



## Perencanaan Struktur Rumah Susun Penghargaan Kota Manado Menggunakan Metode Beton Pracetak Dengan Sistem Ganda

Suh Rahmat<sup>#a</sup>, Ronny E. Pandaleke<sup>#b</sup>, Banu D. Handono<sup>#c</sup>

<sup>#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia</sup>  
<sup>a</sup>suhrahmat2001@gmail.com, <sup>b</sup>ronny.pandaleke@unsrat.ac.id <sup>c</sup>banu2h@unsrat.ac.id

### Abstrak

Rumah susun merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah kebutuhan perumahan dan pemukiman terutama di daerah perkotaan. Hal ini mendorong para ahli konstruksi untuk melakukan inovasi konstruksi yang efektif dan efisien. Metode beton pracetak (*precast*) adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat (*fabrication*) dan dipasang dilokasi proyek (*erection*). Gedung Rumah Susun Penghargaan Kota Manado pada kondisi sebenarnya dirancang menggunakan metode konvensional (*cast in-situ*). Pemilihan metode pracetak didasari kecepatan pelaksanaan dikarenakan menggunakan metode konvensional tidak memungkinkan untuk dapat diselesaikan tepat waktu. Bangunan terdiri dari 4 lantai dengan panjang 61,25 m, lebar 17,50m, dan tinggi 15,55m. Letak gedung berada di Kota Manado, Sulawesi Utara, dimana nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  sebesar 0,750 g dan 0,567 g dengan KDS "D". Komponen struktur dengan Sistem Ganda menggunakan SRPMK dan SDSK. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan *Software* dengan pemodelan 3D. Pedoman perencanaan yaitu SNI 1726:2019, 2847:2019, dan 1727:2020. Perencanaan dengan metode pracetak yaitu balok, kolom, dan pelat. Analisis dan perencanaan struktur gedung telah memenuhi persyaratan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) Kekuatan Rencana  $\geq$  Kekuatan Perlu. Sambungan elemen struktur pracetak menggunakan sambungan basah (*In-situ concrete Joint*) mutu beton 60 MPa.

*Kata kunci: beton pracetak, sistem ganda, LRFD, sambungan basah*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Pembangunan rumah susun merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah kebutuhan perumahan dan pemukiman terutama di daerah perkotaan. Hal ini telah mendorong para ahli konstruksi untuk melakukan inovasi-inovasi dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang efektif dan efisien. Metode beton pracetak (*precast*) bisa menjadi metode terbaik untuk memenuhi tuntutan pembangunan konstruksi yang cepat dengan mutu yang terjamin. Menurut SNI 2847:2019, beton pracetak (*precast*) adalah elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang amat penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak (Ervianto, 2006).

Rumah Susun Penghargaan Kota Manado yang akan dibangun di Kelurahan Karame, Kec. Singkil, Kota Manado yang awalnya didesain dengan metode beton konvensional (*cast in-situ*). Namun karena permasalahan waktu yang tidak memungkinkan menggunakan metode tersebut sehingga dilakukan perubahan menjadi metode beton pracetak (*precast*). Pemilihan metode ini, selain kelebihan dan kekurangannya, gedung yang memiliki tipe tipikal akan sangat efisien dan efektif jika metode beton pracetak ini diterapkan. Gedung tipe tipikal memudahkan fabrikasi beton pracetak dalam jumlah banyak dan seragam sehingga akan menghemat waktu dan biaya.

Dalam merencanakan elemen struktur bangunan ini dengan lokasi rawan terjadi gempa bumi, ditambah dengan desain sambungan pada setiap elemen struktur maka diperlukan perencanaan yang akurat dan detail guna mencegah atau meminimalisir kerusakan, serta harus memperhatikan desain yang aman dan nyaman serta dapat menahan beban gempa sebagai hunian vertikal.

### 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana merencanakan elemen struktur atas bangunan bertingkat dengan sistem ganda menggunakan konstruksi beton pracetak beserta dengan sambungannya agar mampu menahan beban-beban yang terjadi sehingga bangunan tahan terhadap gempa sesuai dengan standar yang berlaku di Indonesia.

### 1.3. Batasan Masalah

1. Struktur yang direncanakan adalah gedung Rusun Penghargaan Kota Manado 4 lantai.
2. Aspek yang ditinjau yaitu perencanaan elemen-elemen struktur atas.
3. Elemen struktur atas yang direncanakan dengan metode pracetak hanya kolom, balok, dan pelat. Untuk Dinding geser, balok bordes, pelat tangga dan bordes direncanakan dengan metode konvensional/cor ditempat.
4. Daya dukung tanah dan pondasi diasumsikan mampu memikul bangunan di atasnya.
5. Struktur atap baja tidak dibahas dalam perencanaan ini. Pemilihan elemen baja dianggap memenuhi syarat.
6. Perencanaan elemen struktur menggunakan analisis yang mengacu pada *SNI 2847:2019*.
7. Analisa perhitungan gaya gempa akan menggunakan metode analisis Respon Spektrum berdasarkan *SNI 1726:2019*.
8. Peraturan Pembebanan yang bekerja pada struktur berdasarkan *SNI 1727:2020*.
9. Perencanaan gedung hanya mencakup analisa dan desain elemen struktur.
10. Analisa Struktur dihitung dengan bantuan *Software*.
11. Tidak dilakukan analisis terhadap efisiensi waktu dan biaya dalam proses perencanaan.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan desain struktur atas gedung Rumah Susun Penghargaan Kota Manado dengan sistem ganda menggunakan metode beton pracetak (*precast*), serta elemen-elemen struktur yang dapat menahan beban-beban yang direncanakan dengan desain yang efektif dan efisien.

### 1.5. Manfaat Penelitian

1. Untuk umum, sebagai informasi dan referensi untuk mendesain dan merencanakan struktur bangunan dengan sistem ganda menggunakan metode beton pracetak (*precast*) yang tahan gempa.
2. Untuk penulis, untuk meningkatkan pemahaman mengenai perencanaan struktur gedung bertingkat khususnya metode beton pracetak (*precast*) sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku di Indonesia.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Pedoman Perencanaan

Dalam perencanaan ini, pedoman dalam perencanaan yang akan digunakan dari beberapa sumber berikut:

1. *SNI 2847:2019* tentang Perencanaan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.
2. *SNI 1726:2019* tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.

3. SNI 1727:2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

## 2.2. Data Perencanaan

### A. Lokasi Perencanaan

Lokasi Perencanaan untuk Bangunan berada di Kelurahan Karame, Kecamatan Singkil, Kota Manado, Sulawesi Utara.

### B. Data Bangunan

Nama Bangunan	: Rumah Susun Penghargaan Kota Manado
Fungsi Bangunan	: Rumah Tinggal
Jumlah Lantai	: 4 Lantai Kerja
Tinggi Lantai 1	: 3600,00 mm
Tinggi Lantai 2-4	: 3400,00 mm
Tinggi Lantai Dak	: 1800,00 mm
Panjang Bentang	: Arah Membujur (17500,00 mm) Arah Melintang (61250,00 mm)
Tinggi Bangunan	: 1560,00 mm
Struktur Bangunan	: Bangunan Beton Bertulang Metode Pracetak

### C. Data Material

Untuk mutu material yang digunakan menyesuaikan dengan ketersediaan mutu material yang berada di Kota Manado sebagai berikut:

#### 1. Spesifikasi material beton

Mutu Beton ( $f'_c$ )	: 25 MPa
	: 35 MPa
	: 60 MPa
Berat Jenis Beton	: 24 kN/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas Beton	: $4700 \sqrt{f'_c}$

#### 2. Spesifikasi material baja

Mutu Baja Tulangan Utama ( $f_y$ )	: 420 MPa (BJTS 420A)
Mutu Baja Tulangan Transversal ( $f_y$ )	: 280 MPa (BJTS 280)
Modulus Elastisitas Baja	: 200000 Mpa

### D. Data Beban

Beban mati sendiri/elemen struktur dan beban mati elemen tambahan pada gedung, dimana jenis beban mati yang digunakan dalam perencanaan saat ini adalah:

#### 1. Beban Mati

Beban mati sendiri/elemen struktur dan beban mati elemen tambahan pada gedung, dimana jenis beban mati yang digunakan dalam perencanaan saat ini adalah:

##### a. Berat sendiri elemen struktur (*Dead Load*)

Ditentukan oleh program (*Program Determine*) berdasarkan desain elemen struktur yang direncanakan.

##### b. Berat tambahan (*Superimposed Dead Load*)

Berat tambahan seperti instalasi mekanikal elektrikal, plafon, keramik, dan lain-lain dan berat dinding.

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup yang diambil sebesar luasan per (m<sup>2</sup>) yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan yang akan direncanakan, diambil berdasarkan SNI 1727:2020 yang merupakan pembebanan untuk lantai gedung dan lantai atap sesuai dengan fungsi lantai dari denah bangunan yang direncanakan.

#### 3. Beban Gempa

Beban gempa, mengacu pada SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Lokasi Gempa : Manado

Analisis Gempa : Analisis Dinamik, dengan analisis ragam spektrum respon (*respons spectrum modal analysis*)

#### 4. Kombinasi Beban

Suatu struktur yang dirancang harus mampu memikul beban-beban yang telah dikombinasikan atau beban terfaktor menurut tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2019) dan Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020).

#### E. Data Tanah

Berdasarkan hasil pengujian tanah SPT (*Standard Penetration Test*) di lokasi perencanaan bangunan, diperoleh jenis tanah sedang (Kelas Situs SD) dengan nilai N-SPT = 20,70 berdasarkan syarat pedoman perencanaan untuk  $15 > N-SPT > 50$ .

#### F. Perencanaan Sistem Struktur Bangunan

Berdasarkan persyaratan untuk melakukan desain penampang beton bertulang yang direncanakan untuk memikul beban gempa, sistem struktur penahan gaya gempa lateral dan vertikal harus ditentukan berdasarkan Kategori Desain Seismik (KDS) dimana berdasarkan landasan teori SNI 1726:2019 Pasal 6.1, tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan jenis tanah di lokasi perencanaan yaitu tanah sedang, yang termasuk dalam KDS "D". Maka untuk struktur yang terletak pada daerah/wilayah dengan tingkat risiko gempa yang tinggi dikategorikan sebagai KDS D, E, dan F, yang akan di desain dengan Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus (SPRMK) yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan, maka sesuai dengan Tabel 12, SNI 1726:2019 diizinkan menggunakan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus.

#### G. Preliminary Design Struktur

Perencanaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*) adalah tahapan untuk memperkirakan perencanaan dimensi struktur, dengan tujuan untuk mendapatkan geometri awal penampang balok, kolom, dan tebal pelat dan dinding geser berdasarkan beban yang ada untuk mempermudah pemodelan dengan *Software* dengan memperhatikan denah bangunan yang ada berdasarkan data bangunan yang ada.

#### H. Pemodelan Struktur

Struktur bangunan yang direncanakan berdasarkan dengan denah bangunan yang akan direncanakan, dimana pembebanan yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan kombinasi pembebanan berdasarkan pedoman perencanaan yang dipakai, dan dengan menggunakan pradesain elemen struktur yang telah direncanakan, dimana dengan perencanaan data-data tersebut akan dimodelkan dalam *Software* sebagai alat bantuan dalam mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi atau analisa struktur.

#### I. Analisa Struktur

Analisa struktur dilakukan dengan bantuan *Software* dan akan diperoleh *ouput* berupa momen lentur, gaya geser, gaya torsi, serta gaya aksial yang terjadi, dan kemudian digunakan untuk perhitungan gaya-gaya dalam untuk perencanaan dimensi struktur dan tulangan beton bertulang. Nilai terbesar pada elemen struktur tertentu yang sama dimensinya akan digunakan dalam perencanaan, sedangkan elemen lain dengan momen yang lebih kecil dianggap telah terwakili.

#### J. Kontrol Keamanan Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3D dengan *software*, hasil analisa struktur yang diperoleh dari *software* harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan standar dan persyaratan yang berlaku untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut berdasarkan Pedoman Perencanaan.

### K. Perencanaan Penulangan Elemen Struktur

Perencanaan penulangan akan dihitung berdasarkan kondisi setiap elemen struktur yaitu kondisi pengangkatan, kondisi sebelum komposit, dan kondisi setelah komposit. Untuk perhitungan elemen setelah komposit digunakan gaya-gaya dalam yang didapat dari hasil analisis struktur berupa momen lentur, gaya geser dan gaya aksial didapat dari tahap analisis struktur, tahap selanjutnya merencanakan tulangan pada elemen struktur. Perhitungan penulangan struktur mengacu pada pedoman perencanaan dengan memperhatikan persyaratan-persyaratan penulangan pada balok, kolom, dinding geser dan pelat menggunakan data-data analisis struktur dari *output Software*. Untuk desain tulangan dikerjakan dengan cara perhitungan manual dengan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan perhitungan mengacu pada persyaratan elemen struktur yang digunakan, dimana pada perencanaan ini menggunakan Sistem Ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK).

### L. Perencanaan Sambungan Elemen Struktur Beton Pracetak

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada plat pracetak tersalurkan pada elemen struktur. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut.

1. Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan elemen pracetak dan beton pracetak.
2. Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam *SNI 2847:2019*.
3. *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara elemen pracetak.

### M. Kontrol Elemen Pracetak dan Tulangan Angkat

Metode pracetak adalah salah satu metode pembuatan suatu struktur elemen bangunan yang dilakukan dengan pengawasan dan ketelitian yang tinggi. Sehingga dalam prosesnya dari awal fabrikasi, penempatan di *storage*/penyimpanan serta pemasangan harus melalui beberapa kontrol elemen guna memastikan bahwa elemen struktur tersebut dalam kondisi yang optimal saat setelah pemasangan yang disertai *cor in situ*. Kontrol elemen yaitu kontrol tegangan lekat, pengangkatan dari bekisting, penumpukan dan pemasangan. Kemudian dilakukan perhitungan tulangan angkat sebagai komponen pendukung dalam proses *erection*.

### N. Gambar Rencana Struktur

Gambar Rencana berdasarkan hasil perencanaan yang telah dihitung dan dimodelkan, akan digambar dengan bantuan *Software*, dimana gambar kerja yang meliputi semua hasil perencanaan elemen struktur bangunan dari denah hingga ke detail elemen struktur yang telah direncanakan.

### O. Bagan Alir Perencanaan

Adapun langkah-langkah perencanaan struktur beton bertulang metode beton pracetak tahanan gempa untuk sistem struktur ganda yang telah dijelaskan diatas dapat disusun dalam diagram alir pada Gambar 1.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Preliminary Design Elemen Struktur

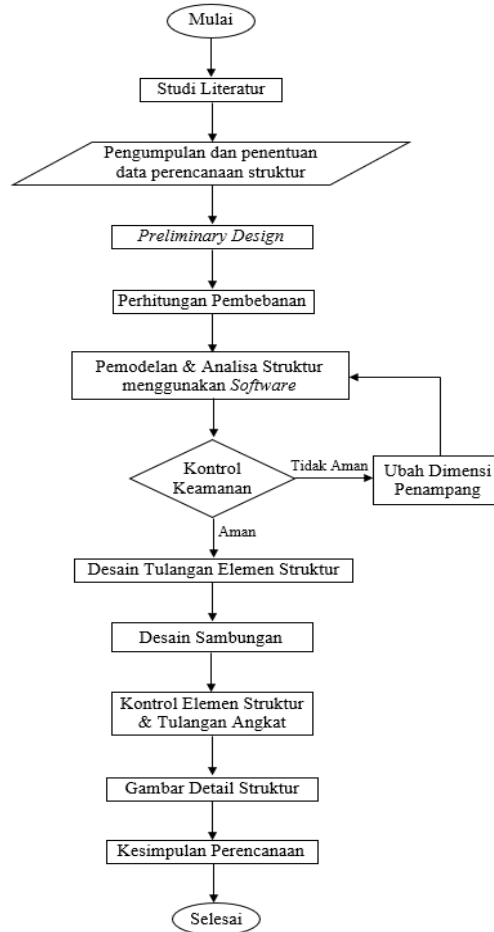
*Preliminary Design* Elemen Struktur adalah menentukan dimensi penampang elemen struktur yang berupa dimensi balok, dimensi kolom, dan tebal plat, berdasarkan Geometri Struktur/Denah dari bangunan yang akan direncanakan.

1. Dimensi Awal Balok
 

Balok Induk	= 25,00 cm × 50,00 cm
<i>Ring Balk</i>	= 25,00 cm × 40,00 cm
Balok Anak	= 25,00 cm × 40,00 cm
2. Dimensi Awal Pelat
 

Tebal Pelat Lantai	= 13,00 cm
Tebal Pelat Dak	= 13,00 cm

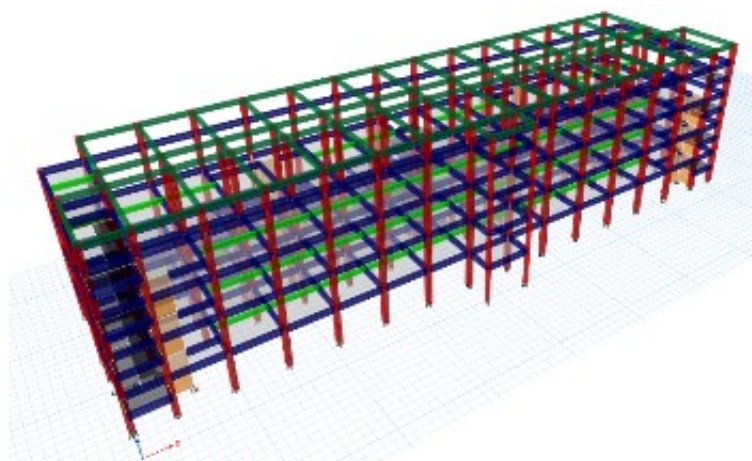
- Tebal Pelat Tangga = 15,00 cm
3. Dimensi Awal Kolom  
 Tipe 1 = 40,00 cm × 50,00 cm  
 Tipe 2 = 30,00 cm × 30,00 cm
4. Dimensi Awal Dinding Geser  
 Tebal = 25,00 cm



**Gambar 1.** Bagan Alir Perencanaan

### 3.2. Pemodelan Struktur 3D

Pemodelan struktur 3D dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Pemodelan Struktur 3D Bangunan

### 3.3. Pembebanan

1. Beban Mati
  - Beton bertulang = 24,00 kN/m<sup>3</sup>
  - Beban Mati Tambahan = 1,20 kN/m<sup>2</sup>
  - Dinding ½ Bata = 2,50 kN/m<sup>2</sup>
2. Beban Hidup
  - Rumah Tinggal = 1,92 kN/m<sup>2</sup>
  - Koridor Ruang Publik = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
  - Atap = 1,33 kN
  - Tangga = 4,79 kN/m<sup>2</sup>

Beban hidup didistribusikan sebagai beban hidup terbagi merata pada denah bangunan, dalam *Software*.

### 3. Beban Gempa

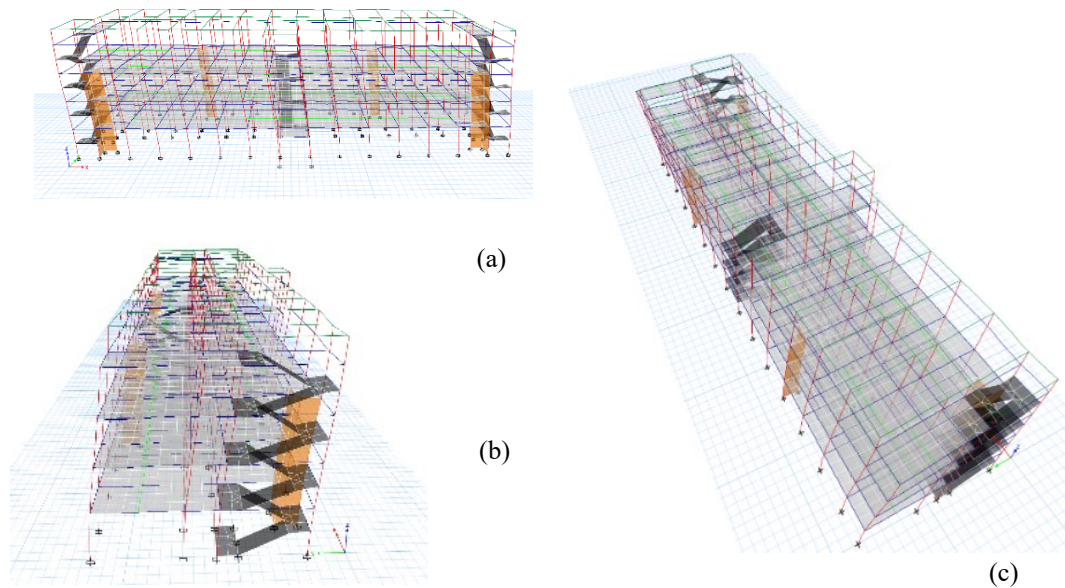
Beban gempa menggunakan analisa dinamik ragam respon spektrum yang parameter-parameternya telah dihitung berdasarkan *SNI 1726:2019* kemudian diinput di *software*.

### 4. Kombinasi Beban

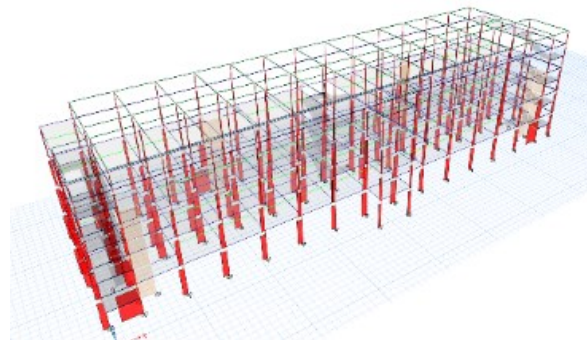
Kombinasi dari beban-beban tersebut yang telah sesuai dengan pedoman perencanaan kemudian diinput ke dalam *software* untuk dilakukan analisis.

### 3.4. Hasil Analisis

Hasil analisis program berdasarkan data-data yang ada dapat dilihat pada gambar-gambar berikut:

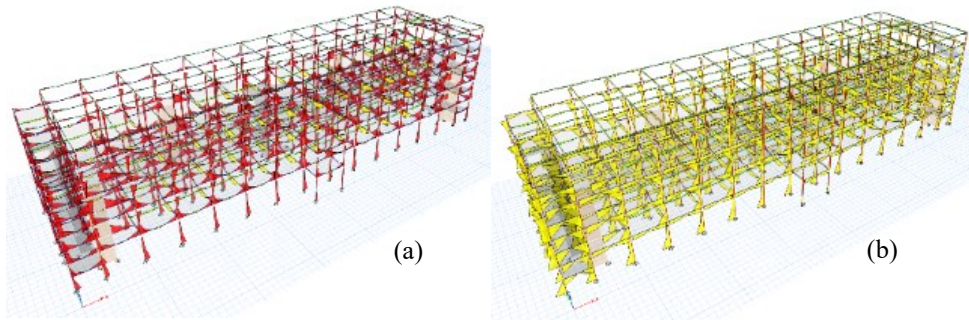


**Gambar 3.** (a) Mode 1 Translasi arah X; (b) Mode 2 Translasi arah Y; (c) Mode 3 Rotasi. (*Software*, 2023)

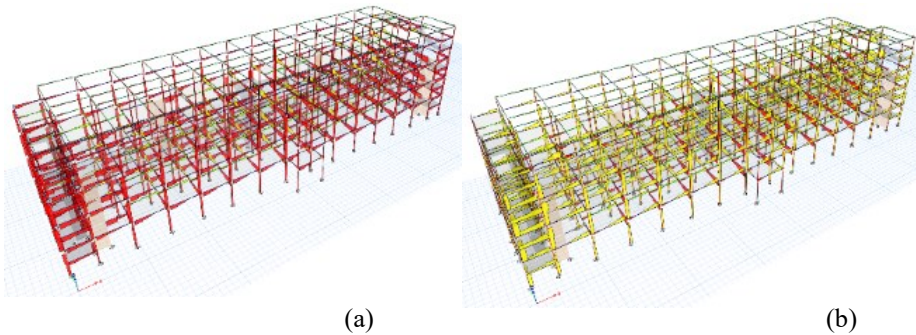


**Gambar 4.** Bidang Gaya Dalam Akibat Beban Aksial. (*Software*, 2023)

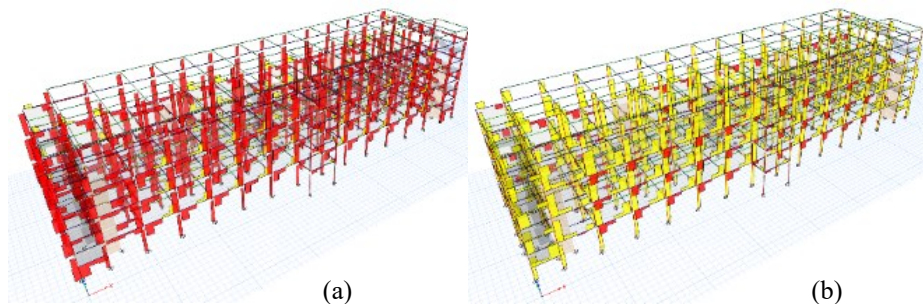




**Gambar 5.** Bidang Gaya Dalam Momen (a) Minimum; (b) Maksimum. (Software, 2023)



**Gambar 6.** Bidang Gaya Dalam Geser (a) Minimum; (b) Maksimum. (Software, 2023)



**Gambar 7.** Bidang Gaya Dalam Torsi (a) Minimum; (b) Maksimum. (Software, 2023)

### 3.5. Perencanaan Penulangan

#### A. Perencanaan Tulangan Balok

Perencanaan tulangan balok meliputi tulangan lentur baik sebelum dan sesudah komposit, tulangan transversal, dan tulangan torsi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Penulangan Balok. (Hasil Analisis, 2023)

Lantai	Nama Balok	Tulangan Lentur				Torsi	Tulangan Geser	
		Tumpuan		Tumpuan			Tumpuan	Lapangan
		Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
Atap/ Ring Balk	BX 2A4	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	S10-85	S10-150
	BY 2A4-1	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	S10-85	S10-150
	BY 2A4-2	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	S10-85	S10-150
Dak	BX 2A5	2 S16	2 S16	3 S16	2 S16	2 S16	S10-95	S10-150
	BY 2A5-1	3 S16	2 S16	3 S16	2 S16	2 S16	S10-95	S10-150
	BY 2A5-2	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	S10-95	S10-150
	BA 2A4	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	S10-85	S10-150
2 - 4	BX 2A5-1	5 S16	3 S16	3 S16	2 S16	2 S16	S10-95	S10-150
	BX 2A5-2	3 S16	3 S16	3 S16	3 S16	2 S16	S10-95	S10-150
	BY 2A5-1	6 S16	3 S16	4 S16	2 S16	2 S16	S10-95	S10-150
	BY 2A5-2	4 S16	4 S16	4 S16	4 S16	2 S16	S10-95	S10-150
	BA 2A4	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	2 S16	S10-85	S10-150



Elemen pracetak balok dicetak dengan dimensi lebar sama dengan perencanaan namun untuk tinggi dikurangi ketebalan pelat yaitu 130,00 mm.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Penulangan Sloof & Balok Bordes. (Hasil Analisis, 2023)

Nama Balok	Tulangan Lentur				Torsi	Tulangan Geser	
	Tumpuan		Tumpuan			Tumpuan	Lapangan
	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
Sloof	7 S22	7 S22	7 S22	7 S22	-	S10-200	S10-200
Bordes Utama	3 S16	2 S16	3 S16	2 S16	2 S16	S10-95	S10-150
Bordes Sevis	3 S16	3 S16	3 S16	3 S16	2 S16	S10-95	S10-150

#### B. Perencanaan Tulangan Kolom

**Tabel 3.** Rekapitulasi Penulangan Kolom. (Hasil Analisis, 2023)

Lantai	Nama Kolom	Tulangan Lentur	Daerah Sendi Plastik (mm)	Tulangan Geser		Panjang Pipa Sparing (mm)
				Tumpuan	Lapangan	
Dak	Tipe 1	12 S16	500,00	7 S13-90	7 S13-95	500,00
	Tipe 2	8 S16	500,00	6 S13-75	6 S13-95	500,00
4	Tipe 1-A	12 S16	725,00	7 S13-90	7 S13-95	800,00
	Tipe 1-B	12 S16	1000,00	7 S13-90	7 S13-95	800,00
	Tipe 2	8 S16	725,00	6 S13-75	6 S13-95	800,00
3	Tipe 1-A	12 S16	725,00	7 S13-90	7 S13-95	800,00
	Tipe 1-B	12 S16	2900,00	7 S13-100	7 S13-100	800,00
	Tipe 2	8 S16	725,00	6 S13-75	6 S13-95	800,00
2	Tipe 1-A	14 S16	725,00	7 S13-90	7 S13-95	800,00
	Tipe 1-B	14 S16	2900,00	7 S13-100	7 S13-100	800,00
	Tipe 2	8 S16	725,00	6 S13-75	6 S13-95	800,00
1	Tipe 1-A	14 S16	950,00	7 S13-90	7 S13-95	1350,00
	Tipe 1-B	14 S25	3800,00	7 S13-100	7 S13-100	1350,00
	Tipe 2	8 S16	950,00	6 S13-75	6 S13-95	1350,00

#### C. Perencanaan Tulangan Dinding Geser

**Tabel 4.** Rekapitulasi Penulangan Dinding Geser. (Hasil Analisis, 2023)

Lantai	Nama Dinding Geser	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Ikatan Silang	
				SW arah X	SW arah Y
3	SW-3	S13-100	2 S13-100	14 S13-100	10 S13-100
2	SW-2	S16-100	2 S13-100	14 S13-100	10 S13-100
1	SW-1	S25-100	2 S13-100	14 S13-100	10 S13-100

#### D. Perencanaan Tulangan Pelat

**Tabel 5.** Rekapitulasi Penulangan Pelat. (Hasil Analisis, 2023)

Nama Pelat	Tebal (mm)	Tulangan	
		Lentur	Susut
Pelat Lantai	130,00	S10-200	S10-300
Pelat Tangga	150,00	S13-250	S10-300
Pelat Bordes	150,00	S13-250	S10-300

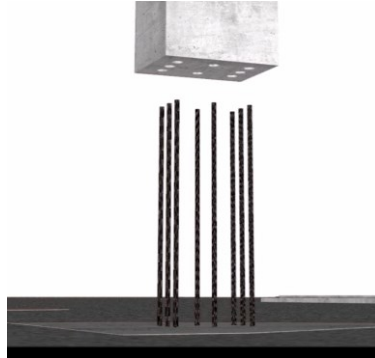
**Tabel 6.** Rekapitulasi Quantity Pelat Pracetak. (Hasil Analisis, 2023)

Dimensi Panel Pelat Pracetak		Jumlah Panel/Quantity
Lebar (mm)	Panjang (mm)	
1350,00	2820,00	342
1350,00	3600,00	54
1350,00	2050,00	54
1400,00	2820,00	32
1170,00	4050,00	81
1170,00	2800,00	16
1350,00	4050,00	3

### 3.6. Perencanaan Sambungan

#### A. Sambungan Kolom

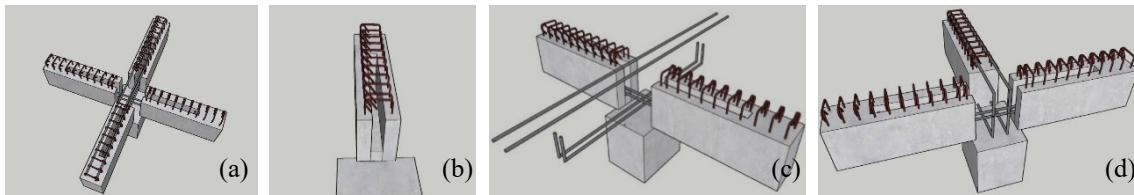
Sambungan kolom menggunakan pipa sparing diameter 1,5” dengan ketinggian sesuai dengan desain panjang sambungan lewatan tulangan, dengan mutu beton *grouting* 60 MPa.



**Gambar 8.** Ilustrasi Sambungan Kolom dengan Tulangan Stek & Pipa Sparing. (Hasil Analisis, 2023)

#### B. Perencanaan Balok

Sambungan balok menggunakan sambungan basah dengan shell dimensi 75,00 mm × 700,00 mm dengan mutu beton 60 Mpa dengan tulangan bawah melewati HBK yaitu 2 buah. Dan untuk sambungan balok anak menggunakan cor ditempat dengan panjang 700,00 mm dengan panjang tulangan stek yaitu 600,00 mm.



**Gambar 8.** Ilustrasi Sambungan Balok (a) Joint Tengah; (b) Detail Shell; (c) Tulangan Shell; (d) Joint Tepi. (Hasil Analisis, 2023)

#### C. Perencanaan Pelat

Sambungan pelat direncanakan menggunakan *overtopping* cor ditempat dengan mutu beton sama dengan elemen pracetak. Sambungan pelat-pelat menggunakan tulangan sambungan lewatan besi WM 8-150 mm dengan lebar 350,00 mm. Untuk sambungan pelat-balok menggunakan tulangan sambungan lewatan besi WM 8-150 mm dengan lebar 550,00 mm

### 3.7. Kontrol Elemen Pracetak dan Tulangan Angkat

Kontrol tegangan lekat tulangan telah memenuhi persyaratan untuk menahan gaya gempa yang terjadi pada sambungan. Kontrol pengangkatan dari bekisting, penumpukan dan pemasangan telah memenuhi persyaratan pada umur 3 hari setelah pengecoran. Kemudian tulangan angkat didesain dengan diameter 8 mm untuk elemen balok dengan jumlah 2 buah dan pelat dengan jumlah 4 buah. Elemen Kolom dengan diameter 10 mm untuk tulangan angkat samping jumlah 2 buah dan diameter 13 mm untuk tulangan angkat atas jumlah 1 buah.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur Gedung Rumah Susun Penghargaan Kota Manado menggunakan Sistem Ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK) dengan metode Beton Pracetak (*Precast*), diperoleh kesimpulan:

#### 1. Dimensi Struktur

## Dimensi Balok:

<i>Sloof</i>	: 300,00 mm × 500,00 mm
Balok Induk	: 250,00 mm × 500,00 mm
Balok Anak	: 250,00 mm × 400,00 mm
<i>Ring Balk</i>	: 250,00 mm × 400,00 mm

Dimana dalam perencanaan penulangan Balok Induk dibagi berdasarkan bentang yang ditinjau tiap balok, BX 2A5-1 (bentang 4250,00 mm), BX 2A5-2 (bentang 3000,00 mm), BY 2A5-1 (bentang 6300,00 mm), BY 2A5-2 (bentang 2300,00 mm dan 2600,00 mm) dan Balok Anak BA 2A4 (bentang 4250,00 mm dan 3000,00 mm).

## Dimensi Kolom:

Tipe 1	: 400,00 mm × 500,00 mm
Tipe 2	: 300,00 mm × 300,00 mm

## Tebal Pelat:

Pelat Lantai	: 130,00 mm
Pelat Dak	: 130,00 mm
Pelat Tangga	: 150,00 mm
Pelat Bordes	: 150,00 mm

## Dinding Geser:

Tinggi	: 11100,00 mm
Tebal	: 250,00 mm

2. Penulangan yang direncanakan pada komponen struktur telah mampu untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dan telah memenuhi persyaratan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dimana Kekuatan Rencana  $\geq$  Kekuatan Perlu.
3. Komponen elemen pracetak menggunakan sambungan basah (*Insitu concrete joint*) dan didesain sesuai dengan panjang penyaluran dan sambungan lewatan tulangan.
  - a. Sambungan Kolom:
    - Mutu beton *grouting* yaitu 60 MPa
    - Panjang sparing sambungan tulangan:
      - Lantai 1 : 1350,00 mm
      - Lantai 2 – 4 : 800,00 mm
      - Lantai 5/dak : 500,00 mm
    - Dengan diameter pipa sparing sebesar 1,5"
  - b. Sambungan Kolom-Balok atau daerah HKB:
    - Mutu beton *joint* yaitu 60 MPa
    - Joint* Tengah:
      - Menggunakan *Shell* dengan dimensi 700,00 mm × 75,00 mm dengan *bottom Shell* di jarak 90,00 mm dari *bottom* balok.
      - Panjang tulangan penyaluran tekan yaitu 1650,00 mm dengan kedua ujung kait 90° panjang 200,00 mm.
    - Joint* Tepi:
      - Digunakan panjang penyaluran sama dengan metode konvensional, yaitu tulangan tekan sebanyak 2 buah dibiarkan menerus sepanjang tulangan penyaluran dengan kait 90° dan selebihnya dipotong.
  - c. Sambungan Balok Induk-Balok Anak:
    - Panjang pengecoran *joint* yaitu 700,00 mm dengan mutu beton sama dengan elemen pracetak dengan panjang sambungan lewatan yaitu 600,00 mm sebanyak 2 buah tulangan.
  - d. Sambungan Balok-Pelat:
    - Digunakan besi wiremesh 8-150 mm dengan lebar 550,00 mm sebanyak 1 lapis sebagai tulangan extra *joint* dan terdapat tulangan penyaluran dari pelat yang menerus ke dalam balok masing-masing 115,00 mm. Mutu beton *overtopping* yaitu 60 MPa.
  - e. Sambungan Pelat-Pelat:
    - Digunakan besi wiremesh 8-150 mm dengan lebar 350,00 mm sebanyak 1 lapis sebagai tulangan extra *joint* dan mutu beton *overtopping* sama dengan elemen pracetak.
  - f. Tulangan stek:
    - Digunakan tulangan stek dengan panjang sesuai dengan sambungan lewatan tulangan (*splice length*).

4. Umur minimal elemen beton pracetak yaitu 3 hari setelah pengecoran untuk dapat dilakukan pengangkatan dari bekisting, penumpukan, dan pemasangan (*erection*).
5. Elemen struktur direncanakan pracetak kecuali dinding geser, pelat tangga, pelat bordes, balok bordes dan balok yang diapit oleh dinding geser untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan.

## 5. Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan dari perencanaan ini untuk para pembaca maupun para perencana berikutnya yaitu:

1. Dalam merencanakan struktur bangunan, diperlukan pemilihan sistem struktur yang tepat dalam proses perencanaan. Pemilihan sistem struktur terkhusus sistem ganda yang sesuai dengan ketinggian bangunan dan kondisi dilapangan sangat mempengaruhi perilaku struktur terhadap gempa dengan efisien dan ekonomis.
2. Dalam merencanakan struktur bangunan menggunakan metode beton pracetak, pemilihan sistem sambungan atau *Joint* antar elemen harus memenuhi standar peraturan yang ada dan seefisien mungkin dalam proses pengerjaanya.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep sambungan yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini, dikarenakan analisa yang digunakan hanya melalui kekuatan panjang penyaluran dan sambungan lewat tulangan.
4. Inovasi berikutnya yang bisa dicoba adalah dengan menerapkan beton pracetak pada dinding geser struktural dengan memperhatikan detail-detail sambungan jika memenuhi ketentuan dalam peraturan yang ada.
5. Penelitian selanjutnya bisa dilakukan analisis efisiensi waktu dan biaya pada metode beton pracetak terhadap metode beton konvensional atau cor ditempat.

## Referensi

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2019*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2019*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2020*. Jakarta.
- Erwin, W.I. (2006). *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak dan Bekisting*. Bandung: ANDI.