

Struktur SRPMK DAN SRPMM Pada Bangunan Tinggi

Structure of SRMK and SRMM on High Building

Almufid¹, Egi Santoso²

Universitas Muhammadiyah Tangerang Indonesia
Jl. Perintis Kemerdekaan I, No. 33 Cikokol Tangerang 15118
e-mail : almufid_st@yahoo.com, egisantoso17@gmail.com

Receive: 17 Januari 2021

Accepted: 217 Januari 2021

Abstract

In the planning of building structures, it is necessary to have precise calculations so that the structure obtained is strong against loads and is certainly economical. From a geographical point of view, Indonesia is one of the countries on the most active earthquake route in the world because it is surrounded by the Pacific Ring of Fire and is above three continental plate collisions (triple junction plate convergence), thus making Indonesia a country that has a high earthquake risk level. In Indonesia itself there are several provisions that apply where there are regulations in planning a building to be earthquake resistant. As for this research study is to plan a 10-story apartment structure using the Special Moment Bearer Frame System (SRPMK) and the Intermediate Moment Bearer Frame System (SRPMM) based on SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, and SNI 1727-2013 and other provisions applicable in Indonesia to support earthquake resistant building planning. At this stage, it begins with preliminary design, then structural modeling and analysis is assisted using the ETABS program. From the planning results obtained in the form of dimensions and differences from the calculation of reinforcement between the two systems used.

Keywords: SRPMK, SRPMM, Earthquake Resistant Building Planning, ETABS

Abstrak

Dalam perencanaan struktur bangunan diperlukan adanya perhitungan yang tepat agar struktur yang didapat kuat terhadap beban serta yang pasti ekonomis. Jika dilihat dari segi geografis Indonesia menjadi salah satu negara yang berada di jalur gempa teraktif di dunia karena dikelilingi oleh Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*) dan berada di atas tiga tumbukan lempeng benua (*triple junction plate convergence*), sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki tingkat resiko gempa cukup tinggi. Di Indonesia sendiri ada beberapa ketentuan yang berlaku dimana ada peraturan-peraturan dalam merencanakan suatu bangunan agar tahan terhadap gempa. Adapun dari studi penelitian ini adalah merencanakan struktur apartemen 10 lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) berdasarkan SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, dan SNI 1727-2013 serta ketentuan-ketentuan lain yang berlaku di Indonesia untuk menunjang perencanaan bangunan tahan gempa. Pada tahapannya diawali dengan *preliminary design*, lalu pemodelan serta analisa struktur dibantu menggunakan program ETABS. Dari hasil perencanaan didapat berupa dimensi dan perbedaan dari hasil perhitungan tulangan antara kedua sistem yang digunakan.

Kata Kunci: SRPMK, SRPMM, Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa, ETABS

PENDAHULUAN

Indonesia menjadi salah satu negara yang berada di jalur gempa teraktif di dunia karena dikelilingi oleh Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*) dan berada di atas tiga tumbukan lempeng benua (*triple junction plate convergence*), yakni, Indo-Australia, Eurasia

dan Pasifik yang masing-masing bergerak ke barat dan ke utara relatif terhadap eurasia. Jika dilihat dari kondisi geografis ini menjadikan Indonesia sebagai negara dengan wilayah yang rawan bencana alam seperti letusan gunung api, gempa, dan tsunami. Tercatat terjadi sebanyak 28 kali gempa di Indonesia di abad 21 ini dengan skala kekuatan bervariasi dan telah menelan korban sebanyak kurang lebih 142.160 jiwa (*sumber Wikipedia*).

Dengan kondisi Indonesia yang rawan akan gempa tersebut, maka diperlukan suatu usaha untuk mengatasi permasalahan yang timbul akibat gempa tersebut, khususnya pada sektor konstruksi, sehingga dapat mengurangi korban bencana dan juga kerugian materi. Salah satu faktor yang mempengaruhi struktur bangunan bertingkat tinggi adalah kekuatan struktur pada bangunan itu sendiri, dimana faktor ini erat kaitannya dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam menahan beban yang bekerja pada struktur. Oleh karena itu dalam perencanaannya harus mendesain sedemikian rupa agar dapat digunakan sebaik-baiknya, nyaman serta aman terhadap gempa bagi pemakai.

Bangunan bertingkat tinggi yang direncanakan pada tugas akhir ini merupakan gedung beton bertulang 10 lantai yang dimanfaatkan sebagai apartemen dan kantor, dimana dalam perencanaannya menggunakan dual sistem yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dari pemilihan kedua sistem ini didasari karena hampir seluruh wilayah Indonesia rawan terhadap gempa, termasuk kota Depok yang terletak di wilayah gempa zona 4. Kedua jenis sistem bangunan ini yaitu SRPMM dan SRPMK akan direncanakan dengan konsep *Strong Column and Weak Beam* (kolom kuat dan balok lemah). Sehingga menghasilkan suatu perbandingan antara kedua metode SRPM (SRPMM dan SRPMK) diantaranya jumlah tulangan,

METODE PENELITIAN

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Pada sistem rangka pemikul momen, beban gravitasi mampu dipikul oleh rangka struktur. Pada sistem ini beban lateral dipikul dengan cara aksi lentur pada setiap elemennya. Terdapat beberapa ciri pada sistem struktur ini:

Beban di transfer oleh geser di kolom sehingga menghasilkan momen pada balok dan kolom.

Hubungan balok kolom harus didesain dengan baik sebab merupakan bagian yang penting agar sistem bekerja dengan baik.

Momen dan geser dari beban lateral harus ditambahkan pada struktur dari beban gravitasi.

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem rangka pemikul momen terbagi menjadi beberapa bagian diantaranya:

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Suatu sistem rangka yang ketentuan-ketentuannya harus memenuhi SNI 2847-2019 pasal 18.3. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan didaerah dengan resiko gempa yang rendah.

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Suatu sistem rangka yang ketentuan-ketentuannya harus memenuhi SNI 2847-2019 pasal 18.4. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang.

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Suatu sistem rangka yang ketentuan-ketentuannya harus memenuhi SNI 2847-2019 pasal

18.6 sampai pasal 18.9. Sistem rangka ini memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan pada daerah dengan resiko gempa yang tinggi.

Data Bangunan

Data bangunan yang akan direncanakan yaitu sebagai berikut :

Nama bangunan	: Gedung Tpycal	Fungsi bangunan	: Apartemen hotel
Tinggi antar lantai	: 3,5 meter	Jenis tanah	: Tanah keras
Lokasi	: Depok	Struktur bangunan	: Beton Bertulang

Data Material dan Mutu

Material yang digunakan pada bangunan yang direncanakan terdiri dari material beton bertulang. Beton bertulang merupakan material komposit yang terdiri dari dua unsur yaitu beton dan baja dimana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki beton. Adapun mutu yang digunakan adalah sebagai berikut:

Mutu beton : F_c' 36 Mpa (Kolom)
 F_c' 32 Mpa (balok dan pelat)
Mutu baja : F_y 400 Mpa (baja tulangan)

Data Beban Gempa

Pada beban gempa rencana perhitungan yang digunakan yaitu dengan metode analisa respons spektrum. Adapun data yang didapat ialah bangunan rencana berlokasi di Depok dengan kondisi tanah keras, data tersebut dapat diakses melalui situs Puskim 2019. Data-data yang didapat sebagai berikut:

Tabel 1 Parameter respons spektrum (Puskim)

Parameter Respons Spektrum			Sumber
Kategori Resiko		II	SNI 1726-2019
Faktor Keutamaan	I_e	1	SNI 1726-2019
Klasifikasi Situs		Tanah keras	
Percepatan gempa MCEr terpetakan untuk periode pendek	S_s	0.913	Puskim
Percepatan gempa MCEr terpetakan untuk periode 1 detik	S_1	0.426	Puskim
Faktor amplifikasi periode pendek	F_A	1.200	SNI 1726-2019
Faktor amplifikasi periode 1 detik	F_V	1.500	SNI 1726-2019
Percepatan pada periode pendek	S_{MS}	1.095	Puskim
Percepatan periode 1 detik	S_{M1}	0.639	Puskim
Percepatan desain pada periode pendek	S_{DS}	0.730	Puskim
Percepatan desain pada periode 1 detik	S_{D1}	0.430	Puskim
Parameter Periode	T_0	0.120	Puskim
	T_s	0.590	Puskim

Tabel 2 Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen

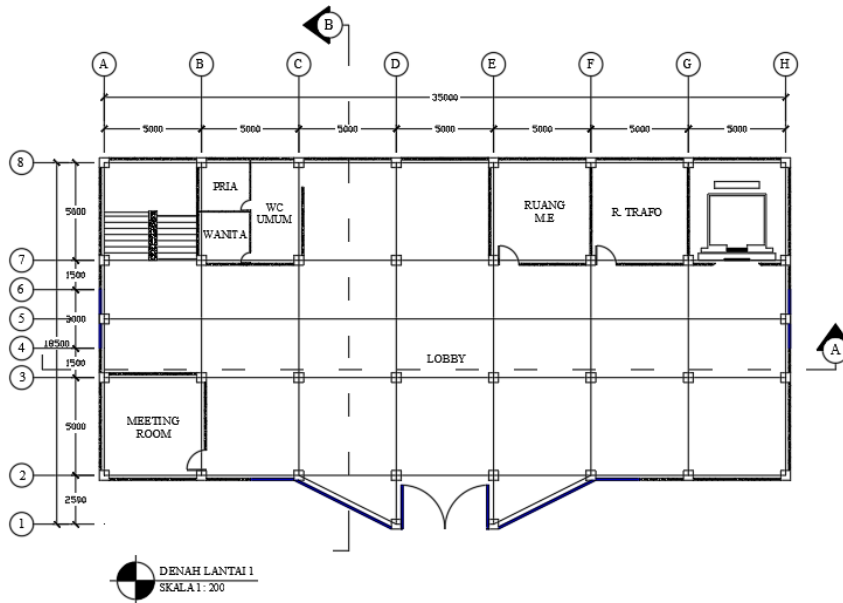
Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)			Sumber
Koefisien Modifikasi Respons	R	5,00	SNI 1726-2019
Faktor Kuat Lebih Sistem	Ω_0	3,00	SNI 1726-2019
Faktor Pembesaran Defleksi	C_d	4,50	SNI 1726-2019
Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)			Sumber
Koefisien Modifikasi Respons	R	8,00	SNI 1726-2019
Faktor Kuat Lebih Sistem	Ω_0	3,00	SNI 1726-2019
Faktor Pembesaran Defleksi	C_d	5,50	SNI 1726-2019

Data Kombinasi Beban

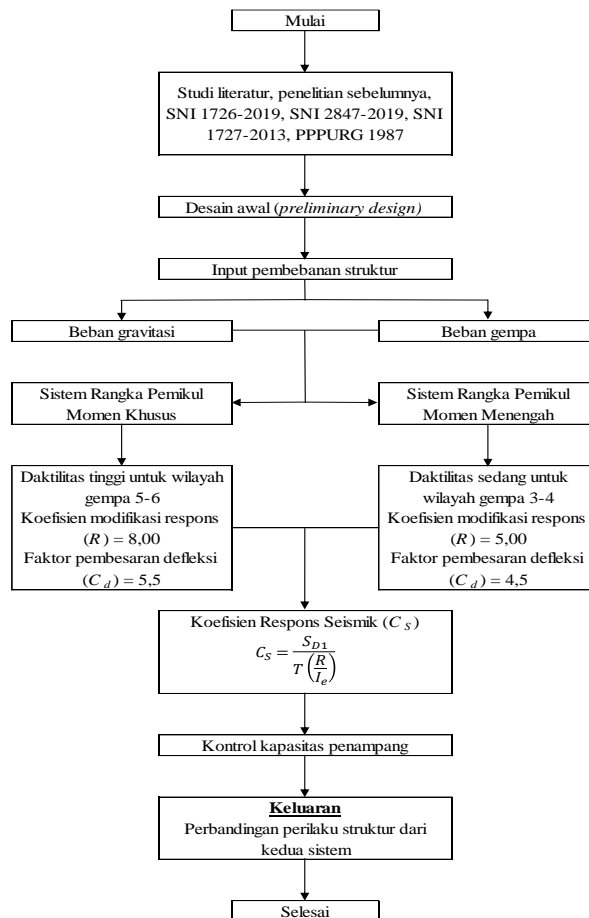
Tabel 3 Kombinasi pembebanan

Kombinasi Beban Metoda Ultimit							
Kombinasi	DL	LL	R	W_x	W_y	S_x	S_y
Kombinasi Dasar (SNI 1726 - 2019 : Pasal 4.2.2)							
KD1	1.4						
KD2	1.2	1.6					
KD3	1.2	1	1.6				
Kombinasi Beban Gempa (SNI 1726 - 2012 : Pasal 7.4.3.2)							
KBG1A	1.346	1				0.39	1.3
KBG1B	1.346	1				0.39	-1.3
KBG1C	1.346	1				-0.39	1.3
KBG1D	1.346	1				-0.39	-1.3
KBG2A	1.346	1				1.3	0.39
KBG2B	1.346	1				1.3	-0.39
KBG2C	1.346	1				-1.3	0.39
KBG2D	1.346	1				-1.3	-0.39
KBG3A	0.754					0.39	1.3
KBG3B	0.754					0.39	-1.3
KBG3C	0.754					-0.39	1.3
KBG3D	0.754					-0.39	-1.3
KBG4A	0.754					1.3	0.39
KBG4B	0.754					1.3	-0.39
KBG4C	0.754					-1.3	0.39
KBG4D	0.754					-1.3	-0.39

Denah Layout Gedung



Gambar 1 Denah gedung lantai 1-10 (Typycal) Kecuali Pintu



Gambar 2 Flow chart Perhitungan SRPMK & SRPMM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelat

Ketebalan 120 mm untuk pelat dua arah.

Balok

Tabel 4 Dimensi Elemen Balok

Tipe	Status	B (mm)	H (mm)
B1	Balok Induk	350	550
B2	Balok Induk	350	600
B3	Balok Anak	250	450

Kolom

Tabel 5 Hasil preliminary design kolom

Tipe Kolom	Dimensi		Lantai
	b (mm)	h (mm)	
K1	300	300	9-10
K2	400	400	7-8
K3	500	500	5-6
K4	550	550	3-4
K5	650	650	1-2

Koefisien Response Seismik (Cs)

Perhitungan Cs dapat dilihat pada SNI 1726-2019 pasal 7.6.1.1 dengan menggunakan rumus berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Tabel 6 Koefisien respons seismik

	SRPMK	SRPMM
Cs Arah X	0.034	0.054
Cs Arah Y	0.034	0.054

Faktor Skala Gaya SRPMM

Tabel 7 Faktor skala baru SRPMM

Vt arah X	1563.7295 kN		
Vt arah Y	1669.1453 kN		
	X	Y	Satuan
Wt (berat total bangunan)	36304.7952	36304.7952	kN
Cs	0.0537	0.0537	
V	1951.1347	1951.1347	kN
Vt	1563.7295	1669.1453	kN
Vt/V	0.8014	0.8555	
Cek (Vt/V > 100%)	TIDAK OK	TIDAK OK	
Faktor Skala Lama	1.960	1.960	
Faktor Skala Baru	2.4456	2.2911	m/s ²

SRPMK

Tabel 8 Faktor skala baru SRPMK

Vt arah X	977.328	kN	
Vt arah Y	1043.2649	kN	
	X	Y	Satuan
Wt (berat total bangunan)	36163.7230	36163.7230	kN
Cs	0.0336	0.0336	
V	1214.7206	1214.7206	kN
Vt	977.3280	1043.2649	kN
Vt/V	0.8046	0.8589	
Cek (Vt/V > 100%)	TIDAK OK	TIDAK OK	
Faktor Skala Lama	1.225	1.225	
Faktor Skala Baru	1.5226	1.4263	m/s ²

Tulangan Lentur Balok

Pada desain penulangan lentur balok dilakukan dengan mengambil hasil output dari pengecekan struktur rangka beton bertulang pada program ETABS. Adapun balok yang akan didesain dipilih berdasarkan beban envelope atau nilai momen terbesar.

SRPMK

Tabel 9 Rekapitulasi tulangan lentur balok SRPMK

Tipe Balok	Tumpuan		Lapangan	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah
B1	4D20	2D20	2D20	2D20
B2	5D20	4D20	2D20	4D20
B3	3D20	2D20	2D20	2D20

SRPMM

Tabel 10 Rekapitulasi tulangan lentur balok SRPMM

Tipe Balok	Tumpuan		Lapangan	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah
B1	5D20	4D20	2D20	2D20
B2	6D20	4D20	2D20	4D20
B3	3D20	2D20	2D20	2D20

Tulangan Geser Balok

Dalam SNI 2847-2019 pasal 18.6.5.1 dalam menghitung geser rencana yang diakibatkan gempa pada balok yaitu dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok. Geser rencana ditentukan menggunakan tegangan tidak kurang dari $1,25f_y$ tulangan lentur dan faktor reduksi kuat lentur $\phi = 1$. Sedangkan untuk struktur SRPMM dalam perhitungan tegangan lelehnya tidak perlu dianggap mencapai 1,25. Sehingga untuk SRPMK perlu dihitung Probable Moment Capacities (Mpr). Berikut hasil perhitungannya :

SRPMK sendi plastis

Tabel 11 Pengecekan kapasitas geser muka kanan dan kiri pada setiap balok

Tipe	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	D tul (mm)	n (kaki)	s desain (mm)	Vs terpasang (kN)	Cek
B1	209.91	0	279.88	10	2	100	314	Ok
B2	292.71	0	390.28	10	3	100	518.10	Ok
B3	146.02	0	194.7	10	2	100	251.20	Ok

SRPMK non sendi plastis

Tabel 12 Pengecekan kapasitas geser muka kanan dan kiri pada setiap balok

Tipe	Vc (kN)	2h (mm)	Vu plastis (kN)	Vs (kN)	D tul (mm)	n (kaki)	s desain (mm)	Vs terpasang (kN)	Cek
B1	164.99	1100	105.40	24.46	10	1	200	78.50	Ok
B2	181.49	1200	116.93	25.59	10	1	200	78.50	Ok
B3	94.281	900	57.75	50.97	10	1	200	62.80	Ok

SRPMM sendi plastis

Tabel 13 Pengecekan kapasitas geser muka kanan dan kiri pada setiap balok

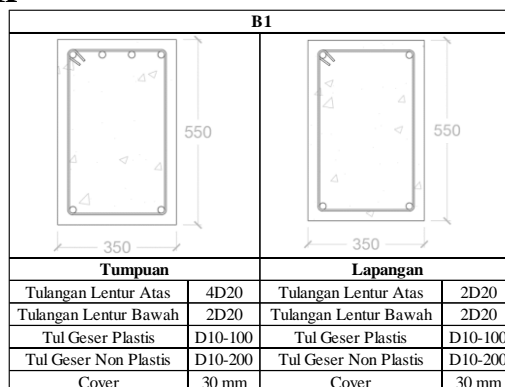
Tipe	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	D tul (mm)	n (kaki)	s desain (mm)	Vs terpasang (kN)	Cek
B1	271.8	0	362.4	10	3	120	392.5	Ok
B2	307.6	0	410.2	10	3	120	431.75	Ok
B3	133.9	0	178.5	10	2	120	209.33	Ok

SRPMM non sendi plastis

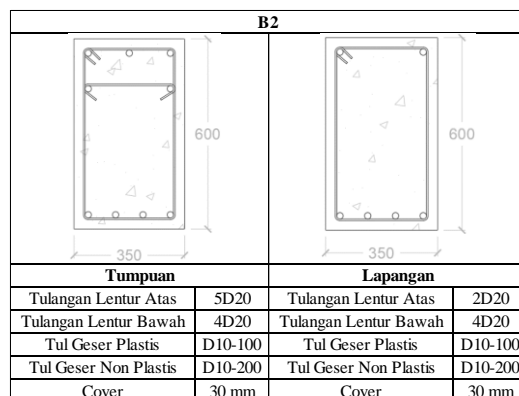
Tabel 14 Pengecekan kapasitas geser muka kanan dan kiri pada setiap balok

Tipe	Vc (kN)	Vu plastis (kN)	Vs (kN)	D tul (mm)	n (kaki)	s desain (mm)	Vs terpasang (kN)	Cek
B1	165	147.39	31.53	10	1	200	78.50	Ok
B2	181	143.44	9.765	10	1	200	78.50	Ok
B3	94.3	57.75	17.28	10	1	200	62.80	Ok


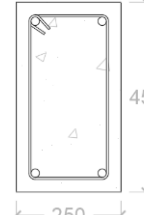
Detail tulangan SRPMK



Gambar 3 Detail tulangan balok B1 (SRPMK)


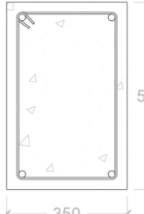


Gambar 4 Detail tulangan balok B2 (SRPMK)

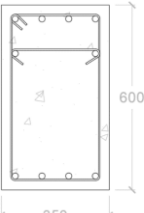
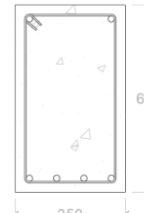
B3			
			
Tumpuan		Lapangan	
Tulangan Lentur Atas	3D20	Tulangan Lentur Atas	2D20
Tulangan Lentur Bawah	2D20	Tulangan Lentur Bawah	2D20
Tul Geser Plastis	D10-100	Tul Geser Plastis	D10-100
Tul Geser Non Plastis	D10-200	Tul Geser Non Plastis	D10-200
Cover	30 mm	Cover	30 mm

Gambar 5 Detail tulangan balok B3 (SRPMK)

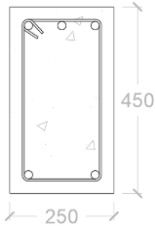
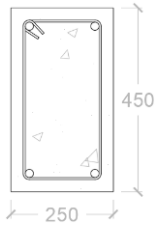
Detail tulangan SRPMM

B1			
			
Tumpuan		Lapangan	
Tulangan Lentur Atas	5D20	Tulangan Lentur Atas	2D20
Tulangan Lentur Bawah	4D20	Tulangan Lentur Bawah	2D20
Tul Geser Plastis	D10-120	Tul Geser Plastis	D10-120
Tul Geser Non Plastis	D10-200	Tul Geser Non Plastis	D10-200
Cover	30 mm	Cover	30 mm

Gambar 10 Detail tulangan balok B1 (SRPMM)

B2			
			
Tumpuan		Lapangan	
Tulangan Lentur Atas	6D20	Tulangan Lentur Atas	2D20
Tulangan Lentur Bawah	4D20	Tulangan Lentur Bawah	4D20
Tul Geser Plastis	D10-120	Tul Geser Plastis	D10-120
Tul Geser Non Plastis	D10-200	Tul Geser Non Plastis	D10-200
Cover	30 mm	Cover	30 mm

Gambar 6 Detail tulangan balok B2 (SRPMM)

B3			
			
Tumpuan		Lapangan	
Tulangan Lentur Atas	3D20	Tulangan Lentur Atas	2D20
Tulangan Lentur Bawah	2D20	Tulangan Lentur Bawah	2D20
Tul Geser Plastis	D10-120	Tul Geser Plastis	D10-120
Tul Geser Non Plastis	D10-200	Tul Geser Non Plastis	D10-200
Cover	30 mm	Cover	30 mm

Gambar 7 Detail tulangan balok B3 (SRPMM)

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Teman-Teman Sarjan Teknik Sipil Khusus Egi Susanto atas bantuan untuk bantuan Analisa dan ketepatan perhitungan

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa perencanaan struktur bangunan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) didapat beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Beban gempa yang terjadi pada struktur dengan sistem SRPMM lebih besar dibandingkan struktur dengan sistem SRPMK. Hal ini dikarenakan struktur dengan sistem SRPMM memiliki faktor reduksi yang relatif lebih kecil yaitu sebesar $R = 5$, sedangkan struktur sistem SRPMK memiliki faktor reduksi sebesar $R = 8$. Maka dengan begitu struktur dengan sistem SRPMM memiliki faktor skala yang lebih besar.
2. Kondisi tanah sangat berpengaruh terhadap beban gempa pada struktur.
3. Pada perhitungan tulangan elemen balok terdapat hasil perbedaan dari kedua sistem yaitu SRPMK dan SRPMM. Berikut rekap kebutuhan tulangan pada elemen balok dari kedua sistem:

Tipe Balok	Tumpuan				Lapangan			
	Atas		Bawah		Atas		Bawah	
	SRPMK	SRPMM	SRPMK	SRPMM	SRPMK	SRPMM	SRPMK	SRPMM
B1	4D20	5D20	2D20	4D20	2D20	2D20	2D20	2D20
B2	5D20	6D20	4D20	4D20	2D20	2D20	4D20	4D20
B3	3D20	3D20	2D20	2D20	2D20	2D20	2D20	2D20

Tabel 8. Rekapitulasi kebutuhan tulangan lentur pada balok

4. Pada perencanaan ini, model struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah mendapatkan hasil yang lebih efisien dibandingkan model struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.
5. Pada perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus menghasilkan struktur yang lebih kaku dibandingkan perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Saran

- a. Dalam merencanakan bangunan tahan gempa khususnya gedung bertingkat, sebaiknya struktur yang didesain harus dimulai dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus karena sistem ini memiliki daktilitas penuh.
- b. Untuk menguji kekuatan dari sistem yang digunakan, diperlukan untuk meninjau perencanaan dengan model struktur yang berbeda yang terdiri dari ukuran gedung

- baik bentangan maupun jumlah lantai dan dikombinasikan dengan kondisi tanah yang lebih lunak.
- c. Jika ingin mendapatkan hasil mana yang paling efisien, diperlukan untuk meninjau perhitungan perencanaan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa, lalu hasil yang didapat dibandingkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, Bambang, dkk. (2017). Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistem Dinding Struktur Khusus di Jakarta. Bandung: ITB.
- Imran, Iswandi, Ediansjah Zulkifli. (2014). Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB.
- Imran, Iswandi, Fajar Hendrik. (2014). Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB.
- Shandy Trisakti Paiding Lewa. (2018). Perancangan Struktur Atas Gedung Apartemen 10 Lantai di Jakarta Barat. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Rohmatul Bulgis, Arini Sonia. (2017). Perencanaan Struktur Gedung 6 Lantai Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Surabaya: ITS
- PUPR. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI).
- SNI 1727:2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. 2013.
- SNI 03-2847-2019. (2019).Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- SNI 1726:2019. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.