utama akan dianalisis menggunakan salah satu parameter *design* beton yakni lendutan. Besar lendutan hasil hitung program komputer *SAFEv.12* akan dibandingkan dengan besar lendutan yang diperoleh dari SNI 03-2847-2002 yakni  $L/480$  ( $\Delta_{max}$  *SAFEv.12* vs  $\Delta_{ijin}$  SNI 03-2847-2002). Hasil banding ke dua nilai lendutan akan menjadi dasar penarikan kesimpulan dan menjawab masalah dalam penelitian ini.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Secara garis besar hasil analisis terhadap 12 model pelat yang divariasikan dengan 3 variasi mutu beton (mutu K-175, K-250 dan K-300) dan 5 variasi ketebalan (10 cm, 12 cm, 15 cm, 20

cm dan 25 cm) serta dibebankan sebanyak sepuluh kali dari intensitas beban terkecil hingga terbesar menurut SNI-1727-2013 dipaparkan sebagai berikut:

Sebuah persamaan akan dibentuk untuk merangkum informasi mengenai data-data pelat-pelat maksimum, bentuk persamaan dimaksud:

$$P_{max} = [1; 2; 3; 4; 5] \quad (4)$$

dimana:

$P_{max}$  = pelat maksimum

1 = informasi data mutu beton pelat

2 = informasi ketebalan pelat

3 = informasi rasio bentang pelat ( $l_y/l_x$ )

4 = informasi ukuran pelat (panjang x lebar)

5 = informasi besar beban hidup maksimal yang dapat diterima pelat

### Hasil Analisa Terhadap Pelat Beton Mutu K-175 ( $f_c' = 14,525$ MPa)

Ukuran maksimum pelat-pelat dua arah bermutu K-175 ( $f_c' = 14,525$  MPa) diperoleh berdasarkan analisa terhadap data lendutan pelat-pelat beton bertulang dua arah hasil hitung program komputer *SAFEv.12* menggunakan SNI-2847-2002 maka diperoleh ukuran pelat-pelat maksimum sebagai berikut:

- a.  $P_{max} = [K-175; 10 \text{ cm}; 1; 5,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}; 2,87 \text{ kN/m}^2]$
- b.  $P_{max} = [K-175; 10 \text{ cm}; 2; 3,5 \text{ m} \times 7,0 \text{ m}; 3,83 \text{ kN/m}^2]$
- c.  $P_{max} = [K-175; 12 \text{ cm}; 1; 5,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}; 4,79 \text{ kN/m}^2]$
- d.  $P_{max} = [K-175; 12 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 2,40 \text{ kN/m}^2]$
- e.  $P_{max} = [K-175; 15 \text{ cm}; 1; 6,0 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}; 2,87 \text{ kN/m}^2]$
- f.  $P_{max} = [K-175; 15 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 2,87 \text{ kN/m}^2]$
- g.  $P_{max} = [K-175; 20 \text{ cm}; 1; 6,0 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}; 6,00 \text{ kN/m}^2]$
- h.  $P_{max} = [K-175; 20 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 4,79 \text{ kN/m}^2]$
- i.  $P_{max} = [K-175; 25 \text{ cm}; 1; 7,0 \text{ m} \times 7,0 \text{ m}; 3,83 \text{ kN/m}^2]$
- j.  $P_{max} = [K-175; 25 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 8,00 \text{ kN/m}^2]$

Ukuran maksimum pelat-pelat dua arah berbeda pada setiap variasi ketebalan pengamatan. Ukuran paling besar pelat dua arah untuk mutu K-175 ialah 8 m x 8 m ( $l_y/l_x = 1$ ) dan 4 m x 8 m ( $l_y/l_x = 2$ ), ke dua pelat ini hanya dapat diperuntukan untuk beberapa fungsi bangunan yang tercantum dalam SNI-1727-2013. Kemampuan tertinggi pelat 8 m x 8 m ialah dapat difungsikan sebagai lantai bangunan rumah, blok sel dan ruang pasien. Sedangkan untuk pelat 4 m x 8 m kemampuan tertinggi pelat ialah dapat digunakan sebagai lantai pabrik ringan.

### Hasil Analisa Terhadap Pelat Beton Mutu K-250 ( $f_c' = 20,750$ MPa)

Berikut ditampilkan data pelat-pelat maksimum mutu K-250 pada setiap variasi ketebalan dan variasi ukuran setelah dilakukan perbandingan besar lendutan pelat akibat beban ultimit (*output SAFEv.12*) dan besar lendutan ijin (SNI-2847-2002)

- a.  $P_{max} = [K-250; 10 \text{ cm}; 1; 5,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}; 4,79 \text{ kN/m}^2]$
- b.  $P_{max} = [K-250; 10 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 2,87 \text{ kN/m}^2]$
- c.  $P_{max} = [K-250; 12 \text{ cm}; 1; 5,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}; 7,18 \text{ kN/m}^2]$
- d.  $P_{max} = [K-250; 12 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 3,59 \text{ kN/m}^2]$
- e.  $P_{max} = [K-250; 15 \text{ cm}; 1; 6,0 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}; 3,83 \text{ kN/m}^2]$
- f.  $P_{max} = [K-250; 15 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 3,83 \text{ kN/m}^2]$
- g.  $P_{max} = [K-250; 20 \text{ cm}; 1; 7,0 \text{ m} \times 7,0 \text{ m}; 2,87 \text{ kN/m}^2]$
- h.  $P_{max} = [K-250; 20 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 7,18 \text{ kN/m}^2]$
- i.  $P_{max} = [K-250; 25 \text{ cm}; 1; 8,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 2,87 \text{ kN/m}^2]$
- j.  $P_{max} = [K-250; 25 \text{ cm}; 2; 4,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}; 11,97 \text{ kN/m}^2]$

Ukuran paling besar pelat dua arah untuk mutu K-250 ialah 8 m x 8 m ( $l_y/l_x = 1$ ) dan 4 m x 8 m ( $l_y/l_x = 2$ ) setebal 25 cm. Kemampuan tertinggi pelat 8 m x 8 m ( $t=25$  cm) yakni dapat

digunakan sebagai lantai ruang operasi/laboratorium dan ruang perpustakaan. Sedangkan untuk pelat 4 m x 8 m (t=25 cm) dapat digunakan untuk seluruh fungsi bangunan yang ditetapkan dalam SNI-1727-2013.

**Hasil Analisa Terhadap Pelat Beton Mutu K-300 (fc’= 24,900 MPa)**

Berikut ditampilkan data pelat-pelat maksimum mutu K-250 pada setiap variasi ketebalan dan variasi ukuran setelah dilakukan pembandingan besar lendutan pelat akibat beban ultimit (*output SAFEv.12*) dan besar lendutan ijin (SNI-2847-2002).

- a. Pmax = [K-300; 10 cm; 1; 5,0 m x 5,0 m; 4,79 kN/m<sup>2</sup>]
- b. Pmax = [K-300; 10 cm; 2; 4,0 m x 8,0 m; 3,59 kN/m<sup>2</sup>]
- c. Pmax = [K-300; 12 cm; 1; 6,0 m x 6,0 m; 2,40 kN/m<sup>2</sup>]
- d. Pmax = [K-300; 12 cm; 2; 4,0 m x 8,0 m; 3,83 kN/m<sup>2</sup>]
- e. Pmax = [K-300; 15 cm; 1; 6,0 m x 6,0 m; 4,79 kN/m<sup>2</sup>]
- f. Pmax = [K-300; 15 cm; 2; 4,0 m x 8,0 m; 4,79 kN/m<sup>2</sup>]
- g. Pmax = [K-300; 20 cm; 1; 7,0 m x 7,0 m; 3,83 kN/m<sup>2</sup>]
- h. Pmax = [K-300; 20 cm; 2; 4,0 m x 8,0 m; 8,00 kN/m<sup>2</sup>]
- i. Pmax = [K-300; 25 cm; 1; 8,0 m x 8,0 m; 3,83 kN/m<sup>2</sup>]
- j. Pmax = [K-300; 25 cm; 2; 4,0 m x 8,0 m; 11,97 kN/m<sup>2</sup>]

Ukuran paling besar pelat dua arah untuk mutu K-300 ialah 8 m x 8 m (ly/lx = 1) dan 4 m x 8 m (ly/lx = 2) setebal 25 cm. Kemampuan tertinggi pelat 8 m x 8 m (t=25 cm) yakni dapat digunakan sebagai lantai koridor rumah sakit dan lantai gedung sekolah. Sedangkan untuk pelat 4 m x 8 m (t=25 cm) dapat digunakan untuk seluruh fungsi bangunan yang ditetapkan dalam SNI-1727-2013.

**Pengaruh Ketebalan dan Mutu Beton Terhadap Besar Lendutan Pelat.**

Pokok bahasan ini bertujuan mencari tahu di antara ketebalan dan mutu beton manakah yang lebih berpengaruh terhadap peningkatan kekakuan pelat. Atau kata lainnya manakah yang lebih efektif antara peningkatan ketebalan pelat dan peningkatan mutu beton dalam menahan lendutan pelat. Untuk mencapai maksud ini peneliti kembali menggunakan program komputer *SAFEv.12* dalam menghitung besar lendutan dan memilih pelat 5 m x 5 m sebagai objek teliti. Pelat 5 m x 5 m akan difungsikan sebagai lantai bangunan kantor dan dimodelkan dengan ketebalan awal sebesar 10 cm dan mutu beton awal 15 MPa. Berikut ditampilkan dalam bentuk tabel seluruh data input yang akan digunakan pada program *SAFEv.12*.

Tabel 4 Data-Data *Input* Program *SAFEv.12*

<b>Model Pelat Teliti (<i>input SAFEv.12</i>) = Pelat 5 m x 5 m</b>	
	<p>Fungsi Bangunan = Gedung perkantoran                      Beban mati = 1,03 kN/m<sup>2</sup> (point 4.2.1)                      Beban hidup = 2,40 kN/m<sup>2</sup> (SNI-1727-2013)</p>



Mutu Beton (fc')	Ketebalan Pelat	Mode Peningkatan Ketebalan dan Mutu
MPa	cm	
15,00	10,00	a1
16,50	11,00	a2 = a1 + (a1 x 10%)
18,00	12,00	a3 = a2 + (a1 x 10%)
19,50	13,00	an = an-1 + (a1 x 10%)
21,00	14,00	
22,50	15,00	
24,00	16,00	an = an-1 + (a1 x 10%)
25,50	17,00	
27,00	18,00	
28,50	19,00	
30,00	20,00	

Berdasarkan hasil analisis terhadap data-data yang tercantum dalam Tabel 4 diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.

Dengan membandingkan data lendutan mutu dan lendutan ketebalan diketahui terdapat perbedaan atau selisih besar lendutan. Besar selisih lendutan semakin bertambah seiring dengan dilakukannya peningkatan mutu dan ketebalan. Hasil perhitungan yang menunjukkan rata-rata 33,462% lendutan pelat akibat peningkatan mutu lebih besar dari lendutan pelat akibat peningkatan ketebalan.

Tabel 5 Lendutan Mutu dan Lendutan Ketebalan

No	fc'	Δmax	h "	Δmax	Mode Peningkatan Ketebalan dan Mutu
	MPa	mm	cm	mm	
	Tebal Terkunci		Mutu Terkunci		
	10 cm		15 MPa		
1	15,00	9,00	10,00	9,00	a1
2	16,50	8,00	11,00	8,00	a1 + (a1 x 10%)
3	18,00	7,60	12,00	7,00	a2 + (a1 x 10%)
4	19,50	7,30	13,00	6,00	an-1 + (a1 x 10%)
5	21,00	7,00	14,00	5,50	
6	22,50	6,80	15,00	4,80	
7	24,00	6,60	16,00	4,50	
8	25,50	6,40	17,00	4,40	
9	27,00	6,20	18,00	4,00	
10	28,50	6,00	19,00	3,80	
11	30,00	5,90	20,00	3,60	

**KESIMPULAN**

1. Ukuran maksimum yang dapat dicapai pelat beton bertulang dua arah dengan rasio panjang bentang sama dengan satu (ly/lx=1) ialah pelat 8,0 m x 8,0 m setebal 25 cm dengan mutu beton K-300 (fc'=24,900 MPa). Beban hidup terbesar yang dapat diterima oleh pelat maksimum 8,0 m x 8,0 m ialah 3,83 kN/m<sup>2</sup>, untuk beban hidup yang lebih besar intensitasnya dipastikan lendutan pada permukaan pelat maksimum 8,0 m x 8,0 m akan melebihi lendutan aman. Sedangkan ukuran maksimum yang dapat dicapai pelat beton bertulang dua arah dengan rasio panjang bentang sama dengan dua (ly/lx=2) ialah pelat 4,0 m x 8,0 m setebal 25 cm dengan mutu beton K-300 (fc'=24,900 MPa). Beban hidup terbesar

yang dapat diterima oleh pelat maksimum 4,0 m x 8,0 m ialah 11,97 kN/m<sup>2</sup>, untuk beban hidup yang lebih besar intensitasnya dipastikan lendutan pada permukaan pelat maksimum 4,0 m x 8,0 m akan melebihi lendutan aman.

2. Pelat-pelat maksimum hanya dapat digunakan sebagai lantai untuk beberapa fungsi bangunan yang ditetapkan dalam SNI-1727-2013. Diketahui hanya satu ukuran pelat maksimum yang dapat digunakan sebagai lantai untuk seluruh fungsi bangunan yakni pelat 4,0 m x 8,0 m setebal 25 cm dengan mutu beton K-300.
3. Peningkatan ketebalan maupun peningkatan mutu beton bisa menjadi pilihan untuk meningkatkan dan mempertahankan kemampuan layan struktur pelat. Tetapi berdasarkan hasil penelitian diketahui pilihan peningkatan ketebalan pelat akan lebih efektif menjadikan struktur pelat lebih kaku dan lebih mampu untuk meredam lendutan dibandingkan dengan peningkatan mutu beton.

## SARAN

1. Diharapkan ada penelitian lanjutan yang melihat pengaruh dimensi dan kekakuan balok terhadap besar kecilnya lendutan pada permukaan pelat.
2. Melihat pengaruh beban gempa terhadap besar kecilnya lendutan pelat.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan pemeriksaan pelat-pelat maksimum menggunakan parameter-parameter penting lainnya seperti geser dan retak.
4. Disarankan untuk melakukan pemeriksaan cermat/lebih detail terhadap data-data luas tulangan yang diperoleh dari hasil analisis program komputer menggunakan peraturan-peraturan (SNI), agar struktur memenuhi standar keamanan.

## DAFTAR PUSTAKA

Asroni, A. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2002, Bandung.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727:2013, Jakarta.

Computer and Structure Inc. 2009. *Design of Slabs, Beams and Foundations Reinforced and Post-Tensioned Concrete*, CSI Computers and Structures, Berkeley, California, USA.