

# **Analisa Perbandingan Efisiensi Sistem Struktur Pelat-Balok dengan Sistem Struktur *Flat Slab-Drop Panel* pada Proyek Jogja Apartment**

*Comparative Efficiency Analysis of Plate-Beam Structure System With Flat slab-Drop panel Structure System in Jogja Apartment Project*

**Ervan Nurfiansyah, Yoga Aprianto Harsoyo**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Banyaknya jenis sistem struktur dalam dunia konstruksi suatu gedung bertingkat mengakibatkan perencana harus memilih sistem struktur yang sesuai dengan kebutuhannya. Pada proyek Jogja Apartment digunakan sistem *flat slab-drop panel*, sistem pelat tersebut masih jarang digunakan dibandingkan dengan sistem pelat-balok yang sering digunakan pada setiap perencanaan gedung maupun rumah. Dari alasan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk membandingkan antara sistem *flat slab-drop panel* dan sistem pelat-balok yang ditinjau dari segi biaya pelaksanaan, waktu pelaksanaan, dan desain strukturnya. Penelitian dilakukan dengan cara mendesain ulang satu denah pelat gedung Jogja Apartment dengan menggunakan sistem *flat slab-drop panel* dan sistem pelat-balok dengan metode dan pembebanan yang sama. Metode yang digunakan dalam mendesain kedua sistem pelat tersebut adalah metode desain langsung dengan peraturan SNI 03-2847-2013 sebagai dasar perhitungannya. Dari hasil penelitian didapat bahwa sistem *flat slab-drop panel* memiliki biaya sebesar Rp3.552.429.292 lebih murah 24,52% dibandingkan menggunakan sistem pelat-balok sebesar Rp4.706.334.233. Untuk waktu pelaksanaan sistem *flat slab-drop panel* memiliki waktu lebih cepat 2 hari dibandingkan dengan sistem pelat-balok. Kemudian dari desain strukturnya sistem *flat slab-drop panel* memiliki tinggi ruang bebas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem pelat-balok.

Kata kunci: *flat slab, drop panel, metode desain langsung, pelat*

**Abstract.** The many types of structural systems in the construction world of a multi-storey building result in planners having to choose a structural system that suits their needs. In the Jogja Apartment project a *flat slab-drop panel* system is used, the plate system is still rarely used compared to the plate-beam system which is often used in every building or house planning. For this reason, this study was conducted to compare the *flat slab-drop panel* system and the plate-beam system in terms of implementation costs, implementation time, and structural design. The study was conducted by redesigning one plate layout of the Jogja Apartment building by using the *flat slab-drop panel* system and the plate-beam system using the same method and loading. The method used in designing the two plate systems is a direct design method with SNI 03-2847-2013 as the basis for its calculation. From the results of the study found that the *flat slab-drop panel* system has a cost of Rp 3.552.429.292 24,52% cheaper than using a plate-beam system of Rp4.706.334.233. For the implementation time the *flat slab-drop panel* has a faster time of 2 days compared to the plate-beam system. Then from the structural design the *flat slab* system with drop panels has a higher height of free space compared to the plate-beam system.

Keywords : *flat slab, drop panel, direct design method, plate*

## 1. Pendahuluan

### *Latar belakang*

Gedung *Jogja Apartment* memiliki kekhususan yaitu menggunakan sistem *flat slab-drop panel*. Dibandingkan dengan sistem pelat-balok sistem *flat slab-drop panel* ini masih jarang digunakan. Menurut More dan Sawant (2015) salah satu keuntungan sistem *flat slab* adalah mengurangi ketinggian keseluruhan bangunan atau memungkinkan lantai tambahan untuk dimasukkan dalam bangunan yang masih memiliki ketinggian yang cukup.

Sistem *flat slab-drop panel* dibandingkan dengan sistem pelat-balok bila ditinjau dari segi biaya pelaksanaan, waktu pelaksanaan maupun desain strukturnya mempunyai kekurangan dan kelebihan masing – masing. Dari alasan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk membandingkan antara sistem *flat slab-drop panel* dan sistem pelat-balok yang ditinjau dari segi biaya pelaksanaan, waktu pelaksanaan, dan desain strukturnya..

### *Rumusan Masalah*

Dasar penerapan kajian pada struktur *drop panel* di gedung *Jogja Apartment* ini adalah untuk membandingkan antara sistem *flat slab-drop panel* dengan sistem pelat-balok yang ditinjau dari segi biaya pelaksanaan, waktu pelaksanaan dan desain strukturnya.

### *Tujuan Penelitian*

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Untuk menganalisa efisiensi antara kedua sistem dengan membandingkan nilai biaya pelaksanaan.
- b. Untuk menganalisa efisiensi antara kedua sistem dengan membandingkan waktu pelaksanaan.
- c. Untuk menganalisa perbandingan dari desain strukturnya pada kedua sistem struktur tersebut.

### *Tinjauan Pustaka*

Dari studi pustaka yang telah dilakukan oleh penulis, terdapat beberapa penelitian

terdahulu yang memiliki kesamaan dengan penelitian penulis. Penelitian tersebut dilakukan oleh Munawar (2014), Pratomo (2018) dan Handaya dan Sutandi (2019) dengan penelitiannya yaitu membandingkan sistem *flat slab-drop panel* terhadap sistem pelat-balok. Ketiga penelitian tersebut dibandingkan dengan penelitian sekarang memiliki beberapa perbedaan.

Perbedaan dari ketiga penelitian tersebut adalah pada penelitian sekarang peraturan yang digunakan adalah SNI 03-2847-2013 dimana pada penelitian yang dilakukan oleh Munawar (2014) menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Pratomo (2018) dan Handaya dan Sutandi (2019) hanya membandingkan kedua sistem tersebut dari volume betonnya saja. Sedangkan pada penelitian sekarang membandingkan kedua sistem tersebut dari biaya pelaksanaan, waktu pelaksanaan, dan desain strukturnya. Selain pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pratomo (2018) menggunakan metode portal ekuivalen sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan metode desain langsung.

### *Dasar teori*

#### *Beban Struktur*

Dalam mendesain suatu struktur bangunan ada tiga hal pokok yang harus diperhatikan yaitu struktur yang direncanakan harus kuat, tahan lama dan mudah dalam pengerjaannya. Struktur harus menjamin bahwa dibawah pembebanan yang terburuk konstruksi masih aman. Dalam memberikan pembebanan dalam perencanaan desain struktur ada beberapa acuan yang dapat digunakan antara lain:

- a. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
- b. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.53.1987).

Bangunan harus dirancang dan dibangun untuk dapat menahan segala kemungkinan jenis beban yang akan dialami bangunan tersebut. Ada beberapa jenis-jenis beban struktur seperti beban mati, beban hidup, beban angin, beban dan beban gempa.

*Metode Desain Langsung (Direct Design Method)*

Menurut More *at al* (2015) ada beberapa metode yang bisa digunakan dalam mendesain *flat slab* yaitu *Direct Design Method* (DDM), *Equivalent Frame Method* (EFM), dan *Finite Element Method* (FEM).

Menurut Setiawan (2016), Metode Desain Langsung (*Direct Design Method*) adalah prosedur pendekatan untuk analisis dan desain pelat dua arah, pada metode ini dibatasi hanya pada sistem pelat yang dibebani oleh beban merata, serta tertumpu oleh kolom-kolom dengan jarak yang sama atau hampir sama. Metode ini menggunakan sejumlah koefisien untuk menentukan besarnya momen rencana pada bagian kritis.

Metode desain langsung adalah metode yang sangat sederhana dan terukur untuk analisis flat slab. Dalam metode ini momen total ( $M_o$ ) dihitung dan kemudian didistribusikan ke momen negatif dan momen positif. Semua momen negatif dan positif didistribusikan di lajur kolom dan lajur tengah (Chavan dan tande, 2016).

Batasan-batasan metode desain langsung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 13.6.11 :

- Minimal ada tiga bentang menerus dalam masing-masing arah panel.
- Panel pelat harus berbentuk persegi dan termasuk pelat dua arah yaitu rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendek tidak lebih dari 2.
- Panjang bentang panel yang berurutan pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing tidak boleh berbeda dari sepertiga bentang panel yang lebih panjang.
- Pergeseran (*offset*) kolom maksimum sebesar 10% dari bentangnya (dalam arah pergeseran) dari sumbu antara garis-garis pusat kolom yang berurutan.
- Semua beban harus akibat gravitasi dan didistribusikan merata pada panel keseluruhan. Beban hidup tak terfaktor (LL) tidak boleh melebihi 2 kali beban mati tak terfaktor (DL).
- Untuk panel pelat-balok di antara tumpuan pada semua sisinya, persamaan 1 ini harus dipenuhi.

$$0,2 \leq \frac{\alpha_1 \ell_2^2}{\alpha_2 \ell_1^2} \leq 0,5 \quad (1)$$

dimana  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$  dihitung dengan persamaan berikut:

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} \quad (2)$$

*Momen stati terfaktor total*

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.6.2, jumlah mutlak momen terfaktor positif dan negative dalam setiap arah tidak kurang dari persamaan berikut:

$$M_o = \frac{1}{8} Q_u L_2 L_n^2 \quad (3)$$

*Momen terfaktor negatif dan positif*

Berdasarkan SNI 2847-2103 pasal 13.6.3, momen terfaktor negatif harus terletak pada muka tumpuan persegi. Pada bentang interior, momen statis total,  $M_o$ , harus didistribusikan seperti berikut :

Koefisien momen terfaktor negatif,  $0,65 M_o$   
Koefisien momen terfaktor positif,  $0,35 M_o$

*Momen terfaktor pada lajur kolom*

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.6.4 nilai koefisien momen rencana negatif interior dan momen rencana eksterior pada lajur kolom didapat dari tabel dibawah ini:

Tabel 1 Persentase Momen Rencana Negatif Interior

$\ell_2/\ell_1$	0,5	1,0	2,0
$(\alpha_1 \ell_2/\ell_1) = 0$	75	75	75
$(\alpha_1 \ell_2/\ell_1) \geq 1$	90	75	45

Sumber : SNI 2847-2013

Tabel 2 Persentase Momen Rencana Negatif Eksterior

$\ell_2/\ell_1$	0,5	1,0	2,0	
$(\alpha_1 \ell_2/\ell_1) = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha_1 \ell_2/\ell_1) \geq 1$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

Sumber : SNI 2847-2013

Tabel 3 Persentase Momen Rencana Positif

$\ell_2/\ell_1$	0,5	1,0	2,0
$(\alpha_1 \ell_2/\ell_1) = 0$	60	60	60
$(\alpha_1 \ell_2/\ell_1) \geq 1$	90	75	45

Sumber : SNI 2847-2013

### Momen terfaktor pada balok

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.6.5 balok di antara tumpuan harus diproporsikan untuk menahan 85% momen lajur kolom bila  $\alpha_1 \ell_2 / \ell_1 \geq 1$ . Untuk nilai  $0 < \alpha_1 \ell_2 / \ell_1 < 1$ , proporsi momen lajur kolom yang ditahan oleh balok harus diperoleh dengan interpolasi linier antara 85% dan 0%.

### Sistem struktur flat slab-drop panel

Menurut Munawar (2014), *flat slab* adalah sistem pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom tanpa adanya balok di sepanjang garis kolom dalam, namun untuk balok tepi luar boleh ada atau tidak sesuai dengan kebutuhan

*Flat slab* cocok digunakan untuk beban yang besar dan bentang yang panjang, karena mempunyai kapasitas yang besar dalam menahan geser dan momen disekitar kolom. Dengan ketebalan pelat bervariasi dari 125 mm hingga 300 mm untuk rentang 4 hingga 9 m. (Kaulkhere dan Shete, 2017)

Perancangan dan perilaku struktur *flat slab* terbukti baik untuk menerima beban gravitasi. Tetapi ada kekurangan dari struktur *flat slab* yaitu dalam menerima beban lateral (gempa) yang belum terbukti ketepatan dan keakuratannya (Burhanuddin dkk., 2018)

Kekurangan lain dari sistem struktur *flat slab* ini yaitu berupa resiko keruntuhan *punching shear* yang sering terjadi didaerah sekitar sambungan pelat-kolom (Kurniawan dkk., 2014)

Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan adanya struktur tambahan berupa *drop panel*, pada bagian *drop panel* biasanya diperbesar untuk meningkatkan garis keliling bagian kritis untuk gaya geser sehingga meningkatkan kapasitas pelat untuk menahan geser *pons* dan mengurangi momen lentur negatif di sekitar kolom (Sathawane dan Deotale, 2011).

### Syarat desain drop panel

*Drop panel* merupakan penambahan tebal pelat di dalam daerah kolom yang berfungsi sebagai penahan gaya geser utama yang

menjadi bidang kontak antara pelat dan kolom (Constantine dkk., 2019).

Berdasarkan SNI 2847-2013 pada pasal 13.2.5 dan pasal 13.3.7, jika digunakan *drop panel* untuk mereduksi jumlah tulangan momen negatif didaerah kolom maka dimensi *drop panel* harus sesuai dengan hal-hal sebagai berikut :

- Drop panel* disediakan pada kedua arah dari pusat tumpuan sejarak tidak kurang dari seperenam jarak pusat ke pusat tumpuan pada arah yang ditinjau.
- Tebal *drop panel* tidak boleh kurang dari seperempat tebal pelat diluar daerah *drop panel*
- Pada perhitungan tulangan pelat yang diperlukan, tebal *drop panel* setempat tidak boleh diambil lebih dari seperempat jarak dari tepi *drop panel* ke tepi kolom atau tepi kepala kolom

### Tebal minimum flat slab

Tebal pelat dan kebutuhan tulangan pada sistem flat slab dihitung berdasarkan nilai-nilai ultimit gaya dalam hasil analisis struktur. Setelah itu, tulangan yang akan dirancang harus kuat untuk menahan besarnya momen positif dan momen negatif, sehingga terdapat dua bagian perancangan dalam hal ini, yaitu perancangan tulangan momen positif dan tulangan momen negatif (Dian dkk., 2018)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2 menyatakan bahwa untuk pelat tanpa balok dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimum harus memenuhi nilai pada Tabel 4 berikut dan tidak boleh kurang dari nilai berikut ini :

Tanpa *drop panel* : 125 mm

Dengan *drop panel* : 100 mm

Tabel 4 Tebal minimum flat slab interior

$f_y$ (Mpa)	Tanpa Penebalan		Dengan Penebalan			
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		interior Panel
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

Sumber : SNI 2847-2013

## Sistem struktur pelat-balok

Sistem pelat-balok merupakan sistem pelat yang sering digunakan, kuat dan sering digunakan untuk menunjang lantai yang tidak beraturan. Sistem pelat ini bertumpu pada balok-balok. Pelat bersifat sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bagian gedung, plat berfungsi sebagai pengaku horizontal yang bermanfaat mendukung ketegaran balok portal (Kembuan dkk., 2018)

Untuk pelat-balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 tebal minimum pelat-balok harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk nilai  $a_m \leq 0,2$  harus menggunakan persyaratan tebal minimum pelat tanpa balok seperti yang sudah dijelaskan diatas.
- Untuk nilai  $0,2 \leq a_m \leq 2$ ,  $h$  tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{0,8 + \frac{f_y}{1400}}{36 + 5\beta(a_m - 0,2)} \ln \geq 125 \text{ mm}$$

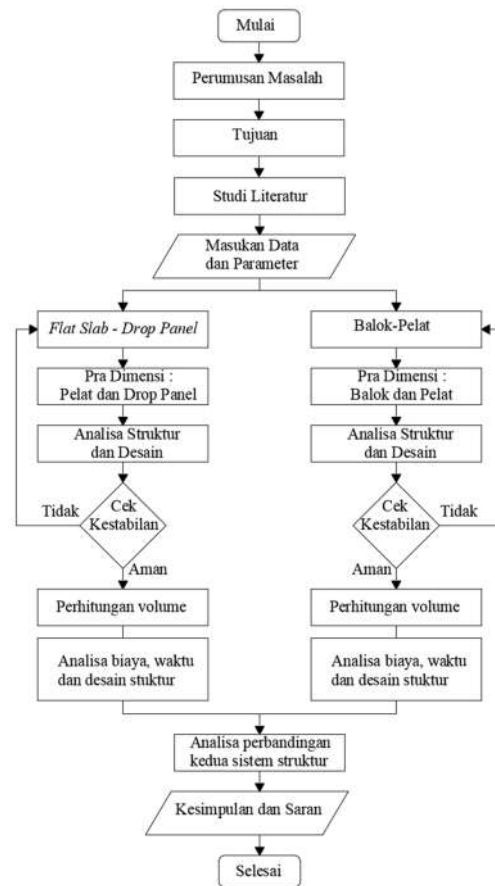
- Untuk  $a_m \geq 2$ , ketebalan minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{0,8 + \frac{f_y}{1400}}{36 + 9\beta} \ln \geq 90 \text{ mm}$$

## 2. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan referensi metode penelitian yang dilakukan oleh Lubis dan Sitous (2018), yaitu menggunakan studi literatur dengan mengumpulkan data dan keterangan dari buku-buku, peraturan-peraturan, dan jurnal-jurnal yang berhubungan dengan permasalahan penelitian. Dari data yang sudah dikumpulkan kemudian diaplikasikan dalam sebuah perencanaan struktur hingga akhirnya didapat perbandingan dari segi biaya, waktu dan desain struktur antara kedua sistem struktur yaitu sistem *flat slab-drop panel* dan sistem pelat-balok.

Untuk alur penelitian lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 *flow chart*

## Spesifikasi rencana struktur

- Mutu Beton**  
Mutu beton yang direncanakan ini sesuai data dari pihak kontraktor gedung *Jogja Apartment* yaitu untuk pelat dan struktur lain memiliki nilai  $f'_c$  sebesar 25 Mpa. Sehingga untuk struktur yang didesain pada penelitian ini menggunakan nilai  $f'_c$  sebesar 25 Mpa.
- Mutu Tulangan**  
Tulangan yang direncanakan menggunakan ulir dengan kuat leleh  $f_y$  sebesar 420 Mpa.
- Fungsi Gedung**  
Gedung direncanakan sebagai gedung apartemen dengan beban hidup (LL) pada lantai yang didesain sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$ .
- Denah pelat**  
Denah pelat lantai yang digunakan pada penelitian ini mengambil data denah lantai 1 *Jogja Apartment*.

## Analisis Data

## Analisa Struktur

Perencanaan kedua sistem struktur ini menggunakan metode yang sama yaitu metode desain langsung (*Direct Design Method*). Dalam merancang struktur *flat slab-drop panel* dan Pelat-balok ini menggunakan peraturan SNI 03-2847-2013 dan untuk pembebanan menggunakan peraturan PPURG tahun 1987. Khusus pendistribusian beban dari pelat ke balok menggunakan metode pembebanan amplop yaitu terdiri beban segitiga dan beban trapesium yang ditransfer ke balok. Untuk analisa pembebanan balok digunakan *software SAP2000* sebagai *software* bantu untuk mencari nilai momen dan gaya geser pada setiap balok.

## Analisa Biaya dan Waktu pelaksanaan

Setelah kedua sistem struktur didesain maka data kebutuhan volume beton, volume bekesting dan berat besi tulangan dapat dihitung untuk digunakan dalam analisa biaya pelaksanaan. Kebutuhan baja tulangan dibuat dalam *bar banding schedule* untuk dihitung berat totalnya. Sedangkan untuk kebutuhan volume beton dan volume bekesting dihitung dengan mencari volume total beton maupun bekesting yang dibutuhkan. Untuk perhitungan harga satuan pekerjaan mengacu pada aturan SNI 7394-2008. Sedangkan untuk harga satuan upah dan bahan yang digunakan pada perhitungan ini menggunakan harga satuan upah dan bahan kota Yogyakarta tahun 2018.

Pada analisa waktu pelaksanaan dari kedua sistem ini penulis menggunakan jumlah pekerja yang sama pada kedua sistem agar diketahui perbedaan waktu durasi setiap pekerjaannya. Sedangkan untuk mengetahui lamanya seluruh pekerjaan pada kedua sistem ini dapat membuat *time schedule* pada masing-masing sistem.

## Analisa Desain Struktur

Pada analisa dari segi desain struktur penulis membandingkan tinggi ruang bebas antar kedua sistem *flat slab-drop panel* dan pelat-balok dengan data tinggi *floor to floor* sesuai data gedung Jogja Apartment yaitu 3,2 m.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Pembebanan

Beban rencana yang bekerja pada struktur ini disesuaikan dengan PPURG 1987 didapat:

- Beban mati (*Dead load*)  
Beban mati tambahan pada pelat lantai adalah  $166 \text{ kg/m}^2$  atau  $1,63 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup (*Life load*)  
Beban hidup pada pelat lantai sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$  atau  $2,45 \text{ kN/m}^2$

### Perencanaan tebal flat slab

Panel eskterior tanpa balok pinggir,

$$h_{\min} = \frac{L_n}{33} = \frac{7,6}{33} = 0,2303 \text{ m}$$

Panel interior,  $h_{\min} = \frac{L_n}{36} = \frac{7,6}{36} = 0,211 \text{ m}$

Direncanakan tebal pelat  $h = 0,24 \text{ m}$  atau  $240 \text{ mm}$

### Lebar drop panel

$$\text{Lebar drop panel} \geq \frac{1}{6} L$$

$$\frac{1}{6} \times 8 = 1,33 \text{ m}$$

Direncanakan lebar *drop panel* keseluruhan  $1,4 \text{ m}$  untuk arah x atau untuk arah y diukur dari pusat kolom ke tepi *drop panel*. Jadi lebar dan panjang *drop panel*  $2,8 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}$ .

### Tebal drop panel

$$\frac{1}{4} h_{\text{pelat}} \leq h_{\text{drop panel}}$$

$$\frac{1}{4} h_{\text{pelat}} = \frac{1}{4} \times 240 = 60 \text{ mm}$$

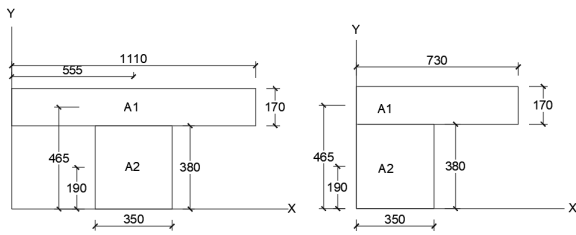
$$h_{\text{drop panel}} \leq \frac{1}{4} \text{ Jarak tepi kolom ke tepi drop panel}$$

$$\frac{1}{4} \text{ Jarak tepi kolom ke tepi drop panel}$$

$$\frac{1}{4} \times 1100 = 275 \text{ mm}$$

Direncanakan tebal *drop panel*  $100 \text{ cm}$ . Jadi dimensi *drop panel* yang digunakan  $2,8 \times 2,8 \times 0,1$ .

### Perencanaan tebal pelat-balok



Gambar 2 Penampang balok dalam dan luar

Lebar efektif ( $b_e$ ) diperhitungkan sebagai berikut :

$$b_e = b_w + 2h_w = 350 + 2 \times 380 = 1110 \text{ mm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 350 + 8 \times 170 = 1710 \text{ mm}$$

Dengan syarat panjang sayap (*flens*) tidak lebih dari

$$4 h_f = 4 \times 170 = 680 \text{ mm}$$

Untuk arah melebar bangunan :

$$\text{Inersis pelat, } I_{sl} = 2,45 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\text{Inersia balok, } I_b = 5,85 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Menggunakan persamaan

$$\text{Sehingga } \alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{sl}} = \frac{5,85 \times 10^9}{2,45 \times 10^9} = 2,38$$

$$\text{nilai } \alpha_2 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{sl}} = \frac{7,95 \times 10^9}{3,28 \times 10^9} = 2,42$$

$$\text{nilai } \alpha_3 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{sl}} = \frac{7,95 \times 10^9}{2,45 \times 10^9} = 3,24$$

$$\text{nilai } \alpha_4 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{sl}} = \frac{5,85 \times 10^9}{3,28 \times 10^9} = 1,78$$

Menghitung nilai  $\alpha_m$

$$\alpha_m = \frac{2,38 + 2,42 + 3,24 + 1,78}{4} = 2,45$$

Karena nilai  $\alpha_m > 2$  maka digunakan

$$h = \frac{0,8 + \frac{fy}{1400}}{36 + 9\beta} \ln \geq 90 \text{ mm}$$

$$h = \frac{0,8 + \frac{420}{1400}}{36 + 9 \cdot 1,37} \times 7400 \geq 90 \text{ mm}$$

$h = 168,42 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm}$  maka digunakan tebal pelat  $h = 170 \text{ mm}$

Hasil perhitungan semua balok

Dari analisa perhitungan yang dilakukan penulis terdapat 3 jenis balok rencana yang didesain yaitu B1, B2 dan B3. Ada 2 pengecekan kemampuan balok yang telah dilakukan penulis yaitu pengecekan kemampuan balok terhadap momen pada balok dan pengecekan kemampuan balok terhadap gaya geser balok. Hasil dimensi, Diameter tulangan dan jumlah tulangan balok serta kemampuan balok dalam menahan momen dan geser pada balok dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 dengan kesimpulan bahwa semua balok yang didesain sudah aman dalam menahan gaya momen dan geser balok.

Tabel 5 Pengecekan kemampuan momen balok

No	Jenis Balok	Lokasi	D (mm)	Jumlah Tulangan		$\phi M_n$ (kNm)	Mu (kNm)	Cek
				Atas	Bawah			
1	B1 (65x54)	Tumpuan	25	16	7	1453,76	1438,28	AMAN
		Lapangan	25	4	11	1043,22	961,42	AMAN
2	B2 (55x35)	Tumpuan	25	6	2	459,84	456,79	AMAN
		Lapangan	25	2	5	396,66	272,03	AMAN
3	B3 (55x30)	Tumpuan	25	6	2	459,84	456,79	AMAN
		Lapangan	25	2	4	317,35	183,40	AMAN

Tabel 6 Pengecekan kemampuan geser balok

No	Jenis Balok	Lokasi	D (mm)	Jenis sengkang	Jarak sengkang	$\phi V_n$ (kNm)	Vu (kNm)	Cek
1	B1 (65x55)	Tumpuan	10	4P10	80	885,66	884,02	AMAN
		Lapangan	10	4P10	120	666,93	650,25	AMAN
2	B2 (55x35)	Tumpuan	10	2P10	80	394,21	366,76	AMAN
		Lapangan	10	2P10	140	273,22	269,68	AMAN
3	B3 (55x30)	Tumpuan	10	2P10	110	294,76	293,29	AMAN
		Lapangan	10	2P10	150	245,75	224,69	AMAN

### Hasil perbandingan kedua sistem

Dari analisa yang telah dilakukan didapat perbandingan hasil antara sistem *flat slab-drop panel* dan sistem pelat-balok seperti tabel berikut ini :

Tabel 7 Perbandingan Sistem *flat slab-drop panel* dengan balok-pelat

No	Kriteria	<i>Flat slab-drop panel</i>	Pelat-balok	Keterangan	
1	Pembebanan (kg)	ADL (kg)	166	166	Sama
		LL (kg)	250	250	Sama
2	Perhitungan pelat	Metode Desain Langsung	Metode Desain Langsung	Sama	
3	Tebal Pelat (mm)	240	170	Sistem pelat-balok memiliki tebal lebih tipis 29,17%	
4	Biaya Bekesting(Rp)	Rp1.091.162.788	Rp1.404.270.128	Sistem <i>flat slab - drop panel</i> memiliki biaya bekesting lebih murah 22,30%	
5	Biaya Pembesian(Rp)	Rp1.493.955.706	Rp2.406.964.608	Sistem <i>flat slab - drop panel</i> memiliki biaya pembesian lebih murah 37,93%	
6	Biaya Pengecoran(Rp)	Rp967.310.799	Rp895.099.498	Sistem pelat-balok memiliki biaya pengecoran lebih murah 7,47%	
7	Biaya Pelaksanaan Total(Rp)	Rp3.552.429.292	Rp4.706.334.233	Sistem <i>flat slab - drop panel</i> memiliki biaya pelaksanaan lebih murah 24,52 %	
8	Waktu Pelaksanaan (Hari)	36	38	Waktu Pelaksanaan <i>flat slab</i> lebih cepat 5,26%	
9	Tinggi ruang bebas (m)	2,86	2,55	Tinggi ruang bebas <i>flat slab - drop panel</i> lebih tinggi 12,16%	

### Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu

Terdapat 3 penelitian sebelumnya yang mempunyai kesamaan dengan penelitian penulis yaitu membandingkan antara sistem *flat slab-drop panel* dan sistem pelat-balok, dari hasil penelitian penulis didapat perbandingan hasil dengan penelitian sebelumnya sebagai berikut ini :

- Pada penelitian pertama yang dilakukan oleh Munawar (2014) didapatkan hasil yang sama dengan penulis yaitu sistem *flat slab* lebih murah dengan sistem pelat balok dan untuk waktu pelaksanaan sistem *flat slab* lebih cepat 1 hari dibandingkan dengan sistem pelat-balok. Dari hasil penelitian penulis juga didapat hasil bahwa sistem *flat slab* lebih murah dibandingkan dengan sistem pelat-balok dan untuk waktu pelaksanaanya lebih cepat 2 hari dikarenakan luas denah pelat pada penelitian penulis lebih besar 4 kali dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.
- Penelitian yang kedua yaitu penelitian yang dilakukan oleh Pratomo (2018) didapat hasil bahwa sistem *flat slab-drop panel* memiliki volume beton yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem pelat konvensional. Sedangkan hasil penelitian penulis didapat bahwa sistem *flat slab-drop panel* memiliki volume beton yang lebih besar dibandingkan sistem pelat-balok, begitu juga dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Munawar (2014) dan Handaya dan Sutandi (2019) ,bahwa volume beton pada sistem *flat slab-drop panel* lebih besar dibandingkan dengan volume pelat-balok.
- Penelitian yang ketiga yaitu penelitian yang dilakukan oleh Handaya dan Sutandi (2019). Dari hasil penelitian penulis didapat hasil yang sama yaitu volume beton pada sistem *flat slab-drop panel* lebih besar daripada sistem pelat-balok.



#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perbandingan efisiensi yang telah dilakukan penulis antara sistem *flat slab-drop panel* dan sistem pelat-balok didapat kesimpulan sebagai berikut :

- a. Biaya total pelaksanaan pada satu pelat lantai gedung Jogja Apartment menggunakan sistem *flat slab-drop panel* memiliki biaya sebesar Rp3.552.429.292 lebih murah 24,52% dibandingkan menggunakan sistem pelat-balok sebesar Rp4.706.334.233. Untuk perbandingan biaya lainnya sebagai berikut :
  1. Biaya bekesting dengan sistem *flat slab-drop panel* memiliki biaya sebesar Rp1.091.162.788 lebih murah 22,30% dibandingkan menggunakan sistem pelat-balok sebesar Rp1.404.270.128.
  2. Biaya pembesian dengan sistem *flat slab-drop panel* memiliki biaya sebesar Rp1.493.955.706 lebih murah 37,93% dibandingkan menggunakan sistem pelat-balok sebesar Rp2.406.964.608
  3. Biaya pengecoran dengan sistem pelat-balok memiliki biaya sebesar Rp967.310.799 lebih murah 7,47% dibandingkan menggunakan *flat slab-drop panel* sebesar Rp895.099.498.Dari ketiga biaya pekerjaan tersebut sistem pelat-balok hanya unggul pada biaya pengecoran yang lebih murah, ini dikarenakan volume beton pada sistem pelat-balok lebih kecil dibandingkan volume beton sistem *flat slab-drop panel*.
- b. Waktu pelaksanaan pada satu pelat lantai gedung Jogja Apartment menggunakan sistem *flat slab-drop panel* memiliki waktu selama 36 hari lebih cepat 5,26% dibandingkan menggunakan sistem pelat-balok selama 38 hari.
- c. Desain struktur menggunakan sistem *flat slab-drop panel* memiliki tinggi ruang bebas 2,86 m lebih tinggi 12,16% dibandingkan menggunakan sistem pelat-balok 2,55 m.

#### 5. Daftar Pustaka

- BSN, 2013, SNI 03-2847-2013: *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Burhanuddin, D., Wahyuni, E dan Irawan, D., 2018, Desain Modifikasi Gedung Fave Hotel Cilacap Menggunakan Metode Flat Slab, *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 134-138.
- Chavan, G.R. dan Tande, S.N., 2016, Analysis and Design of Flat slab, *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 7(1), 133-138.
- Constantine, F.N., Sumajouw, M.D.J., dan Pandaleke, R., 2019, Studi Perbandingan Analisis Flat Slab dan Flat Plate, *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1397-1406
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, SKBI-1.3.53.1987: *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit P.U, Jakarta.
- Dian, F.A.A., Raka, I.G.P., dan Tavio, 2018, Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen One East Surabaya Menggunakan Struktur *Flat Slab* dengan Penambahan *Shear Wall*, *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 304-309
- Handaya dan Sutandi, A., 2019, Perbandingan Slab dengan Drop panel dan Slab dengan Balok Ditinjau dari Volume Beton dan Biaya, *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(1), 47-56.
- Kaulkhere, R.V dan Shete, G.N., 2017, Analysis and Design of Flat slab with various shapes, *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)*, 2(5), 538-544
- Kembuan, P., Wallah, S.E., dan Dapas, S.O., 2018, Desain Praktis Pelat Konvensional Dua Arah Beton Bertulang, *Jurnal Sipil Statik*, 6(9). 705-714
- Kurniawan, R., Budiaono, B., Surono, A., dan Pane, I., 2014, Studi Eksperimental Perilaku Siklis Flat Sab Beton Mutu Sangat

- Tinggi, *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 21(2), 139-146.
- Lubis, Z. dan Sitorus. T., 2018, Analisa Perbandingan Drop panel dan Transverse Shear Reinforcement pada Struktur Flat slab Beton Bertulang, *Jurnal Teknik Sipil USU*, 8(1), 1-12
- More, R.S. dan Sawant, V.S., 2015, Analysis of Flat slab, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(1), 98-101.
- More, R.S., Sawant, V.S dan Suryawanshi, Y.R., 2015, Analytical Study of Different Types of Flat slab Subjected to Dynamic Loading, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(1), 1600-1607.
- Munawar, M.C., 2014, Kajian Struktur Bangunan Gedung Politeknik Perkapalan ITS dengan Sistem Pelat dan Balok Biasa Konvensional Dibandingkan Sistem Struktur Flat slab dengan Drop panel Ditinjau dari Estetika, Biaya dan Waktu, *Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya*, 7(1), 83-92.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 40 Tahun 2018 Tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah
- Pratomo, A.H.W., 2018, Studi Efisiensi Penggunaan Flat slab dengan Drop panel Terhadap Pelat Konvensional pada Gedung 5 Lantai, *Jurnal Teknik Sipil Untag Samarinda*, 1(1), 1-7
- Sathawane, A.A. dan Deotale, R.S. 2011, Analysis And Design Of Flat slab And Grid Slab And Their Cost Comparison, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 1(3), 837-843.
- Setiawan, A., 2016, *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*, Erlangga, Jakarta.

## 6. Lampiran

### A. Perbandingan biaya pelaksanaan

Tabel Biaya pelaksanaan sistem pelat dan balok

No	Keterangan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Biaya
1	2	3	4	5	6 = 3 × 5
1	Bekesting				
	Bekesting Balok	1386,73	m <sup>2</sup>	Rp368.855	Rp511.503.770
	Bekesting Pelat	2070,64	m <sup>2</sup>	Rp431.155	Rp892.766.358
			Jumlah		Rp1.404.270.128
2	Pembesian				
	Pembesian Balok	57489,85	kg	Rp21.517	Rp1.237.009.142
	Pembesian Pelat	54373,54	kg	Rp21.517	Rp1.169.955.466
			Jumlah		Rp2.406.964.608
3	Pengecoran Pelat dan Balok	600,16	m <sup>3</sup>	Rp1.491.419	Rp895.099.498
			Total		Rp4.706.334.233

Tabel Biaya pelaksanaan *flat slab-drop panel*

No	Keterangan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Biaya
1	2	3	4	5	6 = 3 × 5
1	Bekesting				
	Bekesting <i>Drop panel</i>	696,09	m <sup>2</sup>	Rp368.855	Rp256.756.277
	Bekesting <i>Flat slab</i>	1935,28	m <sup>2</sup>	Rp431.155	Rp834.406.511
			Jumlah		Rp1.091.162.788
2	Pembesian				
	Pembesian <i>Drop panel</i>	7928,57	kg	Rp21.517	Rp170.598.992
	Pembesian <i>Flat slab</i>	61502,85	kg	Rp21.517	Rp1.323.356.714
			Jumlah		Rp1.493.955.706
3	Pengecoran <i>Flat slab</i> dan <i>Drop panel</i>	648,58	m <sup>3</sup>	Rp1.491.419	Rp967.310.799
			Total		Rp3.552.429.292

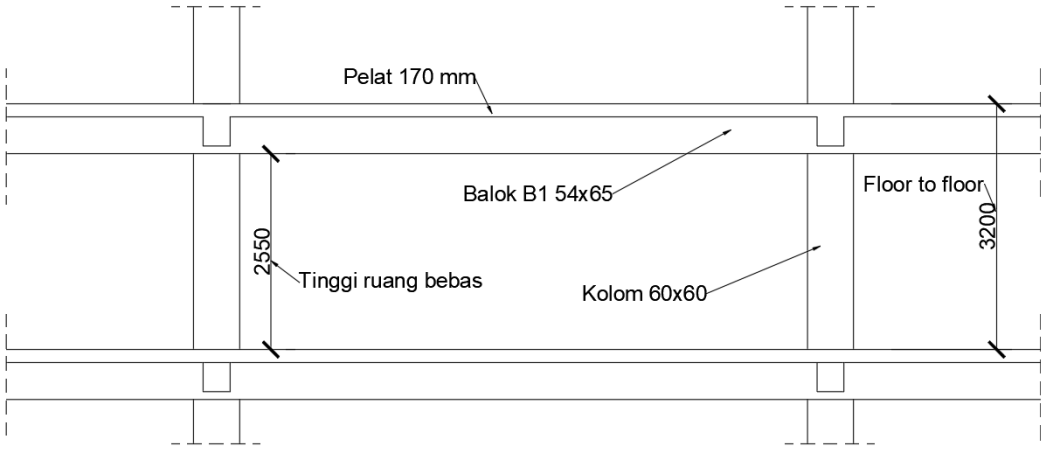
### B. Perbandingan waktu pelaksanaan

Tabel Durasi pekerjaan sistem pelat- balok

No	Keterangan	Volume	Satuan	Koefisien pekerja	Satuan	Jumlah pekerja	Durasi pekerjaan (Hari)
1	2	3	4	5	6	7	8=3×5/7
1	Bekesting						
	Bekesting Balok	1386,73	m <sup>2</sup>	0,660	O.H	30	31
	Bekesting Pelat	2070,64	m <sup>2</sup>	0,660	O.H	40	34
2	Pembesian						
	Pembesian Balok	57489,85	kg	0,007	O.H	20	20
	Pembesian Pelat	54373,54	kg	0,007	O.H	20	19
3	Pengecoran Pelat dan Balok	600,16	m <sup>3</sup>	0,275	O.H	20	8



C. Perbandingan tinggi ruang bebas  
Sistem struktur pelat-balok



Sistem struktur *flat slab-drop panel*

