

ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN JENIS STRUKTUR SRPMM DAN SRPMK (Studi Kasus: Gedung Kuliah Poltekkes, Kalimantan Timur)

Novia Ramadhani¹⁾, Fachriza Noor Abdi²⁾, Ery Budiman²⁾ Budi Haryanto²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: novrama01@gmail.com

²⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: fnabdi@ft.unmul.ac.id ; ery_budi@yahoo.com; budiharyanto7951@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia secara georafis terletak pada zona pertemuan tiga lempeng besar dunia dan dikelilingi oleh cincin api pasifik, sehingga menjadikan Indonesia rawan akan gempa. Pulau Kalimantan merupakan salah satu pulau di Indonesia dengan tingkat risiko gempa yang rendah, namun bukan berarti tidak berpotensi terjadi gempa bumi. Oleh karena itu, perencanaan struktur sesuai dengan pedoman yang berlaku sangat penting untuk memastikan bangunan mampu menahan beban-beban yang dipikul, tidak terkecuali beban gempa. Salah satu metode dalam perencanaan struktur tahan gempa adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dimensi dan desain tulangan komponen struktur atas dari dua metode SRPM, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pemodelan dan analisis struktur dilakukan menggunakan *software* ETABS. Hasil analisis gaya dalam yang diperoleh dari ETABS selanjutnya digunakan untuk mendesain kebutuhan tulangan secara manual dengan bantuan Microsoft Excel sesuai dengan SNI 2847:2019.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi elemen struktur atas meliputi balok, kolom, dan pelat pada SRPMM dan SRPMK yang digunakan sama. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan sistem rangka pemikul momen tidak selalu menyebabkan perbedaan dimensi elemen struktur, selama dimensi yang digunakan telah memenuhi ketentuan kekuatan dan batasan desain sesuai SNI 2847:2019. Dari segi desain tulangan, hasil perbandingan menunjukkan adanya perbedaan pada elemen balok dan kolom. Pada SRPMK jarak tulangan transversal direncanakan lebih rapat dibandingkan SRPMM, baik pada balok maupun kolom. Perbedaan ini dipengaruhi oleh adanya perbedaan faktor reduksi gempa serta ketentuan daktilitas dan detailing tahan gempa yang lebih ketat pada SRPMK. Sementara itu, pada elemen pelat tidak terdapat perbedaan desain tulangan antara SRPMM dan SRPMK karena SNI 2847:2019 hanya mengatur ketentuan khusus detailing untuk elemen balok dan kolom sebagai komponen utama sistem rangka pemikul momen.

Kata Kunci: Struktur Tahan Gempa, SRPMM, SRPMK, ETABS

ABSTRACT

Indonesia is geographically located at the convergence of three major tectonic plates and surrounded by the Pacific Ring of Fire, making the country prone to earthquakes. Kalimantan Island is classified as a low-seismic-risk area, however the potential for earthquakes still exists. Therefore, structural design in accordance with the applicable codes and standards is crucial to ensure that buildings are capable of withstanding various loads, including seismic loads. One of the structural systems commonly used in earthquake-resistant design is the Moment Resisting Frame System (SRPM). This research aims to compare the dimension and reinforcement design of upper structural components between two types of SRPM, namely the Intermediate Moment Resisting Frame (SRPMM) and the Special Moment Resisting Frame (SRPMK). Structural modeling and analysis were performed using ETABS. The internal forces obtained from ETABS were subsequently used as the basis for manually designing the required reinforcement with the assistance of Microsoft Excel, referring to the provisions of SNI 2847:2019.

The result indicate that the dimensions of upperstructure elements, including beams, columns, and slabs used in both SRPMM and SRPMK are identical. This design output shows that differences in the momen resisting frame system do not necessarily result in differences in element dimensions, provided that the dimensions complies the strength requirements and design limitations specified in SNI 2847:2019. In terms of reinforcement design, differences were observed in beam and column elements. In the SRPMK, the spacing of transverse reinforcement was designed to be tighter than in the SRPMM for both beams and columns. These differences are

influenced by variations in the seismic response modification factor as well as stricter ductility and seismic detailing requirements in the SRPMK. Meanwhile, no differences in slab reinforcement design were observed between the SRPMM and SRPMK, as SNI 2847:2019 provides specific detailing requirements only for beam and column elements as the primary components of the moment resisting frame system.

Keywords: Earthquakes Resistant System, SRPMM, SRPMK, ETABS

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pulau Kalimantan merupakan salah satu pulau dengan tingkat aktivitas kegempaan rendah, tetapi bukan berarti tidak berpotensi terjadi gempa bumi. Mengingat adanya potensi gempa bumi, maka diperlukan perencanaan tahan gempa untuk meminimalisir dampak kerusakan struktur dan jatuhnya korban bila terjadi gempa bumi. Perencanaan struktur sesuai dengan pedoman yang berlaku sangat penting untuk memastikan bangunan mampu menahan beban-beban yang dipikul, tidak terkecuali beban gempa. Salah satu metode yang digunakan dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah metode sistem rangka pemikul momen (SRPM).

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis perbandingan perencanaan struktur atas Gedung Kuliah Poltekkes Kalimantan Timur dengan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

1.2. Latar Belakang

1. Mengetahui perbandingan dimensi komponen struktur atas Gedung Kuliah Jurusan Promosi Kesehatan Poltekkes Kaltim dengan perencanaan menggunakan jenis struktur SRPMM dan SRPMK.
2. Mengetahui perbandingan desain tulangan komponen struktur atas Gedung Kuliah Jurusan Promosi Kesehatan Poltekkes Kaltim dengan perencanaan menggunakan jenis struktur SRPMM dan SRPMK.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Struktur Atas

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian gedung yang terletak di atas muka tanah. Struktur atas terdiri dari balok, kolom, dan pelat [2].

2.1.1. Balok

Penentuan tinggi balok minimum diatur pada SNI 2847:2019, Tabel 9.3.3.1 sebagai berikut [4].

Tabel 1. Tinggi minimum balok

Kondisi Perletakan	Minimum, h
Perletakkan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

2.1.2. Kolom

Kolom adalah komponen struktur yang menerima gaya gempa paling besar dibandingkan dengan komponen lainnya. Dalam merencanakan kolom diperlukan adanya perencanaan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan elemen beton bertulang lainnya [9].

2.1.3. Pelat Lantai

Penentuan tebal pelat diatur pada SNI 2847:2019, Tabel 8.3.1.2, sebagai berikut [4].

Tabel 2. Tebal minimum pelat

α_{fm}	h minimum, mm		
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1 berlaku	(a)	
$0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari:	$\frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b)
		125	(c)
		$\frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d)
$\alpha_{fm} \geq 2,0$	Terbesar dari:	90	(e)

2.2. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah material konstruksi yang menggunakan dua bahan berbeda secara bersamaan, yaitu beton polos, yang memiliki kekuatan tekan tinggi tetapi kekuatan tarik rendah, dan baja tulangan yang ditanamkan pada beton sehingga dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan [2].

2.3. Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tetap berdiri,

walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan [6].

2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen terbagi menjadi tiga macam yaitu, Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) [6].

Perbedaan antar ketiga metode sistem rangka pemikul momen terletak pada nilai koefisien yang memengaruhi perilaku struktur terhadap tingkat daktilitas [8].

2.5. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) merupakan sistem rangka yang memiliki tingkat daktilitas sedang. Perencanaan struktur SRPMM harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 pasal 18.4 [1],[4].

2.5.1. Persyaratan Balok SRPMM

Berdasarkan SNI 2847:2019, balok SRPMM harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

2.5.1.1. Syarat Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.4.2, perencanaan tulangan longitudinal balok SRPMM harus memenuhi syarat sebagai berikut.

1. Memiliki minimal dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua sisi atas dan bawah. Tulangan bawah yang menerus harus memiliki luasan tidak kurang dari seperempat luasan maksimum tulangan bawah.
2. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari sepertiga momen negatif pada muka joint tersebut.
3. Kekuatan momen positif dan momen negatif pada semua penampang disepanjang bentang balok tidak boleh kurang dari seperlima momen maksimum.

2.5.1.2. Syarat Tulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.4.2.4, perencanaan tulangan transversal balok SRPMM harus memenuhi syarat sebagai berikut.

1. Sengkang pengekang harus dipasang sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok ($2h$) yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang di kedua ujung balok.

2. Sengkang pengekang pertama pada daerah $2h$ harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu.
3. Jarak antar sengkang pengekang sepanjang $2h$ (daerah sendi plastis) tidak boleh melebihi nilai terkecil dari: $d/4$; $8d_b$; $24d_s$; 300 mm .
4. Jarak tulangan geser pada daerah diluar sendi plastis harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ disepanjang bentang balok.

2.5.1.3. Syarat Kuat Geser

Kuat geser balok SRPMM diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.4.2.3, yang menyatakan bahwa untuk balok dengan $P_u < A_g f'_c / 10$, nilai gaya gesernya harus memiliki setidaknya nilai terkecil dari:

1. Gaya geser dari momen nominal ujung balok berdasarkan tulangan yang terpasang.
2. Gaya geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain termasuk E, dengan E ditetapkan sebesar dua kali nilai yang dipersyaratkan SNI 1726:2019.

2.5.2. Persyaratan Kolom SRPMM

Berdasarkan SNI 2847:2019, kolom SRPMM harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

2.5.2.1. Syarat Tulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.4.3.3 penentuan panjang sendi plastis (l_o) diambil tidak kurang dari nilai terbesar antara:

1. $l_o \geq h$
2. $l_o \geq \frac{1}{6} l_n$
3. $l_o \geq 450\text{ mm}$

Selain itu, jarak tulangan sengkang pada daerah sepanjang l_o , diatur pada SNI 2847:2019, Pasal 18.4.3.3, yang menyebutkan bahwa sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $s_0/2$ dari muka joint dan s_0 pada daerah sepanjang l_o diambil nilai terkecil dari:

1. $s_0 \leq 8d_b$
2. $s_0 \leq 24d_s$
3. $s_0 \leq \frac{1}{2} b$
4. $s_0 \leq 300\text{ mm}$

Spasi tulangan geser diluar panjang l_o diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.4.3.5, yang menyebutkan bahwa spasi maksimum tulangan geser harus memenuhi SNI 2847:2019, Tabel 10.7.6.5.2.

2.5.2.2. Syarat Kuat Geser

Kuat geser kolom SRPMM diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.4.3.1, yang menyatakan

bahwa nilai gaya gesernya ditentukan berdasarkan nilai terkecil dari:

1. Gaya geser dari momen nominal ujung kolom berdasarkan tulangan yang terpasang.
2. Gaya geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain termasuk E, dengan $\Omega_0 E$ sebagai pengganti E yang dimana nilai $\Omega_0 = 3.0$

2.6. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) merupakan sistem rangka yang memiliki tingkat daktilitas tinggi. Perencanaan struktur SRPMK harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 pasal 18.6 [1],[4].

2.6.1. Persyaratan Balok SRPMK

Berdasarkan SNI 2847:2019, balok SRPMK harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

2.6.1.1. Syarat Dimensi Penampang

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.6.2.1, dimensi penampang balok SRPMK harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

1. Panjang bentang bersih harus lebih besar dari empat kali tinggi efektif.
2. Lebar balok tidak kurang dari $0.3h$ namun tidak boleh kurang dari 250 mm.
3. Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0.75c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

2.6.1.2. Syarat Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.6.3, tulangan longitudinal balok SRPMK harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

1. Balok harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus baik pada sisi atas dan bawah penampang. Pada sembarang penampang, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan yaitu:

$$\frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w \cdot d \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} b_w \cdot d \dots\dots\dots(1.1)$$

2. Rasio tulangan maksimum, baik untuk tulangan atas maupun bawah adalah 2.5%.
3. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah momen negatif pada muka joint tersebut.
4. Kekuatan momen positif dan momen negatif pada semua penampang disepanjang bentang balok tidak boleh kurang dari seperempat momen maksimum.
5. Sambungan lewatan tulangan longitudinal balok diijinkan jika sengkang pengkekang dipasang sepanjang sambungan lewatan. Jarak

tulangan sengkang pada daerah ini tidak boleh melebihi nilai terkecil $d/4$ dan 100 mm.

6. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada lokasi tertentu, yaitu di dalam Hubungan Balok Kolom, di daerah sendi plastis ($2h$) dan dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampai perilaku elastik.

2.6.1.3. Syarat Tulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.6.4, tulangan transversal balok SRPMK harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

1. Sengkang pengkekang harus dipasang sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok ($2h$) yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang di kedua ujung balok.
2. Sengkang pertama pada daerah $2h$ harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu.
3. Jarak tulangan sengkang sepanjang $2h$ tidak boleh melebihi nilai terkecil dari: $d/4$; $6d_b$; 150 mm.
4. Jarak tulangan sengkang pada daerah diluar sendi plastis harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$.

2.6.1.4. Syarat Kuat Geser

Kekuatan geser balok SRPMK diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.6.5, yang menyatakan bahwa:

1. Tulangan geser harus didesain untuk memikul gaya geser rencana yang ditimbulkan oleh kuat lentur maksimum dengan tanda berlawanan, yang dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan. Pada saat bersamaan juga dianggap memikul beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya.
2. Tulangan geser sepanjang daerah $2h$ harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan nilai $V_c=0$, bila kedua syarat berikut terpenuhi:
 - a. Gaya geser akibat gempa mewakili setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut.
 - b. Gaya geser aksial terfaktor pada elemen balok (termasuk pengaruh gempa) harus kurang dari $A_g f_c' / 20$.

2.6.2. Persyaratan Kolom SRPMK

Berdasarkan SNI 2847:2019, kolom SRPMK harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

2.6.2.1. Syarat Dimensi Penampang

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.7.2.1, dimensi penampang kolom SRPMK harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

1. Dimensi penampang terkecil tidak kurang dari 300 mm.
2. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak kurang dari 0.4.

2.6.2.2. Syarat Kuat Lentur Minimum

Syarat kuat lentur minimum kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.7.3.2, sebagai berikut.

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \dots \dots \dots (1.2)$$

Ketentuan pada pasal ini dikenal dengan istilah *Strong Column Weak Beam (SCWB)*. Suatu kondisi dimana perlu dipastikan bahwa kekuatan kolom lebih besar dari kekuatan balok.

2.6.2.3. Syarat Tulangan Longitudinal

Syarat tulangan longitudinal kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.7.4.1, yang menyebutkan bahwa tulangan longitudinal kolom tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,006A_g$.

2.6.2.4. Syarat Tulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 18.7.5.1 penentuan panjang sendi plastis (l_o) diambil tidak kurang dari nilai terbesar antara:

1. $l_o \geq h$
2. $l_o \geq \frac{1}{6} l_n$
3. $l_o \geq 450 \text{ mm}$

Selain itu, jarak tulangan sengkang pada daerah sepanjang l_o , diatur pada SNI 2847:2019, Pasal 18.7.5.3, yang menyebutkan bahwa spasi tulangan sengkang pada daerah sepanjang l_o diambil nilai terkecil dari:

1. $s \leq \frac{1}{4} h$
2. $s \leq 6d_b$
3. $s \leq s_o$, dengan $s_o = 100 + \frac{350-h_x}{3}$. Nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu kurang dari 100 mm.

Spasi tulangan geser diluar panjang l_o diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.7.5.5, yaitu spasi tulangan geser diambil nilai terkecil dari:

1. $s \leq 6d_b$
2. $s \leq 150 \text{ mm}$

2.6.2.5. Syarat Kuat Geser

Kekuatan geser balok SRPMK diatur dalam SNI 2847:2019, Pasal 18.6.5, yang menyatakan bahwa:

1. Tulangan geser harus didesain untuk memikul gaya geser rencana yang ditimbulkan oleh kuat lentur maksimum disetiap ujung kolom yang terkait dengan beban aksial terfaktor yang

bekerja. Nilai geser juga tidak boleh kurang dari geser yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok dan hasil analisa struktur.

2. Tulangan geser sepanjang daerah $2h$ harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan nilai $V_c=0$, bila kedua syarat berikut terpenuhi:
 - a. Gaya geser akibat gempa mewakili setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut.
 - b. Gaya geser aksial terfaktor pada elemen balok (termasuk pengaruh gempa) harus kurang dari $A_g f_c' / 20$.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan merupakan data sekunder dari hasil pengamatan terhadap *shop drawing* Gedung Kuliah Jurusan Promosi Kesehatan Poltekkes Kaltim yang berupa data grid struktur.

3.1.1. Data Umum Bangunan

Data umum bangunan sebagai berikut.

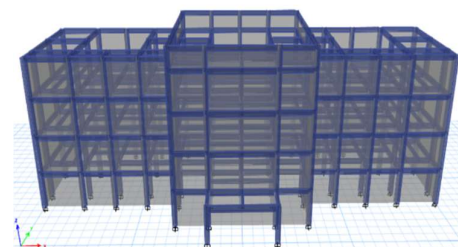
1. Fungsi bangunan : Ruang kelas
2. Jumlah lantai : 4 lantai
3. Tingin bangunan : 18 m
4. Struktur utama : Beton bertulang

3.1.2. Data Spesifikasi Material

Data spesifikasi material yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Mutu beton (f_c') : K-300 = 25 Mpa
2. Mutu baja BJTS 420 : $f_y = 420 \text{ MPa}$
 $f_u = 525 \text{ MPa}$
3. Mutu baja BJTP 280 : $f_y = 280 \text{ MPa}$
 $f_u = 350 \text{ MPa}$

3.2. Pemodelan Struktur Gedung



Gambar 1. Pemodelan struktur Gedung Kuliah Poltekkes Kalimantan Timur

3.3. Pemodelan Struktur Gedung

Beban yang digunakan pada perencanaan ini antara lain sebagai berikut.

1. Beban Mati
Berat jenis beton = 2400 kg/m^3

- Berat jenis baja = 7850 kg/m³
- Beban Mati Tambahan
Berat spesi/adukan, per cm tebal = 21 kg/m²
Berat plafond & penggantung = 18 kg/m²
Berat *mechanical & electrical* = 25 kg/m²
Berat dinding pasangan 1/2 bata = 250 kg/m²
 - Beban Hidup
Beban hidup gedung kuliah = 1.92 kg/m²
 - Beban Angin
Beban angin dianalisis berdasarkan SNI 1727:2020.

Tabel 3. Parameter beban angin

Parameter	Nilai
Kecepatan angin dasar (V)	32.1 m/s
Faktor arah angin (Kd)	0.85
Kategori eksposur	B
Faktor topografi (Kzt)	1
Faktor elevasi permukaan (Ke)	1
Efek tiupan angin (G)	0.85
Koefisien tekanan eksternal angin datang	0.8
Koefisien tekanan eksternal angin pergi	0.3

- Beban Gempa
Beban gempa dianalisis berdasarkan SNI 1726:2019.

Tabel 4. Parameter respons spektrum

Parameter	Nilai
Kelas Situs	SC (Tanah Keras)
Kategori resiko	IV
Ie	1.5
Ss	0.1197 g
S1	0.0974 g
SMS	0.1556 g
SM1	0.1461 g
SDS	0.1037 g
SD1	0.0974 g
KDS	C

Tabel 5. Parameter sistem rangka pemikul momen

Parameter	SRPMM		SRPMK	
R	5	8		
Ω_0	3.0	3.0		
Cd	4.5	5.5		

3.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan pada perencanaan struktur sebagai berikut.

- SRPMM
Struktur SRPMM perlu dibuatkan kombinasi pembebanan secara khusus akibat ketentuan SNI 2847:2019, Pasal 18.4.2.3 dan Pasal 18.4.3.1, sehingga perlu dibuatkan kombinasi pembebanan sebagai berikut:
 - Untuk balok
1.2D + 2.0E + L dan 0.9D + 2.0E
 - Untuk kolom
1.2D + 3.0E + L dan 0.9D + 3.0E
- SRPMK

Kombinasi pembebanan untuk struktur SRPMK sesuai yang diatur pada SNI 2847:2019, Pasal 5.3.1, Tabel 5.3.1.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perencanaan Dimensi Struktur Atas SRPMM dan SRPMK

4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Hasil perencanaan dimensi balok SRPMM dan SRPMK dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Perencanaan dimensi balok

Tipe Balok	SRPMM		SRPMK	
	b (mm)	h (mm)	b (mm)	h (mm)
B1	300	600	300	600
B1'	300	500	300	500
B2	300	500	300	500
B3	300	500	300	500
B4	300	500	300	500
B5	300	500	300	500
B6	250	350	250	350
B7	250	350	250	350

Berdasarkan hasil perbandingan dimensi kolom pada SRPMM dan SRPMK, diperoleh bahwa tidak terdapat perbedaan dimensi balok yang digunakan pada kedua sistem tersebut. Dimensi balok SRPMM dan SRPMK yang direncanakan telah memenuhi persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2019, yaitu Pasal 9.3.1 untuk balok SRPMM dan Pasal 18.6.2. untuk balok SRPMK.

4.1.2. Perencanaan Dimensi Kolom

Hasil perencanaan dimensi kolom SRPMM dan SRPMK dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Perencanaan Dimensi Kolom

Tipe Kolom	SRPMM		SRPMK	
	b (mm)	h (mm)	b (mm)	h (mm)
B1	500	500	500	500
B1'	500	500	500	500

Berdasarkan hasil perbandingan dimensi kolom pada SRPMM dan SRPMK, diperoleh bahwa tidak terdapat perbedaan dimensi kolom yang digunakan pada kedua sistem tersebut. Dimensi kolom SRPMM dan SRPMK yang direncanakan telah memenuhi persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2019, yaitu Pasal 10.3.1 untuk kolom SRPMM dan Pasal 18.7.2 untuk kolom SRPMK.

4.1.3. Perencanaan Dimensi Pelat

Hasil perencanaan dimensi pelat SRPMM dan SRPMK dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Perencanaan dimensi pelat

Tipe Pelat	SRPMM	SRPMK
	Tebal (mm)	Tebal (mm)
Pelat Lantai	130	130
Pelat Rooftank	130	130

Berdasarkan hasil perbandingan dimensi pelat pada SRPMM dan SRPMK, diperoleh bahwa ketebalan pelat yang digunakan pada kedua sistem adalah sama. Dimensi pelat SRPMM dan SRPMK yang direncanakan telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019, Tabel 8.3.1.2.

4.2. Analisis Beban Gempa

Analisis beban gempa dilakukan dengan metode berikut.

4.2.1. Metode Statik Ekuivalen

Hasil analisis beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen sebagai berikut.

4.2.1.1. Periode Struktur

Periode struktur yang digunakan adalah periode hasil analisis struktur menggunakan ETABS.

Tabel 9. Periode struktur

T	SRPMM	SRPMK
Tc Arah X	0.670	0.670
Tc Arah Y	0.696	0.696

4.2.1.2. Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar ditentukan berdasarkan persamaan 30 yang diatur dalam SNI 1726:2019, Pasal 7.8.1.

Tabel 10. Gaya geser dasar

Cs	SRPMM	SRPMK
Cs Arah X	688.03	430.02
Cs Arah Y	688.03	430.02

4.2.2. Metode Respons Spektrum

Hasil analisis beban gempa menggunakan metode respons spektrum sebagai berikut.

4.2.2.1. Jumlah Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2019, Pasal 7.9.1.1, perhitungan respon dinamik struktur harus dipastikan menghasilkan partisipasi massa lebih besar dari 90% massa total struktur. Partisipasi

massa hasil analisis menggunakan program bantu ETABS untuk masing-masing struktur dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 11. Jumlah ragam SRPMM

Mode	Period	UX (%)	UY (%)	SumUX (%)	SumUY (%)
1	0.696	0.00	83.61	0.00	83.61
2	0.67	80.07	0.00	80.07	83.61
3	0.638	4.63	0.00	84.70	83.61
4	0.229	0.00	10.68	84.70	94.29
5	0.216	10.65	0.00	95.35	94.29
6	0.206	0.05	0.00	95.41	94.29
7	0.169	0.11	0.00	95.51	94.29
8	0.161	0.05	0.19	95.56	96.19
9	0.161	0.19	0.55	95.75	96.74
10	0.158	0.01	0.07	95.76	96.80
11	0.141	0.47	0	96.23	96.80
12	0.134	0	0.01	96.23	96.81

Tabel 12. Jumlah ragam SRPMK

Mode	Period	UX (%)	UY (%)	SumUX (%)	SumUY (%)
1	0.696	0.00	83.61	0.00	83.61
2	0.67	80.07	0.00	80.07	83.61
3	0.638	4.63	0.00	84.70	83.61
4	0.229	0.00	10.68	84.70	94.29
5	0.216	10.65	0.00	95.35	94.29
6	0.206	0.05	0.00	95.41	94.29
7	0.169	0.11	0.00	95.51	94.29
8	0.161	0.05	0.19	95.56	96.19
9	0.161	0.19	0.55	95.75	96.74
10	0.158	0.01	0.07	95.76	96.80
11	0.141	0.47	0	96.23	96.80
12	0.134	0	0.01	96.23	96.81

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa baik SRPMM dan SRPMK nilai partisipasi massa pada ragam ke 5 sudah memenuhi persyaratan yaitu mencapai lebih dari 90%.

4.2.2.2. Penskalaan Gaya

Berdasarkan SNI 1726:2019, Pasal 7.9.1.4.1 dijelaskan bahwa besarnya *base shear* pada gempa dinamik haruslah 100% dari gempa statik. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan menggunakan *software* ETABS untuk mengetahui perbandingan *base shear* gempa statik dan gempa dinamik.

Tabel 13. Penskalaan gaya SRPMM

Parameter	Arah X	Arah Y
V	688.03	688.03
Vt	536.85	536.00
Cek (Vt/V>100%)	NOT OK	NOT OK
Skala lama	2942.00	2942.00
Skala baru	3770.04	3776.42
V	688.03	688.03
Vt baru	688.03	688.03
Cek (Vt/V>100%)	OK	OK

Tabel 14. Penskalaan gaya SRPMK

Parameter	Arah X	Arah Y
-----------	--------	--------

V	430.02	430.02
Vt	335.53	335.00
Cek (Vt/V>100%)	NOT OK	NOT OK
Skala lama	1838.75	1838.75
Skala baru	2356.55	2360.28
V	430.02	430.02
Vt baru	430.02	430.02
Cek (Vt/V>100%)	OK	OK

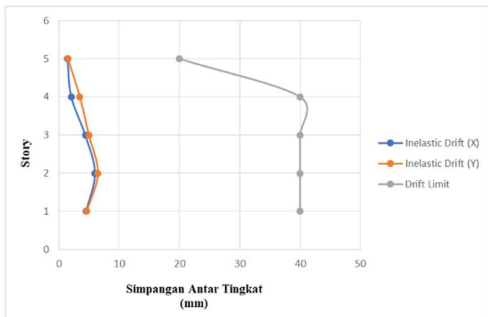
Dari hasil kontrol di atas diperoleh bahwa analisis struktur sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2019, Pasal 7.9.1.4.1.

4.3. Kontrol Perilaku Struktur

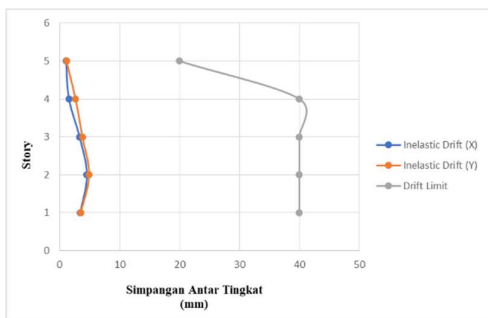
Kontrol dilakukan dengan mengevaluasi kinerja struktur sebagai berikut.

4.3.1. Simpangan Antar Lantai

Dari hasil analisis struktur diperoleh simpangan antar lantai masing-masing model struktur yang dianalisis seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut.



Gambar 2. Simpangan antar lantai SRPMM



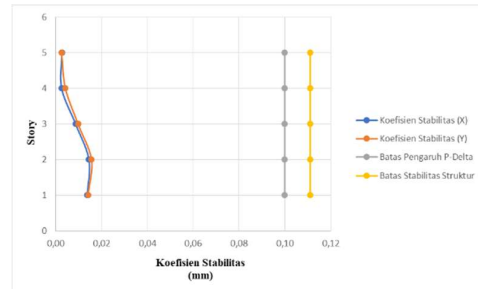
Gambar 3. Simpangan antar lantai SRPMK

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas simpangan antar lantai izin, sehingga struktur SRPMM dan SRPMK yang direncanakan masih berada dibatas aman saat gempa terjadi.

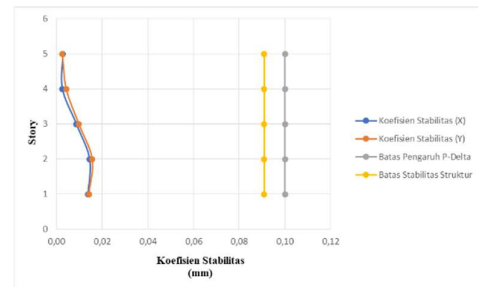
4.3.2. Pengaruh P-Delta

Dari hasil analisis struktur diperoleh pengaruh P-Delta masing-masing model struktur yang

dianalisis seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut.



Gambar 4. Pengaruh P-Delta SRPMM



Gambar 5. Pengaruh P-Delta SRPMK

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa baik struktur SRPMM dan SRPMK masih stabil terhadap pengaruh P-Delta, sehingga gedung relatif stabil dan tidak perlu dilakukan desain ulang.

4.3.3. Ketidakberaturan Struktur

Dilakukan analisis terhadap ketidakberaturan horizontal dan vertikal pada struktur SRPMM dan SRPMK dengan hasil pengecekan sebagai berikut

1. Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Berikut ini merupakan hasil pengecekan terhadap ketidakberaturan horizontal torsi dan torsi berlebihan pada struktur SRPMM dan SRPMK.

Tabel 15. Pengecekan ketidakberaturan torsi dan torsi berlebihan struktur SRPMM

Lantai	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
5	1.428	H.1b	1.424	H.1b
4	1.111	OK	1.205	H.1a
3	1.026	OK	1.105	OK
2	1.033	OK	1.118	OK
1	1.047	OK	1.124	OK

Tabel 16. Pengecekan ketidakberaturan torsi dan torsi berlebihan struktur SRPMK

Lantai	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek

5	1.428	H.1b	1.424	H.1b
4	1.111	OK	1.205	H.1a
3	1.026	OK	1.105	OK
2	1.033	OK	1.118	OK
1	1.047	OK	1.124	OK

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa struktur SRPMM dan SRPMK mengalami ketidakberaturan torsi dan torsi berlebihan.

2. Ketidakberaturan Sudut Dalam

Ketidakberaturan sudut dalam gedung dapat ditinjau berdasarkan denah atau bentuk bangunan ditinjau secara horizontal. Adapun hasil pengecekan adalah sebagai berikut.

$$Arah X = \frac{Px}{Lx} = \frac{21}{50} = 0.42$$

$$Arah Y = \frac{Py}{Ly} = \frac{7}{19.4} = 0.36$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa struktur mengalami ketidakberaturan sudut dalam dikarenakan nilai proyeksi sudut dalam lebih dari 15%.

3. Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

Berdasarkan pada denah struktur gedung tidak terdapat bukaan sehingga struktur tidak mengalami ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

4. Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak

Lurus Terhadap Bidang
Struktur gedung SRPMM dan SRPMK tidak mengalami ketidakberaturan tipe ini, hal ini dikarenakan semua elemen vertikal yaitu kolom tidak mengalami diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral.

5. Ketidakberaturan sistem nonparalel

Berdasarkan denah struktur, diketahui bahwa struktur SRPMM dan SRPMK tidak memiliki elemen vertikal pemikul gaya tidak paralel terhadap sumbu utama sehingga struktur dapat dinyatakan tidak memiliki ketidakberaturan horizontal tipe ini.

4.3.3.2. Ketidakberaturan Vertikal

1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan

Berikut ini merupakan hasil pengecekan terhadap ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan tingkat lunak berlebihan pada struktur SRPMM dan SRPMK.

Tabel 17. Pengecekan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan

lunak berlebihan struktur SRPMM

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan kN/m	Cek	Kekakuan	Cek
5	43479.08		42882.13	
4	204633.99	OK	144932.05	OK
3	283793.47	OK	230477.09	OK
2	298024.01	OK	249566.12	OK
1	456187.51	OK	395379.03	OK

Tabel 18. Pengecekan Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan lunak berlebihan struktur SRPMK

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan kN/m	Cek	Kekakuan kN/m	Cek
5	43479.08		42882.13	
4	204633.99	OK	144932.05	OK
3	283793.47	OK	230477.09	OK
2	298024.01	OK	249566.12	OK
1	456187.51	OK	395379.03	OK

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa struktur SRPMM dan SRPMK mengalami ketidakberaturan tingkat lunak dan tingkat lunak berlebihan.

2. Ketidakberaturan berat massa

Berikut ini merupakan hasil pengecekan terhadap ketidakberaturan berat massa pada struktur SRPMM dan SRPMK

Tabel 19. Pengecekan ketidakberaturan berat massa SRPMM

Lantai	Massa	Cek
	kg	
5	23225.45	OK
4	225287.66	V.2
3	661289.18	V.2
2	661289.18	OK
1	683240.80	V.2

Tabel 20. Pengecekan ketidakberaturan berat massa SRPMK

Lantai	Massa	Cek
	kg	
5	23225.45	OK
4	225287.66	V.2
3	661289.18	V.2
2	661289.18	OK
1	683240.80	V.2

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa struktur SRPMM dan SRPMK mengalami ketidakberaturan berat massa.

3. Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Berikut ini merupakan hasil pengecekan terhadap ketidakberaturan geometri vertikal pada struktur SRPMM dan SRPMK.

Tabel 21. Pengecekan ketidakberaturan geometri vertikal SRPMM

Lantai	L	Cek
	mm	
5	500	
4	500	OK
3	500	OK
2	500	OK
1	500	OK

Tabel 22. Pengecekan ketidakberaturan geometri vertikal SRPMK

Lantai	L	Cek
	mm	
5	500	
4	500	OK
3	500	OK
2	500	OK
1	500	OK

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa struktur SRPMM dan SRPMK tidak mengalami ketidakberaturan geometri vertikal.

4. Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Arah Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral

Berdasarkan struktur yang ditinjau, tidak ada pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral yang lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekuatan elemen pemikul di tingkat di bawahnya. Sehingga tidak terdapat diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan elemen penahan gaya vertikal pada struktur gedung.

5. Ketidakberaturan Tingkat Lemah dan Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat

Berikut ini merupakan hasil pengecekan terhadap ketidakberaturan ketidakberaturan struktur vertikal tipe 5 pada struktur SRPMM dan SRPMK.

Tabel 23. Pengecekan ketidakberaturan tingkat lemah dan berlebihan akibat diskontinuitas pada kekakuan lateral tingkat SRPMM

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan	Cek	Kekakuan	Cek
	kN		kN	
5	12.62		14.36	
4	125.98	OK	132.47	OK
3	402.42	OK	407.90	OK
2	594.37	OK	597.44	OK
1	688.03	OK	688.03	OK

Tabel 24. Pengecekan ketidakberaturan tingkat lemah dan berlebihan akibat

diskontinuitas pada kekakuan lateral tingkat SRPMK

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan	Cek	Kekakuan	Cek
	kN		kN	
5	7.89		8.98	
4	78.74	OK	82.80	OK
3	251.51	OK	254.94	OK
2	371.48	OK	373.40	OK
1	430.02	OK	430.02	OK

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa struktur SRPMM dan SRPMK tidak mengalami ketidakberaturan vertikal tipe 5.

4.4. Perencanaan Desain Tulangan Elemen Struktur Atas SRPMM dan SRPMK

Dari hasil analisis yang telah dilakukan kemudian dilakukan perbandingan desain penulangan elemen struktur atas Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

4.4.1. Perencanaan Desain Tulangan Balok

Hasil perencanaan desain tulangan balok SRPMM dan SRPMK dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 25. Perencanaan tulangan balok

Tipe	Posisi	SRPMM	SRPMK
B1	Tumpuan		
	Atas	6D16	5D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	3D16	3D16
	Sengkang	2Ø10-100	2Ø10-80
	Lapangan		
	Atas	3D16	3D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	4D16	4D16
	Sengkang	2Ø10-150	2Ø10-150
B1'	Tumpuan		
	Atas	3 D16	3 D16
	Tengah	-	-
	Bawah	3 D16	3 D16
Sengkang	2Ø10-100	2Ø10-80	
B2	Tumpuan		
	Atas	3 D16	3 D16
	Tengah	-	-
	Bawah	3 D16	3 D16
	Sengkang	2Ø10-150	2Ø10-150
	Lapangan		
	Atas	3D16	3D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	3D16	3D16
	Sengkang	2Ø10-100	2Ø10-80
	Lapangan		
	Atas	3D16	3D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	3D16	3D16

	Sengkang	2Ø10-150	2Ø10-150
B3	Tumpuan		
	Atas	3D16	3D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	3D16	3D16
	Sengkang	2Ø10-100	2Ø10-60
	Lapangan		
	Atas	3D16	3D16
	Tengah	2D13	2D13
B4	Tumpuan		
	Atas	3D16	3D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	3D16	3D16
	Sengkang	2Ø10-100	2Ø10-80
	Lapangan		
	Atas	3D16	3D16
	Tengah	2D13	2D13
B5	Tumpuan		
	Atas	3 D16	3 D16
	Tengah	-	-
	Bawah	3 D16	3 D16
	Sengkang	2Ø10-100	2Ø10-80
	Lapangan		
	Atas	3 D16	3 D16
	Tengah	-	-
B6	Tumpuan		
	Atas	2D16	2D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	2D16	2D16
	Sengkang	2Ø10-70	2Ø10-60
	Lapangan		
	Atas	2D16	2D16
	Tengah	2D13	2D13
B7	Tumpuan		
	Atas	2D16	2D16
	Tengah	2D13	2D13
	Bawah	2D16	2D16
	Sengkang	2Ø10-70	2Ø10-60
	Lapangan		
	Atas	2D16	2D16
	Tengah	2D13	2D13

Berdasarkan hasil perencanaan dan perbandingan desain tulangan balok pada SRPMM dan SRPMK, diperoleh bahwa terdapat perbedaan desain tulangan pada beberapa balok, khususnya pada daerah tumpuan. Pada struktur SRPMK, jarak tulangan sengkang pada daerah tumpuan direncanakan lebih rapat dibandingkan SRPMM. Hal ini disebabkan oleh ketentuan detailing khusus pada SRPMK yang bertujuan untuk meningkatkan daktilitas elemen balok sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa.

4.4.2. Perencanaan Desain Tulangan Kolom

Hasil perencanaan desain tulangan kolom SRPMM dan SRPMK dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 26. Perencanaan tulangan kolom

Tipe	Posisi	SRPMM	SRPMK
K1	Tumpuan		
	Longitudinal	12D22	12D22
	Sengkang	4Ø10-150	4Ø10-60
	Lapangan		
	Longitudinal	12D22	12D22
K1'	Tumpuan		
	Longitudinal	8D22	8D22
	Sengkang	4Ø10-150	4Ø10-60
	Lapangan		
	Longitudinal	8D22	8D22
	Sengkang	4Ø10-200	4Ø10-130

Berdasarkan hasil perencanaan dan perbandingan desain tulangan kolom pada SRPMM dan SRPMK, diperoleh bahwa jumlah tulangan longitudinal kolom yang digunakan pada kedua sistem sama, sedangkan perbedaan utama terdapat pada jarak tulangan sengkang.

Pada struktur SRPMK, tulangan sengkang kolom direncanakan dengan jarak yang lebih rapat, terutama pada daerah sendi plastis. Ketentuan ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kolom dalam menahan kombinasi gaya aksial dan momen lentur akibat beban gempa, serta untuk mencegah terjadinya kegagalan getas pada kolom.

4.4.3. Perencanaan Desain Tulangan Pelat

Hasil perencanaan desain tulangan pelat SRPMM dan SRPMK dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 27. Perencanaan tulangan pelat

Tipe	Posisi	SRPMM	SRPMK
Pelat Lantai	Atas X	D10-250	D10-250
	Atas Y	D10-250	D10-250
	Bawah X	D10-250	D10-250
	Bawah Y	D10-250	D10-250
Tipe	Posisi	SRPMM	SRPMK
Pelat Rooftank	Atas X	D10-250	D10-250
	Atas Y	D10-250	D10-250
	Bawah X	D10-250	D10-250
	Bawah Y	D10-250	D10-250

Berdasarkan hasil perencanaan dan perbandingan desain tulangan pelat pada sistem SRPMM dan SRPMK, diperoleh bahwa tidak terdapat perbedaan desain tulangan pelat antara kedua sistem rangka pemikul momen. Hal ini dikarenakan pada SNI 2847:2019 ketentuan khusus terkait perbedaan detailing hanya diatur untuk balok dan kolom sebagai komponen utama dalam sistem penahan gempa, sedangkan untuk

pelat tidak terdapat persyaratan yang membedakan antara SRPMM dan SRPMK. Dengan demikian, desain tulangan pelat tetap mengacu pada ketentuan umum perencanaan pelat beton bertulang tanpa memperhatikan tingkat daktilitas sistem rangka yang digunakan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil perbandingan perencanaan elemen struktur atas menggunakan SRPMM dan SRPMK diperoleh bahwa dimensi elemen struktur atas meliputi balok, kolom, dan pelat yang digunakan pada kedua sistem struktur adalah sama. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan sistem rangka tidak selalu menyebabkan perbedaan dimensi elemen struktur, selama dimensi yang digunakan telah memenuhi ketentuan dan batasan desain sesuai ketentuan SNI 2847:2019.
2. Berdasarkan hasil perbandingan perencanaan struktur atas menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), diperoleh bahwa desain tulangan elemen struktur atas yang digunakan pada kedua sistem menunjukkan adanya perbedaan khususnya pada elemen balok dan kolom. Struktur SRPMK memerlukan detailing tulangan yang lebih ketat, yang ditunjukkan oleh jarak sengkang yang lebih rapat dibandingkan SRPMM. Perbedaan ini dipengaruhi oleh perbedaan faktor reduksi gempa (R) serta ketentuan daktilitas dan detailing tahan gempa, dimana SRPMK memiliki persyaratan detailing yang lebih ketat dibandingkan SRPMM. Sementara itu, pada elemen pelat tidak terdapat perbedaan desain tulangan antara SRPMM dan SRPMK karena ketentuan khusus perbedaan detailing hanya berlaku pada elemen balok dan kolom sebagai komponen utama sistem penahan gaya gempa.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Almufid & Santoso, E. (2021). Struktur SRPMK dan SRPMM Pada Bangunan Tinggi. *Jurnal Teknik*, 10(1):24-34.
2. Antonius. (2021). *Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2019*. Semarang: Unissula Press.
3. Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Standar Nasional Indonesia (SNI) Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
4. Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Standar Nasional Indonesia (SNI) Tata Cara*

Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

5. Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Standar Nasional Indonesia (SNI) Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
6. Budiarty, I., Budiman, E., & Haryanto, B. (2022). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Studi Kasus : Hotel Fox Harris Lite di Jln. S. Parman, Kota Samarinda, Kalimantan Timur). *Jurnal Teknologi Sipil*, 6(1):45-59.
7. Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987)*. Bandung: Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan.
8. Fadillah, T. (2023). Analisis Perbandingan Respon Seismik Antara Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa dan Menengah Pada Gedung Simetri Dua Arah. Universitas Islam Indonesia.
9. Lesmana, Y. (2021). *HandBook: Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM & SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019 Edisi Pertama*. Makassar: Nas Media Pustaka.
10. Lesmana, Y. (2020). *HandBook: Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019 Edisi Pertama*. Makassar: Nas Media Pustaka.
11. Lesmana, Y. (2020). *HandBook: Prosedur Analisa Beban Gempa Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019 Edisi Pertama*. Makassar: Nas Media Pustaka.