

**STUDI KOMPARASI ANTARA PRACETAK MASIF DAN FLY SLAB**  
**STUDI KASUS : STRUKTUR GEDUNG RUSUNAWA SURAKARTA**

**Aria Wirawan, Budi Wicaksono**  
**Dr. Ir. Nuroji, MT., Ir. Windu Partono, M.Sc.**  
**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro**  
**Jl. Prof.Sudharto, S.H. Tembalang, Semarang 50275**  
**Email: Aria\_wirawan\_civil@yahoo.com**

**ABSTRACT**

*Fly slab is one of the precast concrete slab technological development that has been researched and patented by Ir . Sulistyana in 2011. The concept is how to reduce the mass of precast concrete slab with makes ribs on the concrete slab. To minimize the volume of concrete plate and while maintaining tensile area to makes the style transfer mechanism of concrete to reinforcement or otherwise, are expected to reduce the mass of the structure without reducing strength. Comparative study will be conducted in the final project based on Planning of Building Construction Rusunawa in Surakarta, Central Java 2013. This comparative study is done by compare the results of the structural design Rusunawa existing Surakarta and ready to build using conventional precast concrete massive, with a new structure plan Rusunawa Surakarta with using fly slab as material plate, beam and column structural elements using conventional concrete. Based on the analysis results, showed reduction in the volume of concrete and reinforcement elements beam and coloumn Rusunawa Surakarta structure is 20,25% and 6,3 %. Reduction reaction in the vertical structure of the Rusunawa Building in Surakarta is 16,93%.*

**Keywords** : *Fly Slab, Comparative Study, Reduction of Concrete, Reduction of Reinforcement, Reaction of Vertical Structure.*

*Fly slab merupakan salah satu pengembangan teknologi precast pada plat lantai beton yang telah diteliti dan dipatenkan oleh Ir. Sulistyana pada tahun 2011. Konsep yang digunakan adalah mengurangi massa plat lantai beton pracetak dengan membuat rib-rib pada plat lantai beton. Dengan meminimalisir volume beton pada daerah tarik plat lantai serta tetap menjaga mekanisme transfer gaya dari beton ke tulangan atau sebaliknya, diharapkan dapat mereduksi massa struktur tanpa mengurangi kekuatannya. Studi komparasi yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini adalah studi komparasi berdasarkan perencanaan Pembangunan Gedung Rusunawa Surakarta, Jawa Tengah tahun 2013. Studi komparasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil perencanaan struktur Rusunawa Surakarta yang sudah ada dan siap bangun menggunakan beton pracetak masif, dengan perencanaan struktur baru Rusunawa Surakarta menggunakan plat lantai fly slab serta elemen struktur balok dan kolom menggunakan beton konvensional. Berdasarkan hasil analisa, didapatkan hasil reduksi volume beton dan tulangan pada elemen struktur balok Gedung Rusunawa Surakarta sebesar 20,25 % dan 6,3 %. Reduksi reaksi vertikal struktur Gedung Rusunawa Surakarta sebesar 16,93 %.*

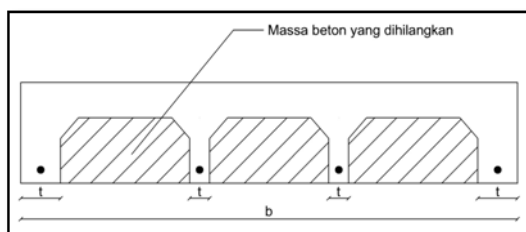
**Kata kunci** : *Fly Slab, Studi Komparasi, Reduksi volume beton, Reduksi Volume Tulangan, Reaksi Vertikal Struktur.*

## 1. Pendahuluan

Efektivitas pengelolaan proyek besar dapat diusahakan dengan menerapkan metode kerja yang tepat. Output yang diperoleh adalah reduksi biaya proyek dan waktu. Menurut (Hamdi dan Soengeng, 2010). Pada proyek yang mempunyai kegiatan pekerjaan beton dengan volume besar dan bentuk tipikal serta repetitif, umumnya metode *cast in situ* dan *precast* menjadi alternatif pilihan dalam pengambilan keputusan.

Metode *precast* memberikan banyak keuntungan dibandingkan metode *cast in situ*. Menurut Yee, (2001) komponen *precast* dirancang untuk meminimalkan bekisting. Sebagai hasilnya diperoleh penghematan waktu dan biaya konstruksi. Penghematan secara keseluruhan pada bahan bangunan membawa dampak yang signifikan terhadap lingkungan.

*Fly slab* merupakan salah satu pengembangan teknologi *precast* pada plat lantai beton yang telah diteliti dan dipatenkan oleh (Sulistiyana, 2011) dalam tesisnya “Penelitian Panel Beton Seluler dengan Rib Sebagai Pengaku” di Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Konsep penelitian dengan mengurangi massa plat lantai beton pracetak dengan membuat *rib* pada plat lantai beton seperti pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Plat Lantai Beton *Fly slab*

Berdasarkan penelitian tersebut, maka dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan studi komparasi pada Proyek Gedung Rusunawa Surakarta.. Proyek tersebut direncanakan menggunakan beton pracetak masif pada struktur balok, kolom dan plat lantai. Studi komparasi ini bertujuan untuk

membandingkan besaran reduksi keterbutuhan material struktur yang terjadi pada struktur balok dan kolom akibat penggunaan plat lantai *fly slab*. Penggunaan *fly slab* ini juga diharapkan dapat menghasilkan reaksi vertikal struktur keseluruhan yang lebih kecil dari rencana awal. Semakin kecilnya beban vertikal yang terjadi pada struktur tentunya dapat dipastikan akan terjadi reduksi kebutuhan pondasi.

## 2. Tujuan

Tujuan dari studi komparasi ini adalah :

1. Mengevaluasi sistem struktur pracetak semi-konvensional masif dengan sistem struktur plat lantai *fly slab*.
2. Menganalisis besaran reduksi volume beton dan volume tulangan struktur elemen balok dan kolom.
3. Menganalisis perbandingan reaksi vertikal struktur.
4. Mengevaluasi efisiensi penggunaan plat lantai *fly slab*.

## 3. Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup studi komparasi ini antara lain :

1. Struktur yang ditinjau adalah struktur portal 3D.
2. Mengasumsikan bahwa data - data gambar desain awal adalah valid dan dapat digunakan sebagai acuan.
3. Struktur Gedung Rusunawa Surakarta diasumsikan sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
4. Studi komparasi ini hanya membandingkan besaran reaksi perletakan, tidak memperhitungkan kebutuhan pondasi.
5. Studi komparasi tidak meninjau perencanaan tangga, *lift* dan fasilitas penunjang bangunan lainnya.
6. Studi komparasi tidak meninjau metode pelaksanaan konstruksi, rencana anggaran biaya, manajemen konstruksi, dan spesifikasi teknis Struktur Gedung Rusunawa Surakarta.

#### 4. Tinjauan Pustaka

Menurut (Schodek, 1992) kriteria-kriteria yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

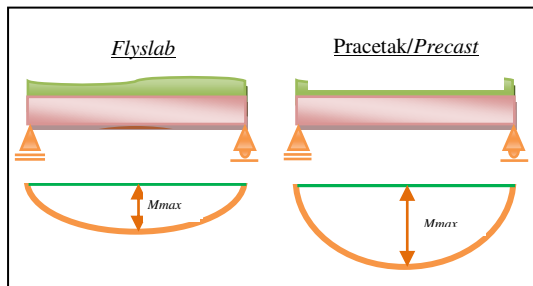
1. Kemampuan Layanan (*Serviceability*)
2. Efisiensi
3. Konstruksi
4. Harga

Bagi kajian analisis, sistem struktur terdapat dua kategori dasar sistem, yaitu struktur kerangka (portal) dan struktur kontinum.

Menurut (Asroni<sup>1</sup>, 2010) sistem struktur portal pada dasarnya di desain memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap yang disebut sebagai Sistem rangka pemikul momen. Sistem rangka pemikul momen dibagi menjadi 3 jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

#### Balok

Pada struktur portal, balok berfungsi sebagai pemikul beban plat lantai yang menumpu di atasnya, kemudian dilimpahkan kepada kolom. Karena plat lantai *fly slab* yang memiliki berat lebih ringan dibandingkan dengan plat lantai konvensional/*precast* masif, maka beban yang dipikul balok akibat *fly slab* akan menjadi lebih ringan seperti pada ilustrasi Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Ilustrasi Bidang Momen Balok Akibat Beban Plat

#### Perencanaan Balok

Berdasarkan Pasal 23.3. SNI 03 – 2847 – 2002 menyatakan bahwa dalam

menentukan komponen struktur lentur pada SRPMK maka harus memenuhi syarat di bawah ini :

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi  $0,1 \times A_g \times f'_c$ .
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Perbandingan lebar dan tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.
4. Lebarnya tidak boleh kurang dari 250 mm.

#### Penulangan Lentur Balok

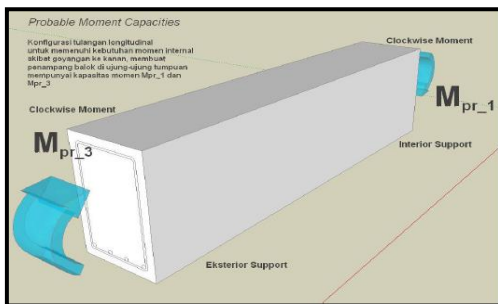
Berikut adalah ketentuan-ketentuan dalam perencanaan penulangan balok pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002, yaitu :

1. Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur, kecuali sebagaimana yang ditentukan SNI 03-2847-2002 Pasal 12.5.3 sebagai berikut :
  - a. Jumlah tulangan atas dan bawah tidak boleh kurang dari  $\frac{b_w \times d}{4 \times f_y} \sqrt{f'_c}$ , dan tidak boleh kurang dari  $\frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$ .
  - b. Rasio tulangan ( $\rho$ ) tidak boleh melebihi 0,025.
  - c. Sekurang-kurangnya harus ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus.
2. Kuat lentur positif komponen lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut.
3. Sambungan lewatan pada tulangan lentur hanya diizinkan jika ada tulangan spiral atau sengkang tertutup yang mengikat bagian sambungan lewatan tersebut.
4. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap

penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

### Penulangan Geser Balok

Gaya geser rencana ( $V_e$ ) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum ( $M_{pr}$ ) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan dan komponen struktur tersebut dan dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.



**Gambar 2.2.**  $M_{pr}$  Yang Terjadi Pada Muka Tumpuan Balok

Berikut ini adalah langkah – langkah perencanaan penulangan geser pada balok, yaitu :

1. Rencanakan  $f'_c$ ,  $f_y$ , diameter tulangan sengkang dan  $V_g$ .
2. Hitung momen kapasitas tumpuan ( $M_{pr}$ ), lihat Gambar 2.2.
  - Momen tumpuan negatif (berlawanan arah jarum jam)
  - Momen tumpuan positif (searah jarum jam)

Hitung reaksi gaya geser akibat gempa di ujung-ujung balok, lihat Gambar 2.3 :

$$\pm V_{gempa} = \frac{(M_{pr}^+ + M_{pr}^-)}{L}$$

dimana :  $L$  = panjang bersih balok

3. Hitung gaya geser ultimate

$$V_u = V_{gempa} \pm \frac{W_u \times L}{2}$$

→ (dipilih  $V_u$  yang paling besar)  
dimana :

$W_u$  = Gaya geser beban gravitasi yang diambil sebesar  $1,2 DL + 1,0 LL$ .

4. Hitung gaya geser total

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

dimana :  $\phi = 0.75$  (SNI 03-2847-2002

Pasal 11.3.2.3). Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 23.3.4.2,  $V_c$  dapat diambil = 0, jika :

- a) Gaya geser akibat gempa yang dihitung mewakili setengah atau lebih daripada kuat geser perlu maksimum di sepanjang daerah tersebut, dan
- b) Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat gempa, lebih kecil dari  $A_g \times f'_c / 20$ .

Jika syarat  $V_c$  tersebut diatas tidak dipenuhi, maka  $V_c$  dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_w \times d$$

5. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_g} \leq S_{maks}$$

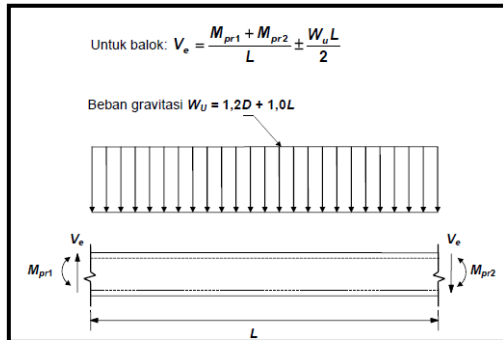
dimana :  $A_v$  = Luas tulangan sengkang ( $mm^2$ )

$$S_{maks} \leq \begin{aligned} & \frac{1}{4} d \\ & \leq 8 \times \text{dimeter terkecil tulangan memanjang} \\ & \leq 24 \times \text{dimeter batang tulangan sengkang} \\ & \leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sengkang harus dipasang pada komponen struktur pada daerah-daerah dibawah ini:

- Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang di kedua ujung komponen struktur lentur di sepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang .
- Sengkang pertama harus dipasang  $\leq 50$  mm dari muka tumpuan
- Sengkang pada daerah lebih dari dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan pada kedua sisi dari suatu

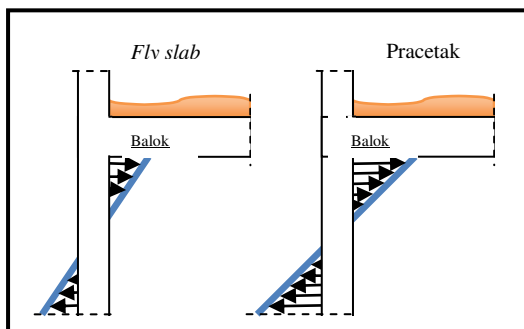
penampang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari  $\frac{1}{4}$  d disepanjang bentang komponen struktur ini.



**Gambar 2.3.** Ilustrasi Perencanaan Geser Untuk Balok

### Kolom

Kolom berfungsi memikul beban balok dan plat lantai yang kemudian akan dilimpahkan kepada pondasi. Karena plat lantai yang digunakan pada sistem struktur baru Gedung Rusunawa Surakarta adalah *fly slab* yang memiliki beban lebih ringan seperti Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Bidang Momen Kolom Akibat Beban Plat dan Balok

### Perencanaan Balok

Berdasarkan pasal 23.4 SNI 03 – 2847 – 2002 menyatakan bahwa dalam menentukan komponen struktur yang menerima kombinasi lentur dan aksial pada SRPMK harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Gaya aksial tekan terfaktor lebih besar dari  $0,1 \times A_g \times f'_c$ .

2. Ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris  $> 300$  mm.
3. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

### Penulangan Longitudinal Kolom

Pengelupasan selimut beton sering terjadi di ujung-ujung kolom. Oleh karena itu, bila harus dipakai sambungan lewatan maka harus ditempatkan disekitar tengah ketinggian kolom dimana tegangan bolak-balik akan terjadi lebih kecil dibanding dengan yang terletak didekat hubungan balok-kolom.

Berdasarkan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, serta SNI 03 – 2847 – 2002 Pasal 23.4.2.2 berikut adalah langkah-langkah perencanaan kebutuhan tulangan longitudinal kolom, yaitu :

1. Hitung nilai momen nominal  $M_g$  akibat tulangan terpasang balok yang menumpu pada kolom..
2. Hitung jumlah momen akibat tulangan terpasang balok.  $M_g^{(-)}$  dan  $M_g^{(+)}$  yg menumpu pada kolom.
3. Hitung  $\frac{6}{5} \times \sum M_g$  dari

perhitungankuat momen lentur tarik tulangan terpasang balok pada muka joint didasarkan pada tegangan tarik 1,25  $f_y$ .

4. Menentukan momen kapasitas kolom  $\sum M_c$ . Dimana  $M_c$  diperoleh berdasarkan nilai tekan aksial yang terjadi pada kolom, yang kemudian diplotkan ke dalam diagram interaksi kolom yang dibuat dengan bantuan *software* SP-Column.
5. Cek kuat lentur kolom dengan persamaan berikut ini :

$$\sum M_c > \frac{6}{5} \times \sum M_g.$$

Dalam perencanaan kolom digunakan prinsip Sistem Rangka

Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yaitu *strong coloum weak beam* dimana bertujuan untuk mengurangi kemungkinan leleh yang terjadi pada kolom. Jika kolom tidak lebih kuat dari kondisi balok-balok yang menyatu pada satu titik, ada kemungkinan terjadi aksi inelastik.

### Penulangan Transversal Kolom

Tulangan transversal pada kolom merupakan fungsi dari kebutuhan desain gempa. Jika terjadi *spalling* pada selimut beton, maka kolom akan tetap mampu menopang beban aksial. Berikut ini adalah ketentuan-ketentuan dalam perencanaan tulangan transversal kolom berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002, Pasal 23.4.4 adalah sebagai berikut :

#### 1. Dibentang lo

a) Menentukan bentang lo.

Diperlukan tulangan hoops sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom, dimana  $l_o$  dipilih yang terbesar diantara :

- Tinggi penampang komponen struktur pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur ( $h_{balok}$ ).
- Seperenam bentang bersih komponen struktur (1/6 kali tinggi bersih kolom).
- 500 mm.

b) Menghitung luasan penampang minimum tulangan transversal. Didalam SNI 03-2847-2002 Pasal 23.4.4.1 disebutkan bahwa luas total penampang sengkang persegi tidak boleh kurang daripada persamaan berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \times \left\{ \frac{s \times h_c \times f_r c}{f_{yh}} \right\} \times \left\{ \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right\}.$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \times s \times h_c \times f_r c}{f_{yh}}.$$

c) Menghitung spasi maksimum tulangan transversal. Didalam SNI 03-2847-2002 Pasal 23.4.4.2 disebutkan bahwa tulangan transversal harus diletakkan dengan spasi tidak lebih daripada :

- $\frac{1}{4}$  dimensi terkecil komponen

struktur

- 6 kali diameter tulangan longitudinal
- $s_x$  sesuai persamaan ini :

$$s_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3}.$$

dimana nilai  $h_x = \frac{2}{3} \times h_c$

Untuk nilai  $s_x$  tidak perlu lebih besar daripada 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

d) Pasang tulangan transversal (sengkang) kolom

$$A_{sh \text{ pasang}} > A_{sh}$$

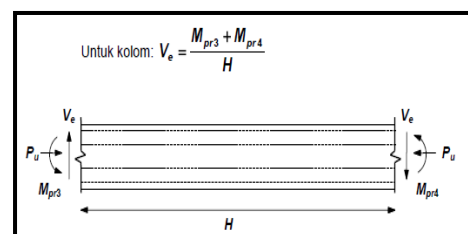
#### 2. Diluar bentang lo

a) Menghitung besarnya gaya geser rencana ( $V_e$ ).

$$V_e = \frac{M_{pr_3} + M_{pr_4}}{H}$$

dimana :

- $M_{pr3}$  dan  $M_{pr4}$  adalah momen-momen kolom yang didasarkan pada tegangan tarik 1,25  $f_y$ . Seperti terlihat pada Gambar 2.5.
- H adalah bentang bersih kolom.



Gambar 2.5. Perencanaan Geser Kolom

b) Menghitung besarnya gaya geser akibat beton ( $V_c$ )

$$V_c = \left\{ \frac{\sqrt{f_c} \times b_w \times d}{6} \right\} \times \left\{ 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right\}$$

dimana :

- $A_g$  adalah luas penampang kolom.
- $N_u$  adalah gaya aksial yang terjadi pada kolom yang ditinjau.

c) Menghitung besarnya ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

d) Menghitung spasi tulangan transversal. Didalam SNI 03-2847-2002 Pasal 23.4.4.6 disebutkan bahwa sepanjang sisa tinggi kolom bersih diberi hoops dengan spasi minimum 150 mm atau 6 kali diameter tulangan longitudinal.

e) Menghitung luasan tulangan transversal.

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

### Fly Slab

*Fly slab* merupakan optimasi elemen lentur plat beton panel seluler yang mereduksi massa plat beton tanpa mengurangi kapasitas lenturnya. *Fly slab* juga merupakan optimasi antara reduksi massa akibat pembentukan ruang dengan kemampuan panel seluler dalam menahan kuat lentur. *Fly slab* memiliki *rib-rib* yang berfungsi sebagai penahan gaya geser horizontal yang terjadi dan untuk menempatkan tulangan tarik. (Sulistiyana, 2011).

Awal *mula fly slab* ini muncul dari pengembangan model plat panel yang sudah pernah diteliti sebelumnya. Dari berbagai jenis model panel yang sudah ada, terdapat beberapa kekurangan yang membuat panel tersebut menjadi kurang optimal.

Maka *fly slab* menjadi solusi untuk mengatasi kekurangan - kekurangan pada plat panel sebelumnya. Secara sifat struktural plat lantai *fly slab* tidak berbeda dengan plat lantai pada umumnya, *fly slab* hanya mereduksi

massa beton di daerah tarik saja seperti terlihat pada Gambar 2.15.

**Gambar 2.15.** Gaya-Gaya Dalam Pada Penampang *Fly Slab*

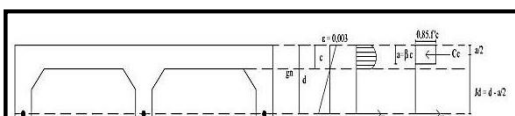
- Penampang plat seluler
- Diagram regangan plat seluler
- Diagram tegangan faktual plat
- Diagram tegangan ekuivalen plat

Dengan demikian, upaya reduksi massa pada elemen lantai akan sangat berpengaruh secara signifikan terhadap pengurangan massa bangunan. Untuk kemudahan pelaksanaan di lapangan, *fly slab* dirancang sebagai plat pracetak yang diproduksi di pabrik. Hal tersebut akan berimbas kepada waktu pelaksanaan yang lebih cepat karena tidak perlu menunggu umur beton, sehingga pekerjaan selanjutnya bisa langsung dikerjakan.

Berdasarkan situs resmi *fly slab* (<http://www.flyslab.co.id>) menyatakan bahwa pada dasarnya beton *fly slab* itu dibuat tidak di tempat pelaksanaan proyek melainkan di tempat lain, misalnya pabrik. Sehingga akan menambah biaya angkut untuk transport beton pracetak ke lokasi proyek dan kelebihan juga, beton pracetak ini tidak terpengaruh cuaca yang berubah-ubah karena tidak dilakukan di lokasi proyek.

Beberapa keuntungan dalam penggunaan beton pracetak *fly slab* pada struktur adalah sebagai berikut :

- Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunan.
- Dicapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangannya.
- Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana.
- Pihak yang bertanggung jawab lebih sedikit.
- Mempunyai aspek positif terhadap schedule, terutama





kemudahan di dalam melakukan pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pekerjaan.

- 6) Jumlah pekerja kantor proyek lebih sedikit. Demikian juga tenaga lapangan yang dibutuhkan untuk setiap unit komponen yang lebih kecil karena pekerjaan dapat dilaksanakan secara seri.
- 7) Menggunakan tenaga buruh kasar sehingga upah relatif lebih murah.
- 8) Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan *cast-in-situ* dan kemudian menggabungkan dengan komponen-komponen beton pracetak.
- 9) Aspek kualitas, di mana beton dengan mutu prima dapat lebih mudah dihasilkan di lingkungan pabrik.
- 10) Produksinya tidak terpengaruh oleh cuaca.
- 11) Biaya yang dialokasikan untuk supervisi relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan durasi proyek yang lebih singkat.
- 12) Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat.
- 13) Mampu mereduksi biaya konstruksi.
- 14) Dapat dihasilkan struktur bangunan dengan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik.

*Fly slab* kini telah diproduksi secara massal dan dijual ke pasaran konstruksi. *Fly slab* dijual dalam beberapa tipe dan dapat menyesuaikan tipe berdasarkan kebutuhan lapangan sesuai ketentuan kapasitas ukuran *fly slab*. Beban per luasan *fly slab* adalah  $120 \text{ kg/m}^2$ . Tipe plat lantai *fly slab* yang telah beredar di pasaran saat ini dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2.** Tipe Plat Lantai *Fly Slab*

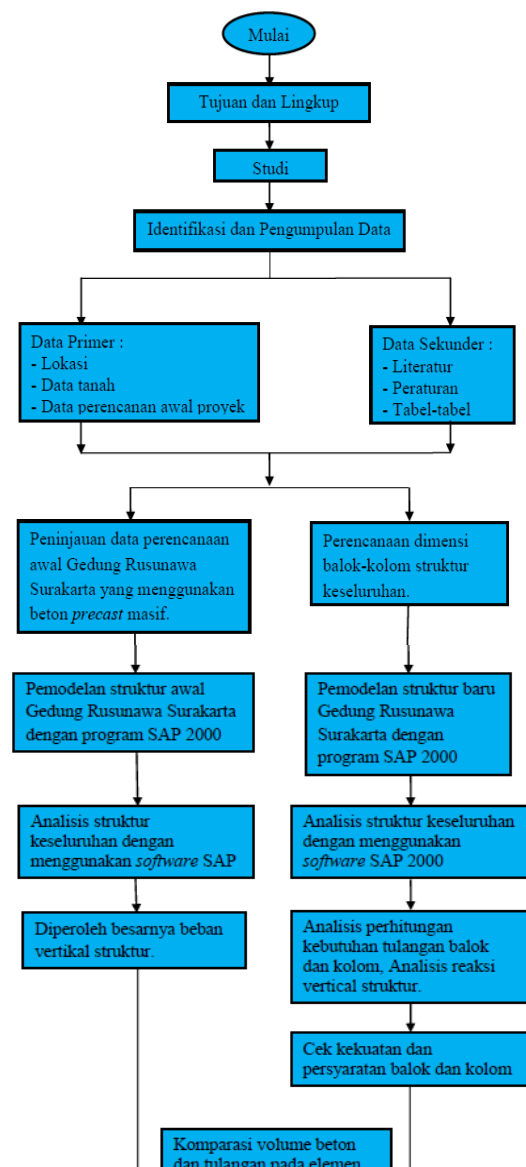
No	Tipe Fly Slab	Mutu Beton	Mutu Baja Tulangan	Max Life Load Capacity
1	CCS.01.01.01 600 x 1000 x 100	K-250	U-32 U-24	250 Kg/m <sup>2</sup>
2	CCS.01.01.02 600 x 1500 x 100	K-250	U-32 U-24	250 Kg/m <sup>2</sup>
3	CCS.01.01.03 600 x 2000 x 100	K-300	U-32 U-24	250 Kg/m <sup>2</sup>
4	CCS.01.01.04 600 x 2500 x 100	K-300	U-39 U-24	300 Kg/m <sup>2</sup>
5	CCS.01.01.05 600 x 3000 x 100	K-300	U-39 U-24	300 Kg/m <sup>2</sup>

9	CCS.01.02.02 800 x 1500 x 100	K-250	U-32 U-24	250 Kg/m <sup>2</sup>
10	CCS.01.02.03 800 x 2000 x 100	K-300	U-32 U-24	250 Kg/m <sup>2</sup>
11	CCS.01.02.04 800 x 2500 x 100	K-300	U-39 U-24	300 Kg/m <sup>2</sup>
12	CCS.01.02.05 800 x 3000 x 100	K-300	U-39 U-24	300 Kg/m <sup>2</sup>
13	CCS.01.02.06 800 x 3500 x 100	K-400	U-39 U-24	300 Kg/m <sup>2</sup>
14	CCS.01.02.07 800 x 4000 x 100	K-400	U-39 U-24	300 Kg/m <sup>2</sup>

Sumber : <http://www.flyslab.co.id>

## 5. Metodologi Studi Komparasi

Proses studi komparasi struktur Gedung Rusunawa Surakarta dalam Tugas Akhir ini ditampilkan dalam bag an alir (*flow chart*) berikut ini :





Untuk acuan analisis perencanaan struktur baru Gedung Rusunawa Surakarta adalah sebagai berikut :

1) Perhitungan Atap

Atap direncanakan dengan bantuan *software* SAP 2000, dan analisis perhitungan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 dan PPIUG 1983.

2) Perhitungan Plat Lantai

Plat lantai yang digunakan adalah plat lantai pracetak *fly slab* yang termasuk dalam kategori *one way slab*. Spesifikasi plat lantai *fly slab* dapat dilihat pada penjelasan Bab II, dimana pada kondisi lapangan tipe plat lantai *fly slab* dapat menyesuaikan ukuran berdasarkan kebutuhan di lapangan selama memenuhi batasan-batasan ukuran *fly slab* seperti pada Tabel 2.2.

3) Perhitungan Portal (Balok dan Kolom)

Balok dan kolom direncanakan dengan *software* SAP 2000, kemudian dianalisis sesuai dengan SNI 03-2847-2002. Khusus untuk kolom, dalam membuat diagram interaksi kolom digunakan *software* SP-Column.

4) Perhitungan Gaya Gempa

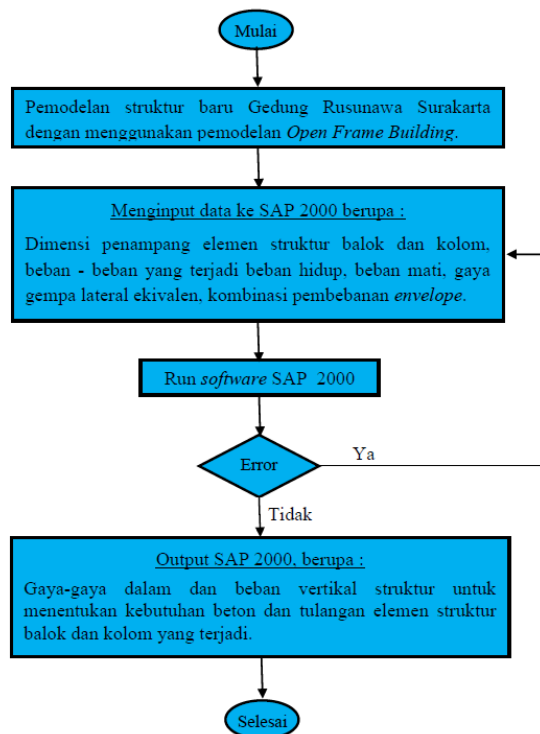
Analisis gempa struktur baru Gedung Rusunawa Surakarta dilakukan dengan menggunakan analisis gaya lateral ekuivalen yang sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

6. Analisis Studi Komparasi

Data pada rencana awal Gedung Rusunawa Surakarta seperti pada Gambar 4.1. didesain kembali dengan modul yang sama dan beberapa pendekatan perilaku, serta pada plat lantai direncanakan dengan plat lantai *fly slab*. Penentuan dimensi balok dan kolom dengan plat lantai *fly slab* diasumsikan sedemikian rupa dengan prinsip bahwa akibat penggunaan plat lantai *fly slab* membuat beban struktur menjadi lebih ringan.

**Gambar 3.1.** Flow Chart Penyusunan Tugas Akhir

Adapun diagram alir (*flowchart*) analisis perhitungan portal 3D struktur baru Gedung Rusunawa Surakarta dengan menggunakan *software* SAP 2000 adalah sebagai berikut :



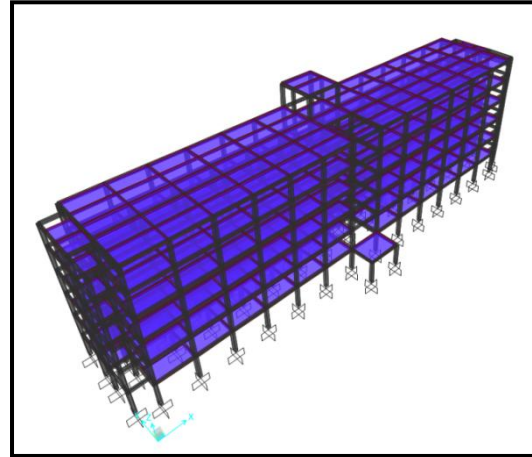
**Gambar 3.1.** Flowchart Perhitungan Portal 3D dengan Menggunakan Software SAP 2000.

Menurut (Sulistiyana, 2011) struktur plat lantai yang lebih ringan akan berdampak banyak pada reduksi perencanaan dan pelaksanaan struktur seperti pada kebutuhan struktur balok, kolom dan pondasi.

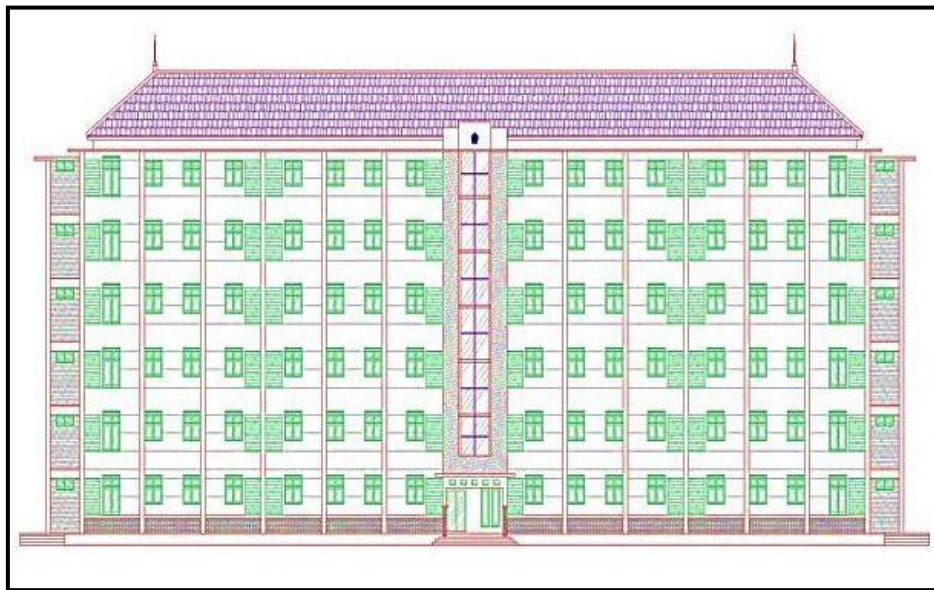
Hasil perencanaan struktur baru Gedung Rusunawa Surakarta akan dikomparasikan dengan data struktur awal Gedung Rusunawa Surakarta yang merupakan data aplikatif dan siap bangun untuk didapatkan hasil reduksinya.

Analisis struktur dilakukan dengan software SAP 2000 dengan konsep *Open Frame Building* yang meliputi pembebanan struktur gedung Rusunawa Surakarta, analisis gaya – gaya dalam yang terjadi, analisis kebutuhan dimensi dan tulangan balok dan kolom dan analisis beban vertikal struktur.

tipe balok berdasarkan beban yang bekerja pada balok. Langkah awal dalam menganalisa pembebanan adalah pemodelan dengan *software* SAP 2000 seperti pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Pemodelan Struktur Rusunawa Surakarta



**Gambar 4.1.** Tampak Depan Gedung Rusunawa Surakarta.

Analisa pembebanan dilakukan berdasarkan acuan gambar kerja rencana awal Struktur Rusunawa Surakarta. Analisa pembebanan pada Struktur Baru Gedung Rusunawa Surakarta yang menggunakan plat lantai *fly slab* dilakukan dengan program SAP 2000.

Analisa struktur dilakukan dengan metode pradimensi di mana telah ditentukan terlebih dahulu dimensi dan

Hasil analisa SAP akan memberikan reaksi gaya dalam yang digunakan untuk merencanakan kebutuhan tulangan balok. Adapun beban-beban yang akan dianalisa dan bekerja pada struktur portal Gedung Rusunawa Surakarta adalah sebagai berikut :

**1) Beban Mati (*Dead Load*).**

Beban mati yang bekerja di dalam struktur Gedung Rusunawa

Surakarta adalah beban sendiri struktur yang secara otomatis dihitung oleh *software* SAP 2000, tanpa perlu diinput besarnya beban. Yang termasuk beban mati adalah berat balok dan berat kolom.

## 2) Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*).

Beban *Super Dead Load* yang bekerja didalam struktur Gedung Rusunawa Surakarta adalah sebagai berikut :

### a. Beban Dinding.

Di dalam PPIUG 1983 dijelaskan bahwa besarnya beban dinding pasangan setengah batu bata merah adalah  $250 \text{ kg/m}^2$ . Sehingga beban dinding yang bekerja adalah sebesar :

Dinding 3,25 meter =  $250 \text{ kg/m}^2 \times 3,25 \text{ m} = 812,5 \text{ kg/m}^2$ .

Dinding 2,75 meter =  $250 \text{ kg/m}^2 \times 2,75 \text{ m} = 687,5 \text{ kg/m}^2$ .

### b. Beban Spesi dan Penutup Lantai.

Di dalam PPIUG 1983 dijelaskan bahwa besarnya beban adukan semen per cm tebal adalah sebesar  $21 \text{ kg/m}^2$ , sedangkan beban penutup lantai tanpa adukan per cm tebal adalah sebesar  $24 \text{ kg/m}^2$ . Sehingga beban spesi dan penutup lantai yang bekerja adalah :

Spesi dari semen tebal 3 cm =  $3 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ kg/m}^2$

Penutup lantai dari keramik 2 cm =  $2 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2 + 63 \text{ kg/m}^2 = 111 \text{ kg/m}^2$ .

### c. Beban Langit+Penggantung.

Di dalam PPIUG 1983 dijelaskan bahwa besarnya beban langit-langit diambil sebesar  $11 \text{ kg/m}^2$  dan besarnya beban penggantung sebesar  $7 \text{ kg/m}^2$ . Sehingga beban total langit-langit dan penggantung yang bekerja adalah  $11 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ kg/m}^2$ .

### d. Beban Plat *Fly Slab*.

Berdasarkan hasil penelitian oleh (Sulistiyana, 2011) besarnya beban *fly slab* yang bekerja pada struktur adalah sebesar  $120 \text{ kg/m}^2$ . Karena plat *fly slab* merupakan tipe plat lantai *one way slab*, maka pembebanan *fly slab* dianalisis sebagai beban terbagi merata pada balok induk.

## 3) Beban Hidup (*Live Load*).

Berdasarkan PPIUG 1983, maka besarnya beban hidup yang bekerja pada struktur Gedung Rusunawa Surakarta adalah sebagai berikut :

a. Besarnya beban hidup untuk lantai adalah sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$ .

b. Besarnya beban hidup untuk atap adalah sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$ .

## 4) Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Perhitungan gaya gempa yang terjadi pada struktur Gedung Rusunawa Surakarta dianalisa berdasarkan acuan SNI 03-1726-2012, dimana dalam melakukan analisis terhadap beban gempa digunakan metode gaya lateral ekuivalen. Beban gempa Seperti Pada Tabel 4.4 dihitung berdasarkan berat total bangunan dan ketentuan SNI 03-1726-2012.

Tabel 4.4. Gaya Gempa Tiap Lantai Pada Struktur Gedung Rusunawa Surakarta.

Lantai	( $h_i$ ) (m)	$W_i$ (kg)	$W_i(h_i^b)$ (kg.m)	$C_{vx}$	$F_x = F_y$ (kg)
atap	19.5	257409.341	6509339.787	0.133	35806.579
5	16.25	703558.710	14591615.553	0.299	80265.564
4	13.00	701578.710	11415364.863	0.234	62793.643
3	9.75	701578.710	8348701.261	0.171	45924.539
2	6.50	701578.710	5371798.046	0.110	29549.189
1	3.25	705678.690	2542612.384	0.052	13986.403
Dasar	0.00	776514.030	0.000	0.000	0.000

Beban-beban gempa pada Tabel 4.4 yang terjadi di tiap lantai tersebut, kemudian di distribusikan ke setiap joint dan di analisa menggunakan SAP 2000, selanjutnya hasil analisa digunakan untuk menghitung waktu getar dari struktur.

### Pemeriksaan Waktu Getar

Besarnya waktu getar yang terjadi pada arah sumbu X dan Y pada struktur

dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$T_{RY} = 6.3 \times \left( \frac{3449.954}{980 \times 16 \times 16,310} \right)^{0.5}$$

$$T_{RY} = 0,732 \text{ detik}$$

$$T_{RX} = 6.3 \times \left( \frac{12288,022}{980 \times 4 \times 121,083} \right)^{0.5}$$

$$T_{RX} = 1,014 \text{ detik}$$

$T_a$  maksimum = 0,945 detik

Karena nilai  $T_{RY} < T_a$  maksimum, maka kekakuan struktur gedung ke arah Y memenuhi persyaratan. Perbedaan nilai  $T_{RX}$  yang didapat dari rumus Rayleigh dengan nilai  $T_a$  maksimum = 6,897 %. Karena perbedaan selisih nilai  $T_{RX}$  dengan nilai  $T_a$  maksimum diatas tidak melebihi 20 %m, maka kekakuan struktur gedung arah X memenuhi persyaratan waktu getar struktur. Hasil perhitungan waktu getar struktur arah Y dan arah X dapat dilihat pada Tabel 4.5. dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5. Perhitungan Waktu Getar Alami Struktur Arah Y

Lantai	Wi (Ton)	di (cm)	di <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	Fix (Ton)	Wi.di <sup>2</sup> (Ton.cm <sup>2</sup> )	Fix.di (Ton.cm)
Atap	256.873	0.6549	0.428	2.236	110.171	1.464
6	702.504	0.9212	0.848	5.015	596.151	4.620
5	700.524	1.197	1.432	3.924	1003.717	4.696
4	700.524	1.197	1.432	2.870	1003.717	3.435
3	700.524	0.9212	0.848	1.846	594.471	1.701
2	709.306	0.447	0.199	0.880	141.726	0.393
1	776.514	0	0	0.000	0.000	0.000
Jumlah					3449.954	16.310

Tabel 4.6. Perhitungan Waktu Getar Alami Struktur Arah X

Lantai	Wi (Ton)	di (cm)	di <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	Fix (Ton)	Wi.di <sup>2</sup> (Ton.cm <sup>2</sup> )	Fix.di (Ton.cm)
Atap	256.873	0.923	0.851	8.944	218.838	8.255
6	702.504	1.764	3.111	20.061	2185.979	35.388
5	700.524	2.251	5.067	15.694	3549.555	35.328
4	700.524	2.251	5.067	11.478	3549.555	25.837
3	700.524	1.764	3.111	7.385	2179.817	13.028
2	709.306	0.923	0.851	3.519	604.278	3.248
1	776.514	0	0	0.000	0.000	0.000
Jumlah					12288.022	121.083

Dari perencanaan keseluruhan terhadap kebutuhan elemen struktur balok, didapatkan tipe dan jumlah tulangan pokok dan geser balok seperti pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 .

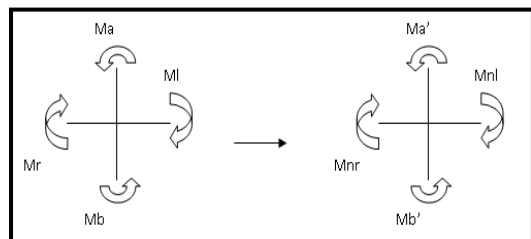
Tabel 4.8. Tipe Balok Struktur Baru Gedung Rusunawa.

Tipe Balok	Dimensi Penampang (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Tumpuan				Tulangan Lapanan			
		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Tulangan Atas		Tulangan Bawah	
		Jumlah (buah)	D (mm)	Jumlah (buah)	D (mm)	Jumlah (buah)	D (mm)	Jumlah (buah)	D (mm)
B1	250 x 350	5	16	3	16	2	16	4	16
B2	250 x 350	6	16	3	16	2	16	5	16
B3	350 x 450	4	16	4	16	2	16	4	16
B3.1	250 x 350	2	16	2	16	2	16	2	16

Tabel 4.9. Tulangan Geser Balok.

Tipe	Tulangan Geser	D (mm)	So (mm)	Sx (mm)
B1	2-Leg	10	60	125
B2	2-Leg	10	60	125
B3	2-Leg	10	75	125
B3.1	2-Leg	10	75	125
B4	2-Leg	10	70	125
B5	2-Leg	10	70	125
B6	2-Leg	10	70	125
B7	2-Leg	10	70	125
B8	2-Leg	10	60	125
B9	2-Leg	10	60	125
B10	2-Leg	10	60	125
B11	2-Leg	10	70	125
B12	2-Leg	10	70	125
B13	2-Leg	10	70	125
BA	2-Leg	10	70	125

Perencanaan tulangan kolom berprinsip bahwa kolom memiliki kemungkinan yang kecil untuk terjadi leleh dari pada balok sehingga ada batasan dalam perencanaan tulangan kolom agar lebih kuat dari balok seperti pada ilustrasi Gambar 4.23.



Gambar 4.23. Peningkatan Besar Momen akibat Pengaruh SRPMK

Pada perencanaan tulangan kolom diambil kolom yang memiliki gaya aksial dan momen terbesar berdasarkan analisa SAP 2000. Dari perencanaan keseluruhan terhadap kebutuhan elemen struktur kolom dengan prosedur yang sama seperti di atas, didapatkan tipe dan jumlah tulangan pokok dan geser kolom



seperti pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 berikut ini.

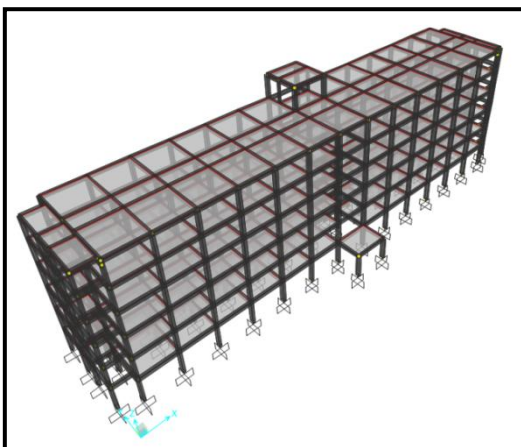
Tabel 4.10. Tipe Kolom Struktur

Type Kolom	Dimensi Kolom (mm <sup>2</sup> )	Tulangan	
		Jumlah (buah)	Diameter (mm)
K1	350 x 450	8	16
K1.a	350 x 350	8	16

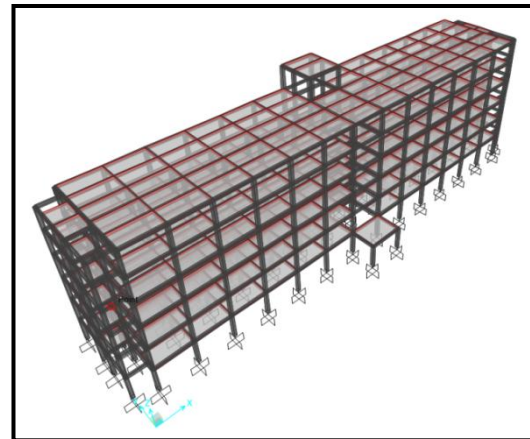
Tabel 4.11. Tulangan Geser Kolom

Tipe Kolom	D (mm)	Lo (mm)		Ln (mm)	
		Tul. Geser	So (mm)	Tul. Geser	Sn (mm)
K1	10	4 - leg	50	2 - leg	150
K1.a	10	2 - leg	80	2 - leg	150

Analisis perbandingan reaksi vertikal dilakukan dengan bantuan program SAP 2000. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan hasil reaksi perletakan antara kedua model struktur. Kedua model tipikal diberi perilaku sama dalam pembebanan dan modul. Perbedaannya hanya pada material plat lantai untuk stuktur awal menggunakan plat lantai pracetak masif seperti pada ilustrasi pemodelan Gambar 4.27 dan untuk struktur baru menggunakan *fly slab* dan memerlukan balok anak seperti pada ilustrasi pemodelan Gambar 4.28 karena keterbatasan ukuran minimum bentang panjang *fly slab* tidak lebih dari 4 meter seperti pada ketentuan Tabel 2.2. Dari analisis ini akan membuktikan dengan perbedaan beban plat lantai pada struktur akan menjadikan struktur lebih ringan dan tentunya akan berpengaruh pada kebutuhan pondasi.



Gambar 4.27. Pemodelan Struktur Awal Rusunawa Surakarta



Gambar 4.28. Pemodelan Struktur Baru Rusunawa Surakarta

Dari hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat dilakukan analisa terhadap perbandingan besaran reduksi yang terjadi antara kebutuhan volume tulangan balok dan kolom, volume beton balok dan kolom serta perbandingan reaksi vertikal Struktur Gedung Rusunawa. Analisa reduksi dilakukan dengan menghitung keseluruhan terhadap total kebutuhan beton, tulangan dan reaksi vertikal yang terjadi. Berikut ini adalah data struktur rencana awal Gedung Rusunawa Surakarta yaitu: Tipe Kolom, Tulangan Geser Kolom, Tipe Balok dan Tulangan Geser Balok pada Tabel 4.13 – Tabel 4.16.

Tabel 4.13. Tipe Kolom Struktur Awal

Tipe Kolom	Dimensi Penampang (mm <sup>2</sup> )	Tulangan	
		Jumlah (buah)	Diameter (mm)
K1	300 x 600	10	16
K1.a	300 x 300	6	16
K2	300 x 600	10	16
K2.a	300 x 300	6	16
K3	300 x 600	8	16

Tabel 4.14. Tulangan Geser Kolom Struktur Awal

Tipe Kolom	D (mm)	Lo (mm)		Ln (mm)	
		Tul. Geser	So (mm)	Tul. Geser	Sn (mm)
K1	10	2 - leg	100	2 - leg	150
K1.a	10	2 - leg	100	2 - leg	150
K2	10	2 - leg	100	2 - leg	150
K2.a	10	2 - leg	100	2 - leg	150
K3	10	2 - leg	100	2 - leg	150

Tabel 4.15. Tipe Balok Struktur Awal

Tipe Balok	Dimensi Balok (mm)	Tulangan Tumpuan				Tulangan Lapangan			
		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Tulangan Atas		Tulangan Bawah	
		Jumlah (buah)	D (mm)	Jumlah (buah)	D (mm)	Jumlah (buah)	D (mm)	Jumlah (buah)	D (mm)
B1	300 x 500	6	16	5	16	5	16	4	16
B1.1	300 x 500	6	16	5	16	5	16	4	16
B1.2	300 x 500	6	16	5	16	5	16	4	16
B2	300 x 500	6	16	5	16	5	16	4	16
B2.1	300 x 500	6	16	5	16	5	16	4	16

**Tabel 4.16. Tulangan Geser Balok Struktur Awal**

Tipe Balok	Tul. Geser	D (mm)	So (mm)	Sx (mm)
B1	2-Leg	10	125	150
B1.1	2-Leg	10	125	150
B1.2	2-Leg	10	125	150
B2	2-Leg	10	125	150
B2.1	2-Leg	10	125	150
B3	2-Leg	10	125	150
B3.1	2-Leg	10	125	150
B4	2-Leg	10	125	150
B4.1	2-Leg	10	125	150
B4.2	2-Leg	10	125	150
B4.3	2-Leg	10	125	150
B5	2-Leg	10	125	150
B6	2-Leg	10	125	150
B7	2-Leg	10	125	150

Dari data balok, kolom dan reaksi vertikal struktur yang sudah ada, dapat dianalisa perbandingan besaran reduksinya. Reduksi kebutuhan tulangan diperhitungkan berdasarkan berat dari detailing tulangan pada struktur. Berikut adalah hasil analisa reduksi yang terjadi pada struktur. Rusunawa Surakarta pada Tabel 4.17 –Tabel 4.23.

**Tabel 4.17. Reduksi Volume Beton Kolom**

Struktur	Volume Beton (m³)	Selisih Volume Beton (m³)	Reduksi Volume Beton (%)
Struktur Pracetak	230,355	26,419	11,469
Struktur Fly Slab	203,936		

**Tabel 4.18 Reduksi Volume Tulangan Geser Kolom**

Struktur	Berat Tulangan (kg)	Selisih Berat Tulangan (kg)	Reduksi Berat Tulangan (%)
Struktur Pracetak	13908,816	-454,704	-3,26
Struktur Fly Slab	14363,520		

**Tabel 4.19 Reduksi Volume Tulangan Longitudinal Kolom**

Struktur	Berat Tulangan (kg)	Selisih Berat Tulangan (kg)	Reduksi Berat Tulangan (%)
Struktur Pracetak	20337,012	2510,661	12,345
Struktur Fly Slab	17826,350		

**Tabel 4.20 Reduksi Volume Beton Balok**

Struktur	Volume Beton (m³)	Selisih Volume Beton (m³)	Reduksi Volume Beton (%)
Struktur Pracetak	387,810	98,306	25,349
Struktur Fly Slab	289,504		

**Tabel 4.21 Reduksi Volume Tulangan Geser Balok**

Struktur	Berat Tulangan (kg)	Selisih Berat Tulangan (kg)	Reduksi Berat Tulangan (%)
Struktur Pracetak	16191,36	4702,2	-29,04
Struktur Fly Slab	20893,56		

**Tabel 4.22. Reduksi Volume Tulangan Pokok Balok**

Struktur	Berat Tulangan (kg)	Selisih Berat Tulangan (kg)	Reduksi Berat Tulangan (%)
Struktur Pracetak	48021,26	8856,84	18,44
Struktur Fly Slab	39164,42		

**Tabel 4.23. Reduksi Reaksi Vertikal**

Struktur	Reaksi Vertikal (Kg)	Selisih Reaksi Vertikal (kg)	Reduksi Reaksi Vertikal (%)
Struktur Pracetak	7506156	1270917	16,93
Struktur Fly Slab	6235239		

Terlihat bahwa tidak terjadi reduksi pada kebutuhan geser, hal ini disebabkan karena pada data rencana awal struktur Gedung Rusunawa Surakarta tidak memenuhi kriteria SNI 03-2847-2002. Hal ini terbukti dengan analisa berikut :

### Balok

Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 23.3.3.2 dijelaskan bahwa *hoops* pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat dan yang berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

1.  $d$   
 $/4 = (500-40) / 4 = 115 \text{ mm.}$
2.  $8$   
 $x \text{ db longitudinal terkecil}$   
 $= 8 x 16 \text{ mm} = 128 \text{ mm.}$
3.  $2$   
 $4 \text{ kali diameter tulangan hoops}$   
 $= 4 x 10 \text{ mm} = 40 \text{ mm.}$
4.  $3$   
 $00 \text{ mm.}$

Jadi seharusnya pada tulangan geser rencana awal menggunakan jarak  $< 115 \text{ mm}$  pada So.

### Kolom

Didalam SNI 03-2847-2002 Pasal 23.4.4.2 disebutkan bahwa tulangan



transversal harus diletakkan dengan spasi tidak lebih daripada :

1.  $\frac{1}{4}$  dimensi terkecil komponen

$$\text{Struktur.} = \frac{1}{4} \times 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

2.  $6x$

$$\text{diameter tulangan longitudinal} \\ = 6 \times 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

3.  $s_x$

sesuai persamaan dibawah ini :

$$s_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3},$$

dimana nilai

$$h_x = \frac{2}{3} \times h_c = \frac{2}{3} \times 210 \text{ mm}$$

$$h_x = 140 \text{ mm}$$

Jadi nilai  $s_x$  sebesar :

$$s_x = 100 + \frac{350 - 140}{3}$$

$$s_x = 170 \text{ mm}$$

Untuk nilai  $s_x$  tidak perlu lebih besar daripada 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Jadi seharusnya pada rencana awal tulangan geser pada kolom menggunakan jarak  $< 75$  mm pada Lo.

Karena adanya ketidaksesuaian terhadap acuan yang berlaku pada perencanaan tulangan geser balok dan kolom, maka tulangan geser balok dan kolom tidak layak untuk dibandingkan sebagai hasil reduksi. Namun karena hal ini patut dijadikan sebagai bahan analisa atau kajian untuk selanjutnya maka tetap diperhitungkan total keseluruhan reduksi yang terjadi pada kebutuhan volume tulangan dan beton pada balok dan kolom seperti pada Tabel 4.24 – Tabel 4.25

Tabel 4.24 Reduksi Volume Tulangan Total

Struktur	Berat Tulangan (kg)	Selisih Berat Tulangan (kg)	Reduksi Berat Tulangan (%)
Struktur Pracetak	98458,448	6210,598	6,308
Struktur Fly Slab	92247,850		

Tabel 4.25 Reduksi Volume Beton Total

Struktur	Berat Tulangan (kg)	Selisih Berat Tulangan (kg)	Reduksi Berat Tulangan (%)

## 7. Kesimpulan

Berdasarkan studi komparasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Reduksi volume beton pada elemen struktur balok Gedung Rusunawa Surakarta sebesar 25,349 %.
2. Reduksi volume tulangan pada elemen struktur balok Gedung Rusunawa Surakarta sebesar 18,44 %.
3. Reduksi volume tulangan geser pada elemen struktur balok Gedung Rusunawa Surakarta sebesar -29,04 %.
4. Reduksi volume beton pada elemen struktur kolom Gedung Rusunawa Surakarta sebesar 11,469 %.
5. Reduksi volume tulangan pada elemen struktur kolom Gedung Rusunawa Surakarta sebesar 12,345 %.
6. Reduksi volume tulangan geser pada elemen struktur kolom Gedung Rusunawa Surakarta sebesar -3,26 %.
7. Reduksi reaksi vertikal pada struktur Gedung Rusunawa Surakarta sebesar 16,93 %.

Hasil reduksi total tulangan adalah 6,3 % dan reduksi total beton adalah 20,25 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan plat lantai *fly slab* dengan struktur kolom dan balok konvensional cukup efektif dibandingkan penggunaan plat lantai *precast* konvensional masif. Hal ini terbukti dengan telah tereduksinya volume beton dan tulangan pada elemen struktur balok dan kolom. Meskipun tulangan geser tidak tereduksi karena

secara analisa pada perencanaan awal tidak memenuhi ketentuan SNI 03-2847-2002, tetapi secara keseluruhan struktur tetap memberikan reduksi meskipun kecil dan secara bagian struktur untuk tulangan longitudinal dan beton pada balok dan kolom cukup memberikan hasil reduksi yang besar.

Jadi dengan menggunakan elemen *fly slab* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan material struktur yang tentunya akan banyak memberikan keuntungan. Dari hasil reaksi vertikal struktur juga tereduksi hingga 16,93 %, hal ini membuktikan bahwa berat gedung semakin ringan tentunya akan berdampak pada kebutuhan pondasi yang akan tereduksi juga namun hal ini hanya terjadi pada kondisi tanah yang sama seperti pada lokasi Gedung Rusunawa Surakarta.

## 8. Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan dan pembahasan sebelumnya maka dapat diambil beberapa saran yang dapat membantu menyempurnakan hasil studi komparasi ini dalam penggunaan sebagai acuan di kondisi / kasus berbeda, yaitu :

1. Dalam hal studi komparasi harus dilakukan terhadap dua hal yang diberikan perilaku sama agar didapatkan hasil reduksi yang sesuai, diusahakan untuk meminimalisir pendekatan terhadap acuan yang digunakan dalam studi komparasi agar tidak terjadi kesalahan yang fatal dalam melakukan studi komparasi seperti pada kasus analisa tulangan geser.
2. Dalam studi komparasi harus didapatkan data-data yang lengkap dan valid sehingga studi komparasi dapat menghasilkan perbandingan yang optimal dan tidak terjadi kesalahan.
3. Dalam kajian lebih lanjut, untuk mendapatkan hasil studi komparasi yang lebih optimal dan variatif maka

sebaiknya studi komparasi tidak hanya dilakukan pada 1 struktur gedung, namun beberapa struktur gedung lainnya yang dapat dijadikan variabel.

4. Dalam analisa efisiensi terhadap biaya harus dilakukan kajian lebih lanjut terhadap studi komparasi tersebut.
5. Dalam perbandingan rekasi vertikal struktur hanya membuktikan bahwa beban struktur keseluruhan lebih ringan sehingga kebutuhan pondasi akan mengalami reduksi pada kondisi tanah yang sama, namun untuk perencanaan pondasi perlu diperhitungkan kembali untuk mendapatkan hasil reduksinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh M., 2007. Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak Di Indonesia : Sebuah Analisa Rantai Nilai. Seminar dan Pameran HAKI 2007 : Konstruksi Tahan Gempa Di Indonesia.
- Asroni A. (1), 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang, Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Asroni A. (2), 2010. Kolom Fondasi dan Balok T Beton Bertulang, Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012.
- Badan Standarisasi Nasional, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2002.
- Badan Standarisasi Nasional, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002.
- Badan Standarisasi Nasional, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002.

- Budiono B. dkk, 2011. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa: Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-2010, Intitut Teknologi Bandung : Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Gunawan R., 2012. Tabel Profil Konstruksi Baja. Kanisius : Yogyakarta.
- Hamdi dan Soegeng H., 2010. Analisis Pemilihan Metode *Cast In Situ* Dan *Precast* Terhadap Biaya Pada Pekerjaan Tempat Duduk Tribunn Stadion Utama Jakabaring Palembang, *Teknika*, Vol. XXIX, No.1, Desember 2010.
- Nasution A., 2009. Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang, Intitut Teknologi Bandung : Bandung.
- Nurjaman dkk., 2007. Sistem Pracetak Beton Sebagai Sistem Konstruksi Hijau : Studi Kasus Perbandingan Energi Konstruksi Dan Dampak Lingkungan Di Pembangunan Rumah Susun Di Batam. Seminar dan Pameran HAKI 2007 : Konstruksi Tahan Gempa Di Indonesia.
- Nawy, 2010. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. PT. Refika Aditama : Bandung.
- Satyarno dkk, 2012. Belajar SAP 2000 Analisis Gempa Seri 1. Zamil Publishing : Yogyakarta.
- Satyarno dkk, 2012. Belajar SAP 2000 Analisis Gempa Seri 2. Zamil Publishing : Yogyakarta.
- Schodek D. L., 1992. Struktur / Edisi Kedua. Erlangga : Jakarta.
- Sulistiyana. 2011. Dalam Thesis "Penelitian Panel Beton Seluler dengan Rib Sebagai Pengaku" Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro : Semarang.
- Vis W. C. dan Kusuma G, 1993. Grafik dan Perhitungan Tabel Beton Bertulang, Erlangga : Jakarta.
- Wulfram, 2006. Eksplorasi Teknologi Dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak dan Bekisting, Andi Offset : Yogyakarta.
- Yee, 2001. Structural and Economic Benefits Of Precast / Prestress Concrete Construction. *PCI Journal*, July-August 2001, pp 36-41

