

STUDI PERBANDINGAN PELAT BERUSUK DUA ARAH (WAFFLE SLAB) DAN PELAT KONVENSIONAL

Eka Susanti¹, Nova Arie Youlanda², Amrita Winaya³
Teknik Sipil, FTSP, ITATS Jl. Arief Rahman Hakim 100 Surabaya

ABSTRACT

Plates with beams grid are also known as a Waffle Slab. Waffle Slab has several advantages, such as having great rigidity, thin plate thickness and the number of columns can be reduced so as to provide a broader space. The purpose of this study was to compare the Waffle Slab system with conventional plate system in terms of rigidity, thickness of the plate, the distance between the columns and the use of concrete material and reinforcement. Each plate system analyzed for maximum distance between the columns and the minimum thickness deflection license, SNI 03-2847-2002. Plate stiffness value is obtained by comparing the deflection occurs. The result is the conventional plate system is more rigid than the 47.42% waffle slab system, but a system of thin waffle slab over 40% and has a maximum spacing between columns Longer 55.57%. This impact on the amount of the required fields. Waffle slab system requires a number of columns 55.55% less than the system reinforcement plate konvensional. The other result is waffle slab system use of concrete volume 27.64% more extravagant and wasteful use of steel reinforcement over 66.99% than conventional plate system.

Keywords: Waffle Slab, Conventional Plates, Stiffness, Deflection

ABSTRAK

Pelat dengan balok grid dikenal juga dengan nama *Waffle Slab*. Pelat ini memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah mempunyai kekakuan yang besar, tebal pelat yang tipis dan jumlah kolom-kolomnya dapat dikurangi sehingga dapat memberi ruang yang lebih luas. Tujuan dari studi ini adalah membandingkan sistem *Waffle Slab* dengan sistem pelat konvensional ditinjau dari segi kekakuan, ketebalan pelat, jarak antar kolom dan penggunaan material beton dan tulangan. Masing-masing sistem pelat dianalisis terhadap jarak maksimal antar kolom dan tebal minimum pelat yang memenuhi lendutan ijin SNI 03-2847-2002. Nilai kekakuan pelat diperoleh dengan cara membandingkan lendutan yang terjadi. Dari hasil analisis tersebut ditarik kesimpulan bahwa sistem pelat konvensional lebih kaku 47,42% dibanding sistem *waffle slab*, namun sistem *waffle slab* lebih tipis 40% dan memiliki jarak antar kolom maksimum lebih panjang 55,57%. Hal ini memberikan dampak pada jumlah kolom yang diperlukan. Sistem *waffle slab* memerlukan jumlah kolom 55,55% lebih sedikit dibanding dengan sistem pelat konvensional. Hasil analisis tulangan menunjukkan perbandingan penggunaan volume beton dan berat tulangan baja. Untuk sistem *waffle slab*, penggunaan volume beton lebih boros 27,64% dan penggunaan tulangan baja lebih boros 66,99% dibanding sistem pelat konvensional.

Kata Kunci : *Waffle Slab*, Pelat Konvensional, Kekakuan, Lendutan

PENDAHULUAN

Pelat adalah salah satu elemen struktur yang sifatnya lebih dominan terhadap lentur dengan bentuk yang melebar dan ketebalan yang relatif kecil. Sistem pelat terdiri dari beberapa macam yaitu sistem *flat plate*, sistem *waffle slab*, sistem *flat slab*, *rib slab* dan sistem pelat konvensional. Masing-masing sistem pelat memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pemilihan berbagai sistem pelat ini disesuaikan dengan tujuan dari struktur yang diinginkan.

Penelitian mengenai perbandingan berbagai sistem pelat ini sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Diantaranya adalah penelitian mengenai perbandingan sistem pelat konvensional dan sistem *flat slab* ditinjau dari segi biaya struktur. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, sistem *flat slab* memiliki biaya struktur yang paling murah [5]. Penelitian lainnya mengenai perbandingan sistem pelat konvensional, *rib slab*, *flat slab* dan *flat slab* dengan balok semu ditinjau dari segi biaya struktur. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa urutan

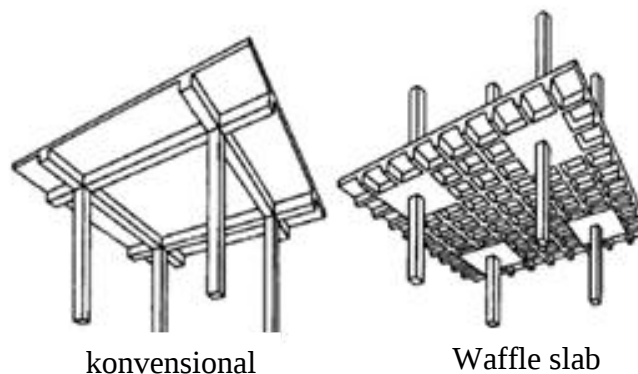
sistem pelat yang memerlukan biaya konstruksi terendah yaitu pelat konvensional, *flatslab*, *flatslab* dengan balok semu, dan *ribslab*. Pelat konvensional merupakan sistem pelat yang membutuhkan biaya konstruksi yang paling rendah [6]. Dari kedua penelitian tersebut, belum dilakukan penelitian terhadap sistem waffle slab. Sistem pelat *waffle Slab* memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah mempunyai kekakuan yang besar, jumlah kolom-kolomnya dapat dikurangi sehingga dapat memberi ruang yang lebih luas dan tebal pelat yang tipis [4].

Penelitian ini bertujuan membandingkan sistem struktur lantai waffle slab terhadap sistem konvensional ditinjau dari segi kekakuan, ketebalan pelat, jarak antar kolom dan penggunaan material beton serta tulangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pelat

Ada beberapa sistem pelat, diantaranya adalah sistem pelat konvensional, sistem waffle slab (pelat berusuk dua arah), sistem one joist slab (pelat berusuk satu arah), sistem *flate plate* dan sistem *flate slab*. Masing-masing pelat tersebut dibedakan oleh penggunaan sejumlah baloknya.



Gambar1. Gambar sistem pelat konvensional dan sistem pelat *waffle slab*.

Pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) yaitu kumpulan balok T yang saling menyilang dan menyatu pada bidang horizontal dimana gaya-gaya dominan yang bekerja adalah tegak lurus terhadap bidang tersebut dan titik hubung balok T ini bersifat kaku. Pada umumnya pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) ini menggunakan bahan dari konstruksi beton bertulang dengan ketebalan pelat yang tipis dan pemakaian besi tulangan yang cukup hemat pada pelatnya dikarenakan pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) ini memiliki kekakuan yang besar pada pelat sehingga lendutan pada pelat relatif kecil. Di sisi lain pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) juga berpengaruh pada tata letak kolom. Semakin kecilnya lendutan pada balok maka jarak antar kolom pada portal bisa lebih jauh dari struktur yang biasa dan pada umumnya bisa mencapai bentang 7,5 – 12,5 meter [2].

Gambar (3), Gambar sistem *flat plate*. *Flate plate* atau pelat datar adalah sistem pelat yang meniadakan balok sebagai pendukung pelat. Penggunaan sistem ini membuat pelat menjadi lebih tebal dari pada tebal pelat dengan sistem konvensional. Sistem ini diminati karena waktu pekerjaan pelat relatif berkurang dengan tidak adanya begisting balok.

Gambar (3), Gambar sistem *flat slab*. Konsep yang digunakan pada sistem ini hampir sama dengan sistem *flate plate*, hanya saja diperlukan penebalan pada kepala kolom.

Lendutan Maksimum

Pada suatu struktur beton harus disyaratkan mempunyai kekakuan yang cukup kuat, agar dapat menahan deformasi akibat lendutan tanpa menimbulkan kerusakan atau gangguan apa pun. Nilai lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi nilai lendutan ijin yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3. Yaitu sebesar:

- a. L/480 untuk Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan besar.
- b. L/240 untuk Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan besar.

Tebal Pelat Minimum

Berikut beberapa syarat ketentuan yang harus diperhatikan dalam menentukan tebal pelat untuk pelat konvensional dan waffle slab:

- 1) Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3, tebal minimum pelat pada sistem pelat konvensional bergantung pada α_m :

(a) Jika $\alpha_m < 0,2$ maka $h \geq 120 \text{ mm}$ (1)

(b) Jika $0,2 \leq \alpha_m \leq 2$ maka:

$$h = \frac{Ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad \text{dan } \geq 120 \text{ mm} \quad (2)$$

(c) Jika $\alpha_m > 2$ maka:

$$h = \frac{Ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta} \quad \text{dan } \geq 90 \text{ mm} \quad (3)$$

dimana,

β = Rasio bentang bersih pelat dalam arah memanjang dan arah memendek.

Ln = Panjang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok.

α_m = Nilai α rata-rata.

α = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan rumus berikut:

$$\alpha = \frac{E_c I_b}{E_{cs} I_s} \quad (4)$$

Dimana:

E_c = Modulus elastisitas beton.

E_{cs} = Modulus elastisitas pelat beton.

I_b = Momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok.

I_s = Momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto pelat.

- 2) Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 10.11.6.1 tebal pelat pada sistem waffle slab harus memenuhi syarat berikut:

(a) $h \geq 50 \text{ mm}$ (5)

(b) $h \geq \frac{Ln}{12}$ (6)

Analisis Penulangan

Disain penulangan dilakukan sesuai dengan SNI-2847-2002, dimana disain tulangan ditentukan oleh rasio tulangan. Untuk menjamin struktur dalam keadaan daktail, rasio tulangan harus berada diantara rasio tulangan minimum dan maksimum.

$$\text{Rasio tulangan minimum, } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (7)$$

Ratio tulangan maksimum (ρ_{max}) = 0,75 ρ_b

$$\rho_b = \frac{0,85 f_{c'}}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (8)$$

Dimana : f_y = Mutu baja tulangan (Mpa)

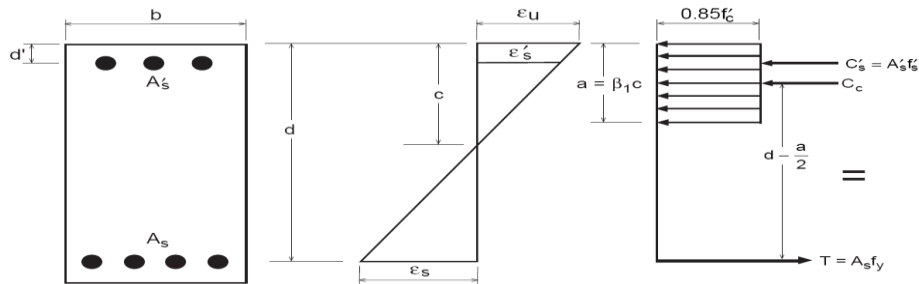
$f_{c'}$ = Mutu beton (Mpa)

Jumlah luas tulangan yang diperlukan tergantung dari nilai rasio tulangan.

$$A_s = \rho b d \quad (9)$$

Dimana : A_s = Luas Tulangan yang diperlukan
 ρ = Rasio tulangan
 b dan d = dimensi elemen struktur beton

Dimensi elemen struktur dan jumlah tulangan yang digunakan memiliki kekuatan menahan beban yang disebut dengan kapasitas.



Gambar 2. penampang , diagram regangan dan diagram gaya

Kapasitas lentur beton bertulang adalah sebagai berikut:

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,85 f'_c a b \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (10)$$

Atau

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (11)$$

Nilai kapasitas dari elemen struktur ini harus melebihi nilai momen lentur yang terjadi akibat adanya beban-beban. Ada beban mati, beban hidup dan beban gempa yang diperhitungkan dalam analisis pembebanan. Kombinasi ketiga beban tersebut dengan faktor bebannya, disebut beban ultimit [3]. Analisa struktur akan menganalisis gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur tersebut akibat beban ultimit. Hasil analisis struktur untuk momen lentur adalah Momen Ultimit (M_u). Nilai M_u ini yang harus memenuhi persamaan, $M_u \leq \phi M_n$ agar persyaratan keamanan struktur dapat dipenuhi.

Geser

- (a) Untuk komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1 memberikan kapasitas kemampuan beton untuk menahan geser adalah v_c

$$v_c = \left(\sqrt{\frac{f'_c}{6}} \right) x b x d \quad (12)$$

Dengan,

v_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

f'_c = Kuat tekan beton

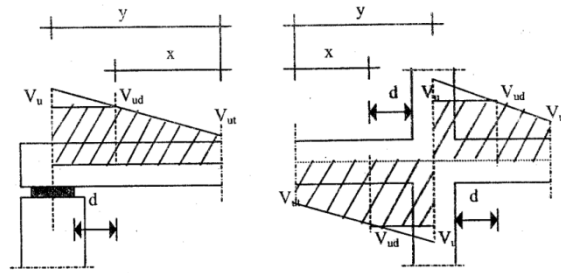
b = Lebar balok

d = Jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

- (b) Apabila gaya geser yang bekerja V_u lebih besar dari kapasitas geser beton ϕv_c maka diperlakukan penulangan geser untuk memperkuatnya.

Dasar perencanaan tulangan geser adalah:

- $\phi v_n \geq v_u$ (SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.1) (13)
 - $v_n = v_c + v_s$ (SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.1) (14)
- (c) Menurut SNI-03-2847-2002 pasal 13.1.3.1 bahwa v_u boleh diambil pada jarak d (menjadi $v_u d$) dari muka kolom sebagai berikut:



Gambar 3. Lokasi geser maksimal ($v_u d$) untuk perencanaan

- (d) Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.6.1, gaya geser yang ditahan oleh tulangan sengkang (v_s) dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$v_s = (v_u - \phi \times v_c) / \phi \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.6.1}) \quad (15)$$

Dengan,

v_n = kuat geser nominal

v_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

ϕ = faktor reduksi = 0,75

v_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (boleh memakai V_{ud})

- (e) Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.6.6 bahwa:

$$v_s \text{ harus } \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} bd \quad (16)$$

- (f) Luas tulangan geser per meter panjang balok yang diperlukan (A_{vu}) dihitung dengan memilih nilai terbesar dari rumus berikut:

$$A_{vu} = \frac{v_s x s}{f_y d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.6.2}) \quad (17)$$

$$A_{vu} = \frac{b x s}{3 f_y} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.5.3}) \quad (18)$$

$$A_{vu} = \frac{75 \sqrt{f_c'} (b x s)}{1200 f_y} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.5.3}) \quad (19)$$

Spasi begel (s) dihitung dengan rumus berikut:

$$s = \frac{n x 1/4 \pi (dp)^2 s}{A_{vu}} \quad (20)$$

Dimana:

n = Jumlah kaki begel (2,3, atau 4 kaki)

dp = diameter begel dari tulangan polos

SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.4.1 menyatakan $s \leq d/2$ dan $s \leq 600$ mm bila:

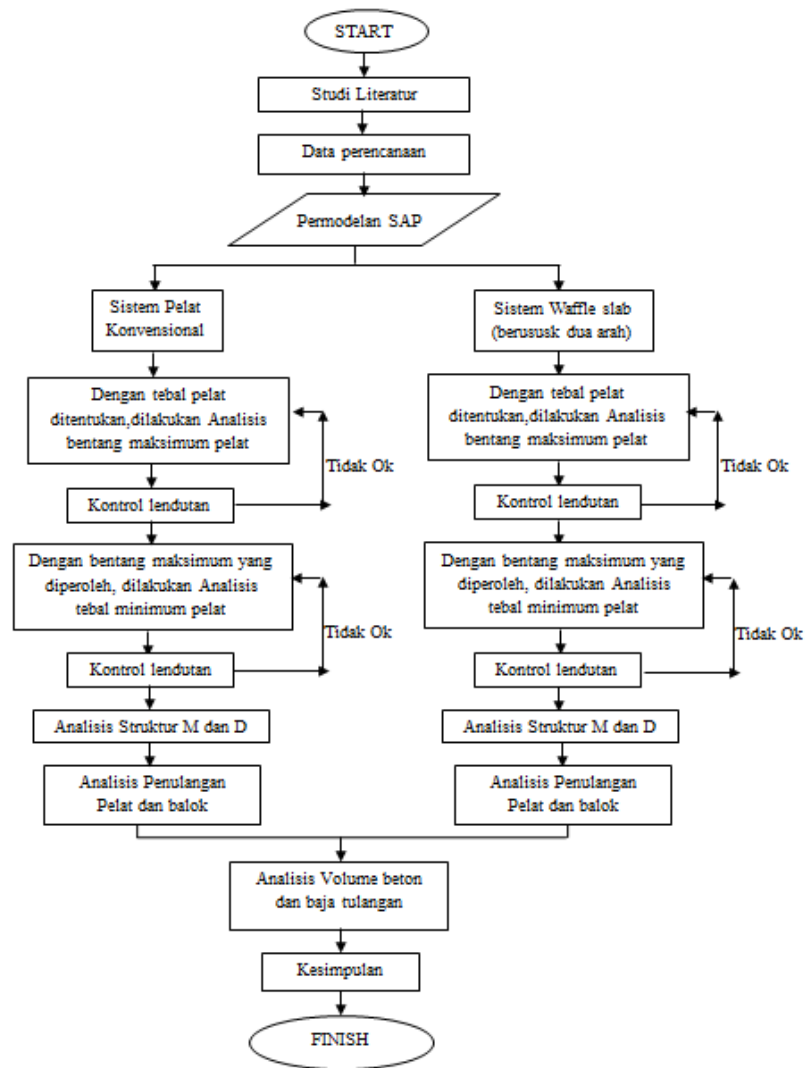
$$v_s < 1/3 \sqrt{f_c'} (bd) \quad (21)$$

SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.4.3 menyatakan $s \leq d/4$ dan $s \leq 300$ mm bila:

$$v_s > 1/3 \sqrt{f_c'} (bd) \quad (22)$$

METODE

Metode penelitian ini bersifat studi permodelan struktur menggunakan softwear SAP 2000 v.14 dengan langkah seperti terlihat pada diagram alir berikut:

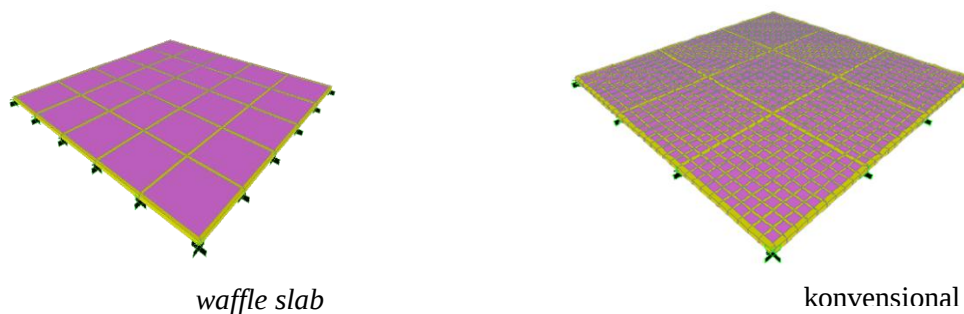


Gambar 4. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Permodelan Struktur 3D Pada Program SAP 2000 v.14

Berikut permodelan 3D pelat dengan menggunakan sistem *waffle slab* dan pelat konvensional pada program SAP 2000 v.14:



Gambar 5. Permodelan SAP 2000 untuk sistem pelat *waffle slab* dan konvensional

Pada permodelan sistem *waffle slab* terlihat, bahwa diantara balok-balok utama, ada balok-balok kecil (balok rusuk) yang membagi pelat dalam panel yang lebih kecil-kecil.

Analisis Bentang Maksimum Pelat

Dengan menetapkan tebal pelat 120mm, ukuran balok 40/60 dan ukuran balok rusuk 20/40, dilakukan analisis bentang maksimum pelat terhadap sistem *waffle slab* dan sistem pelat konvensional. Hasil analisis ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis bentang maksimum pelat

No	Jarak antar kolom (m)	Sistem Waffle Slab			Sistem Pelat Konvensional		
		Lendutan max (mm)	Lendutan ijin		Lendutan max	Lendutan ijin	
			L/480	L/240		L/480	L/240
1	15	123,38	31,25	62,5	332,16	31,25	62,5
2	10	21,82	20,83	41,17	61,42	20,83	41,67
3	6	2,44	12,5	25,00	7,49	12,5	25
4	5	1,05	10,42	20,83	3,56	10,42	20,83

Berdasarkan dari tabel .1 menunjukkan :

a. Sistem *Waffle Slab*

Lendutan yang terjadi pada jarak antar perletakan 10 meter sebesar 21,82 mm lebih kecil dari lendutan ijin L/240 sebesar 41,17 mm . Namun nilai ini sedikit lebih besar dari lendutan ijin L/480 sebesar 20,83. Pada tahap analisis bentang maksimum ini untuk sistem *waffle slab* dipilih bentang max 10 m. Tahap selanjutnya analisis tebal minimum pelat, tebal pelat akan dikurangi, dengan harapan diperoleh tebal pelat minimum dengan bentang max 10 m dapat memenuhi persyaratan kedua lendutan ijin tersebut.

b. Sistem Pelat Konvensional

Lendutan yang terjadi pada jarak antar perletakan 6meter yaitu sebesar 3,56 mm sudah memenuhi persyaratan lendutan ijin dengan persamaan L/240 maupun L/480. Sehingga dapat digunakan bentang maksimum 6 meter .

c. Dengan jarak antar kolom yang sama dan tebal pelat yang sama, lendutan pelat dengan sistem pelat konvensional lebih besar dibanding sistem *waffle slab*. Bila dirata-rata, maka terdapat perbedaan nilai lendutan sebesar 200%.

Analisis Tebal Minimum Pelat

Berdasarkan bentang maksimum pelat, dilakukan analisis tebal minimum pelat. Untuk sistem *waffle slab* digunakan bentang 10 m dan jarak antar balok rusuk 1m. Sedangkan untuk sistem pelat konvensional digunakan bentang maksimum 6 m . Hasil analisis tebal minimum pelat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 2. Analisis tebal minimum pelat

No	Tebal minimum pelat (mm)	Sistem Waffle Slab			Sistem Pelat Konvensional		
		Lendutan max (mm)	Lendutan ijin		Lendutan max	Lendutan ijin	
			L/480	L/240		L/480	L/240
1	120	21,82			7,49		
2	110	21,51			8,71		
3	100	21,17			10,3		
4	90	20,81	20,83	41,67	12,97	12,5	25
5	80	20,43			-		
6	70	20,04			-		
7	60	19,64			-		

Berdasarkan hasil dari tabel. 2 :

- a. Sistem *Waffle Slab*
Lendutan yang terjadi pada tebal pelat 60 mm yaitu sebesar 19,64 mm sudah memenuhi persyaratan lendutan ijin dengan persamaan $L/240$ dan $L/480$. Pada tahap ini untuk sistem waffle slab dipilih tebal pelat 60 mm
- b. Sistem Pelat Konvensional
Lendutan yang terjadi pada tebal pelat minimum 100 mm yaitu sebesar 12,97 mm sudah memenuhi persyaratan lendutan ijin dengan persamaan $L/240$ dan $L/480$.

Analisis Penulangan

Berdasarkan bentang maksimum pelat dan tebal minimum pelat dilakukan analisis pembebanan, analisis struktur dan analisis penulangan.

Tabel 3. Data analisis pelat

Jenis Pelat	Jarak antar balok	Jarak balok rusuk	Tebal pelat
Waffle Slab	10 m	1m	60 mm
Konvensional	6 m	-	100 mm

Berdasarkan data tabel 3, dilakukan analisis dengan hasil analisis sebagai berikut:

a. Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan dengan bantuan software SAP 200 v.14. Hasil analisis struktur pelat berupa momen dapat dilihat pada tabel 4, hasil analisa struktur balok berupa momen dapat dilihat pada tabel 5 dan gaya lintang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 4. Hasil Analisis Srtuktur Pelat (Momen)

Jenis Pelat	M11	
	M_{tump} (N.mm)	M_{lap} (N.mm)
Waffle Slab	612,2	195,1
Konvensional	5018,48	2286,32

Tabel 5. Hasil Analisis Struktur Balok (Momen)

Jenis Pelat	Balok Tengah		Balok Tepi		Balok Rusuk	
	M_{tump} (N.mm)	M_{lap} (N.mm)	M_{tump} (N.mm)	M_{lap} (N.mm)	M_{tump} (N.mm)	M_{lap} (N.mm)
Waffle Slab	648,78	288,74	304,85	154,62	80,29	41,93
Konvensional	M_{tump} Balok (N.mm)	M_{lap} Balok (N.mm)				
	119,9	69,87				

Tabel 6. Hasil Analisis Struktur Balok (Gaya Lintang)

Jenis Pelat	Balok Tengah		Balok Tepi		Balok Rusuk	
	D _{tump} (KN)	D _{lap} (KN)	D _{tump} (KN)	D _{lap} (KN)	D _{tump} (KN)	D _{lap} (KN)
Waffle Slab	398,54	31,45	166,59	16,4	45,25	3,19
Konvensional	D _{tump} (KN)	D _{lap} (KN)				
	99,48	4,22				

b. **Rekapitulasi Penulangan Pelat**

Berdasarkan hasil analisis struktur pelat berupa momen, nilainya digunakan untuk analisis penulangan pelat. Hasil analisis penulangan pelat dengan sistem *waffle slab* dapat dilihat pada tabel 7. Dan hasil analisis penulangan pelat dengan sistem pelat konvensional dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini.

Tabel 7. Hasil analisis penulangan pelat dengan sistem *waffle slab*

Arah X		Arah Y	
As (mm ²)	tul pasang	As (mm ²)	tul pasang
210	Ø8 - 200	163,33	Ø8 - 300

Tabel 8. Hasil analisis penulangan pelat dengan sistem pelat konvensional

Arah X				Arah Y				susut	
Lapangan		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan			
As (mm ²)	tul pasang	As (mm ²)	tul pasang	As (mm ²)	tul pasang	As (mm ²)	tul pasang	As (mm ²)	tul pasang
503	Ø8 - 100	503	Ø8 - 100	503	Ø8 - 100	503	Ø8 - 100	180	Ø6 - 150

c. **Rekapitulasi Penulangan Balok**

Berdasarkan hasil analisis struktur balok yaitu momen dan gaya lintang dilakukan analisis tulangan balok. Momen digunakan untuk analisis tulangan longitudinal balok. Hasil analisis tulangan longitudinal balok dengan sistem *waffle slab* dan konvensional dapat dilihat pada tabel 9

Dan gaya lintang, digunakan untuk analisis tulangan geser balok. Hasil analisis tulangan geser balok dengan sistem *waffle slab* dan konvensional dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 9. Hasil analisis tulangan longitudinal balok

Jenis Pelat	Tulangan	Balok Tengah (40/60)		Balok Tepi (40/60)		Balok Rusuk (20/40)	
		Tul. Tump	Tul. Lap	Tul. Tump	Tul. Lap	Tul. Tump	Tul. Lap
Waffle Slab	Tarik	12D22	5D22	10D16	5D16	6D14	3D14
	Tekan	4D22	2D22	2D16	2D16	2D14	2D14
Konvensional	Tarik	Tul. Tump	Tul. Lap				
	Tekan	2D12	2D12				

Tabel 10. Hasil analisis tulangan geser balok

Jenis Pelat	Balok Tengah (40/60)		Balok Tepi (40/60)		Balok Rusuk (20/40)	
	Tul. Tump	Tul. Lap	Tul. Tump	Tul. Lap	Tul. Tump	Tul. Lap
	3Φ8- 100	Φ8- 250	Φ8- 250	Φ6- 250	Φ8- 150	Φ6- 150
Waffle Slab	Tul. Tump	Tul. Lap				
Konvensional	Φ6-250	Φ8- 250				

d. **Rekapitulasi Volume beton dan baja tulangan**

Berdasarkan hasil analisis penulangan pelat dan balok, maka diperoleh kebutuhan volume beton dan berat baja tulangan untuk masing-masing sistem pelat yang digunakan. Hasil analisis volume beton dan berat baja tulangan dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Hasil analisis Volume beton

Sistem waffle Slab			Sistem Pelat Konvensional		
Keterangan	Volume beton (m ³)	Berat baja tulangan (kg)	Keterangan	Volume beton (m ³)	Berat baja tulangan (kg)
Pelat (t = 60 mm)			Pelat (t = 120 mm)		
D8-300	55,45	1780,41	D8-200	92,42	9538,7
D8-200		1190,87	D6-150(tul susut)		1563
Balok			Balok (40/60)		
Tengah(40/60)		3223,52	4D22	70,2	4518,28
16D22	25,23	1203,09	D8-250		483,,32
7D22		815,43	D6-250		123,37
3D8-100		84,09			
D8-250					
Balok Tepi (40/60)					
12D16		1260,57			
7D16	25,23	636,35			
D8-250		215,83			
D6-250		62,21			
Balok rusuk (20/40)					
8D14	100,98	8644,37			
5D14		4698,03			
D8-150		2370,62			
D6-150		92,76			
TOTAL	207,58	27098,14		162,62	15743,35

KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan jarak antar kolom yang sama dan tebal pelat yang sama, lendutan pelat dengan sistem pelat konvensional lebih besar dibanding sistem *waffle slab*. Bila dirata-rata, maka terdapat perbedaan nilai lendutan sebesar 200%.
2. Jarak antar perletakan maksimum pada pelat dengan sistem *waffle slab* adalah 10 meter dan pelat dengan sistem konvensional adalah 6 meter sehingga jarak antar perletakan pada sistem *waffle slab* lebih panjang 66,67% dibanding dengan sistem pelat konvensional.
3. Hal ini berdampak pada penggunaan jumlah kolom, pada sistem *waffle slab* memiliki jumlah kolom 16 buah dan pada sistem pelat konvensional memiliki jumlah kolom 36 buah sehingga sistem *waffle slab* dapat menghemat penggunaan kolom sebesar 55,57% dibanding dengan sistem pelat konvensional.
4. Tebal pelat pada sistem *waffle slab* adalah 60mm dan tebal pelat dengan sistem konvensional adalah 120mm. Sehingga sistem *waffle slab* memiliki tebal pelat lebih tipis 40% dari sistem pelat konvensional.
5. Volume beton pada sistem *waffle slab* lebih boros 27,64% dari sistem pelat konvensional
6. Berat tulangan baja pada sistem *waffle slab* lebih boros 66,99% dari sistem pelat konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asroni, H.Ali.2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Nasution, Amrisyah.2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.
- [3] PPIUG, 1983 *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- [4] Puspantoro, M.Sc, Ir.Ign.Benny.1993. *Teori & Analisis Balok Grid*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [5] Dudun Anugerah W, 2011, *STUDI PENGARUH SISTEM STRUKTUR LANTAI BETON BERTULANG TERHADAP BIAYA KONSTRUKSI*, ITS
- [6] Denny Ervianto, 2012, *STUDI PERBANDINGAN PELAT KONVENTIONAL, RIBSLAB DAN FLATSLAB BERDASARKAN BIAYA KONSTRUKSI*, ITS

- Halaman ini sengaja dikosongkan -