

KOMPARASI RESPONS STRUKTUR SRPMK, SRPMM DAN SRPMB DENGAN GEMPA DINAMIK MENGGUNAKAN SNI GEMPA 2019

Fransiskus Alexandro¹ (alexandrosnr18@gmail.com)

Partogi H. Simatupang² (partogihsimatupang@gmail.com)

Elia Hunggurami³ (eliahunggurami@yahoo.com)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan respons struktur yaitu gaya geser dasar, perpindahan lateral, dan simpangan antar tingkat dari Sistem Rangka Pemikul Momen. Gedung yang ditinjau adalah kantor 6 lantai dan 10 lantai dengan panjang dan lebar yang sama yaitu 15 m dan tinggi setiap tingkat 4 m. Analisis struktur gedung menggunakan program ETABS v.16. Perencanaan beban gempa menggunakan analisis statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum sesuai SNI gempa 2019. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada gedung 6 lantai nilai perbandingan gaya geser dasar pada SRPMB lebih besar 67% dari SRPMM dan lebih besar 167% dari SRPMK, perbandingan perpindahan tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 44% dari SRPMK, dan perbandingan simpangan antar tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 44% dari SRPMK. Sedangkan pada gedung 10 lantai perbandingan gaya geser dasar pada SRPMB lebih besar 66% dari SRPMM dan lebih besar 167% dari SRPMK, perbandingan perpindahan tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 31% dari SRPMK, dan perbandingan simpangan antar tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 31% dari SRPMK. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi suatu gedung maka gaya geser dasar, perpindahan dan simpangan antar tingkat akan semakin besar.

Kata Kunci: Gempa Dinamik; SRPMK; SRPMM; SRPMB; Respons Spektrum

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare structural responses, such as basic shear forces, lateral displacement, and deviations between levels of the The Moment Resisting Frame System. The building under consideration is a 6-story and 10-story office building with a length and width of 15 meters and a height of 4 meters at each level. The ETABS v.16 program was used to analyze building structure calculations. Earthquake load planning uses equivalent static analysis and spectrum response dynamics referring to the 2019 earthquake SNI. The results of this study found that in a 6-story building the value of the basic shear force comparison in OMRF is greater than 67% of IMRF and greater than 167% of SMRF, the ratio of rate displacement in IMRF is greater than 8% of OMRF and greater than 44% of SMRF, and the ratio of deviations between levels in IMRF is greater than 8% of OMRF and greater 44% of SMRF. While in a 10-story building the basic sliding force comparison rate on the OMRF is 66% larger than the IMRF and 167% larger than the SMRF, the ratio of rate displacement in the IMRF is greater than 8% of the OMRF and greater than 31% of the SMRF, and the ratio of deviations between levels in the IMRF is greater than 8% of the OMRF and the greater 31% of the SMRF. So it can be said that the higher a building, the basic sliding force, displacement and deviation between levels will be greater.

Keywords: Dynamic Earthquake; SMRF; IMRF; and; OMRF; Spectrum Response

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana (penulis korespondensi);

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

PENDAHULUAN

Letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik, menyebabkan Indonesia berada pada daerah yang rawan gempa bumi. Untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa, maka perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa (Fauzan, F. (2021). Perencanaan bangunan tahan gempa dapat direncanakan dengan beberapa sistem struktur, salah satunya dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem rangka pemikul momen ini terdiri atas tiga jenis yaitu sistem rangka pemikul momen khusus, sistem rangka pemikul momen menengah, dan sistem rangka pemikul momen biasa. Ketiga sistem rangka pemikul momen tersebut mempunyai perbedaan terutama pada idealisasi strukturnya, yakni pada faktor koefisien modifikasi respons (R) dan faktor pembesaran defleksi (C_d).

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui respon struktur dari ketiga sistem rangka pemikul momen berupa gaya geser (*base shear*), perpindahan (*displacement*) dan simpangan antar tingkat (*drift interstory*).

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) adalah sistem rangka yang memiliki deformasi dan tingkat daktilitas yang paling kecil tapi memiliki kekuatan yang besar.

Tabel 1. Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Nilai Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)	
Koefisien Modifikasi Respons (R)	3
Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	2,5
Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	3

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah suatu sistem rangka pemikul momen yang pada perencanaan lebih fokus pada kewaspadaan terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas yang sedang.

Tabel 2. Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Nilai Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)	
Koefisien Modifikasi Respons (R)	5
Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	4,5
Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	3

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah sistem rangka yang memiliki tingkat daktilitas tinggi dan biasanya digunakan pada daerah dengan resiko gempa tinggi. Prinsip perencanaan pada SRPMK adalah *strong column weak beam* yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai. Pada SRPMK didesain mampu mengalami deformasi inelastik yang cukup besar

akibat gempa rencana, melalui kelelahan balok pada rangka dan kelelahan pada ujung kolom dasar.

Tabel 3. Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Nilai Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	
Koefisien Modifikasi Respons (R)	8
Faktor Pembesaran Defleksi (Cd)	5,5
Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	3

Metode Analisis Perhitungan Beban Gempa

Metode analisis yang digunakan dalam perhitungan beban gempa dengan analisis dinamik respon spektrum Provinsi Kalimantan Tengah mengacu pada SNI 1726-2019 tentang Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.

METODOLOGI PENELITIAN

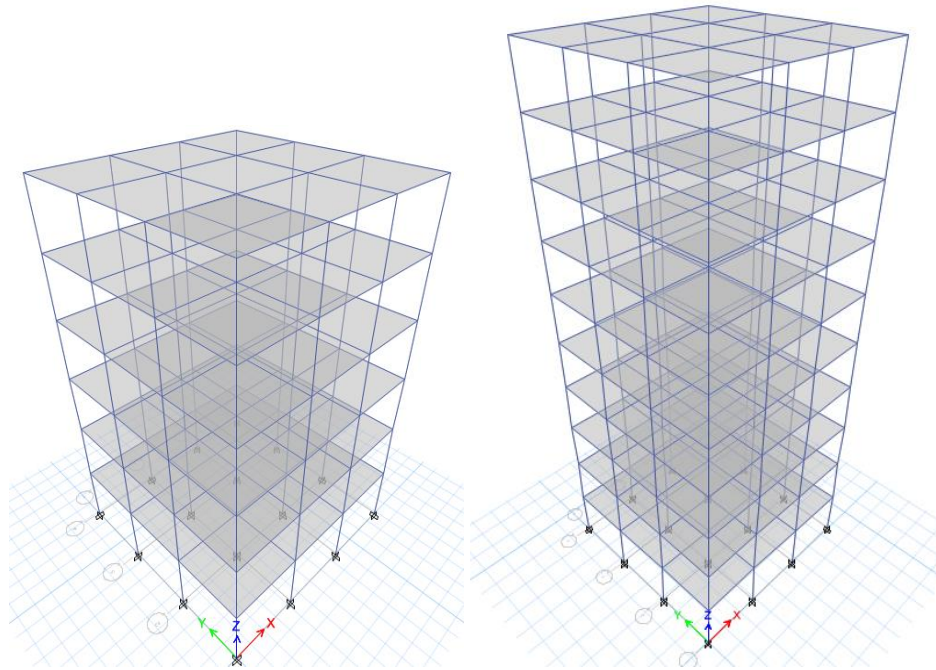
Penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data yang terdiri dari layout bangunan, tinggi antar lantai, mutu bahan, pembebanan struktur, dimensi awal komponen struktur. Kemudian dilanjutkan dengan membuat pemodelan struktur gedung dengan software ETABS 2016, meliputi mendefinisikan material dengan menginput mutu bahan, menginput dimensi struktur, idealisasi reaksi perletakan struktur, input beban dan kombinasi pembebanan. Selanjutnya mengecek kekuatan struktur untuk menentukan dimensi elemen struktur yang memenuhi (*capacity ratio* < 1). Selanjutnya dilakukan analisis struktur untuk mengontrol pola ragam gerak struktur, partisipasi massa struktur berdasarkan SNI Beton 2019. Setelah itu dilakukan analisis gempa statik dan dinamik untuk melihat respon struktur terhadap gaya geser dasar, perpindahan, dan simpangan antar tingkat. Kemudian mencari perbandingan terhadap gaya geser dasar, perpindahan, dan simpangan antar tingkat dari ketiga sistem rangka pemikul momen.

Data Struktur

Data bangunan yang akan direncanakan sebagai berikut:

Tabel 4. Data-data Umum Struktur

No	Deskripsi Gedung	Keterangan
1	Lokasi Bangunan	Provinsi Kalimantan Tengah
2	Koordinat Bangunan	(-0,270198593° LS, 110,7198736° BT
3	Fungsional Bangunan	Kantor
4	Jenis Struktur	<i>Open Frame</i> beton bertulang
5	Jenis tanah	Tanah Lunak (SE)
6	Mutu Beton	$f_c' = 25$ MPa
7	Mutu Baja tulangan Longitudinal	$f_y = 420$ MPa
8	Mutu Baja Tulangan geser	$f_y = 280$ MPa
9	Balok	250 mm x 500 mm
10	Kolom	400 mm x 400 mm
11	Plat	150 mm



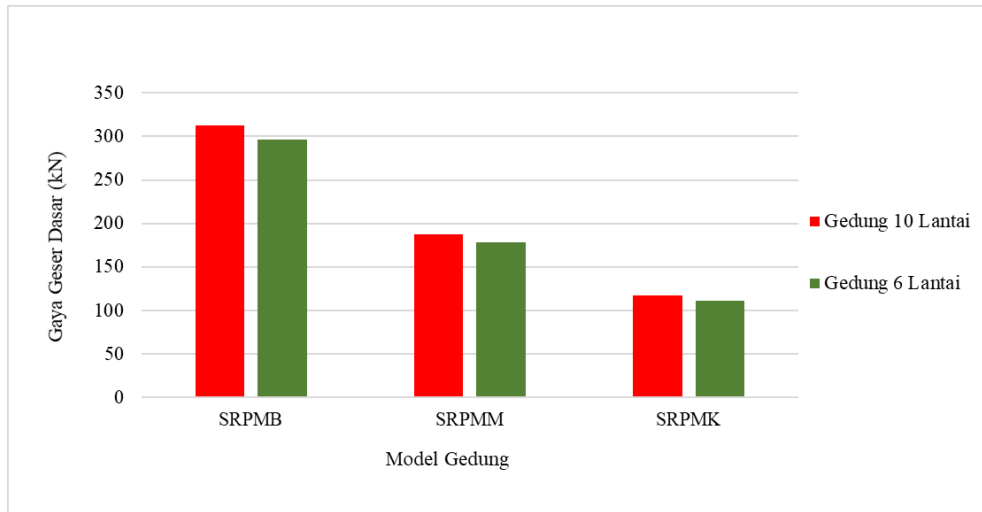
Gambar 1. Model 3D Gedung 6 Lantai dan Gedung 10 Lantai

Langkah-Langkah Teknik Analisa Data

1. Menentukan data-data awal berupa data mutu material bangunan, data beban yang bekerja pada struktur dan dimensi elemen struktur.
2. Membuat pemodelan struktur pada ketiga model struktur gedung dengan *software ETABS v16*.
3. Mendefinisikan material dan dimensi struktur berupa kolom, balok dan plat kedalam program *ETABS v16*
4. Menginput beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban mati tambahan (*super dead load*) dan beban gempa (*quake*) serta membuat kombinasi pembebanan ke dalam *ETABS v16*
5. Melakukan analisis struktur menggunakan *ETABS v16*.
6. Melakukan kontrol partisipasi massa dan kontrol pola ragam gerak struktur.
7. Melakukan analisis gempa statik ekuivalen dan melakukan pengecekan *capacity ratio* dari struktur.
8. Melakukan analisis dinamik respons spektrum
9. Melakukan analisis struktur (*running analysis*).
10. Melakukan kontrol terhadap respons struktur yaitu gaya geser dasar, perpindahan lateral, dan simpangan antar lantai dari hasil analisis *ETABS v16*.
11. Membandingkan respons struktur berupa gaya geser dasar, perpindahan lateral dan simpangan antar lantai dari ketiga model sistem struktur SRPMK, SRPMM, dan SRPMB.
12. Membuat kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

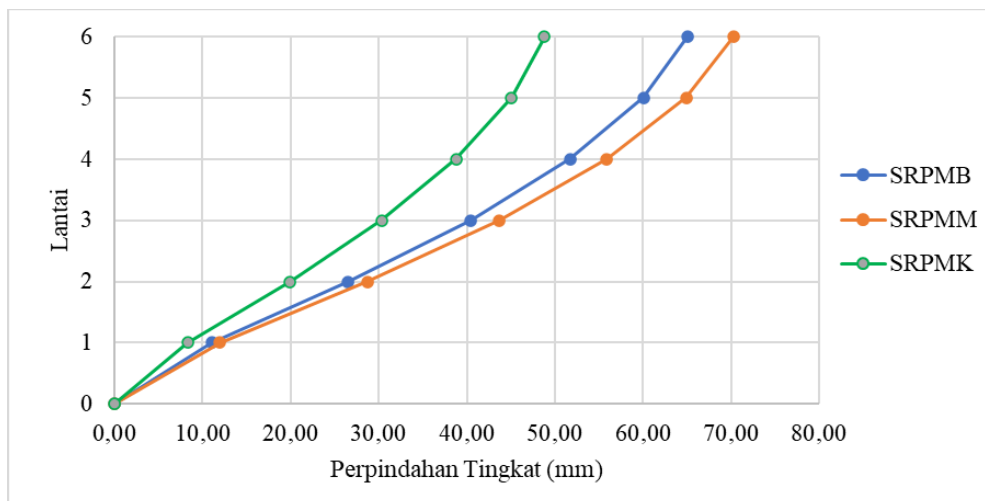
Gaya geser (Base Shear)



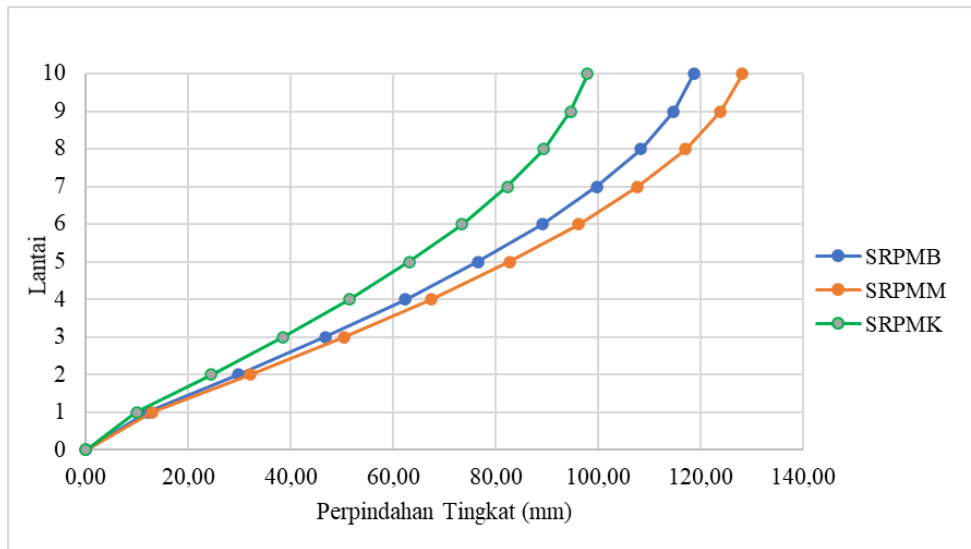
Gambar 2. Grafik Perbandingan Gaya Geser Dasar

Dari Gambar 2 diatas gaya geser dasar desain pada gedung 6 lantai dari terkecil hingga terbesar secara berturut-turut diterima oleh SRPMK, SRPMM, dan SRPMB yaitu 111,28 kN, 178,04 kN, dan 296,73 kN. Sedangkan gaya geser dasar pada gedung 10 lantai dari terkecil hingga terbesar secara berturut-turut diterima oleh SRPMK, SRPMM, dan SRPMB yaitu 117,11 kN, 187,37 kN, dan 312,29 kN. Hal ini berarti bahwa gaya gempa yang bekerja pada masing-masing gedung berbeda-beda. Gedung dengan model SRPMB ternyata menerima beban gempa yang lebih besar dibandingkan dengan dua sistem rangka lainnya. Hal ini disebabkan karena nilai koefisien respons seismik (C_s) untuk tinjauan gempa statik ekuivalen dan nilai faktor skala untuk tinjauan gempa dinamik respons spektrum dari gedung SRPMB lebih besar dibandingkan dengan SRPMM dan SRPMK. Dimana koefisien respons seismik (C_s) dan faktor skala akan mempengaruhi beban gempa yang terjadi.

Perpindahan (Displacement)



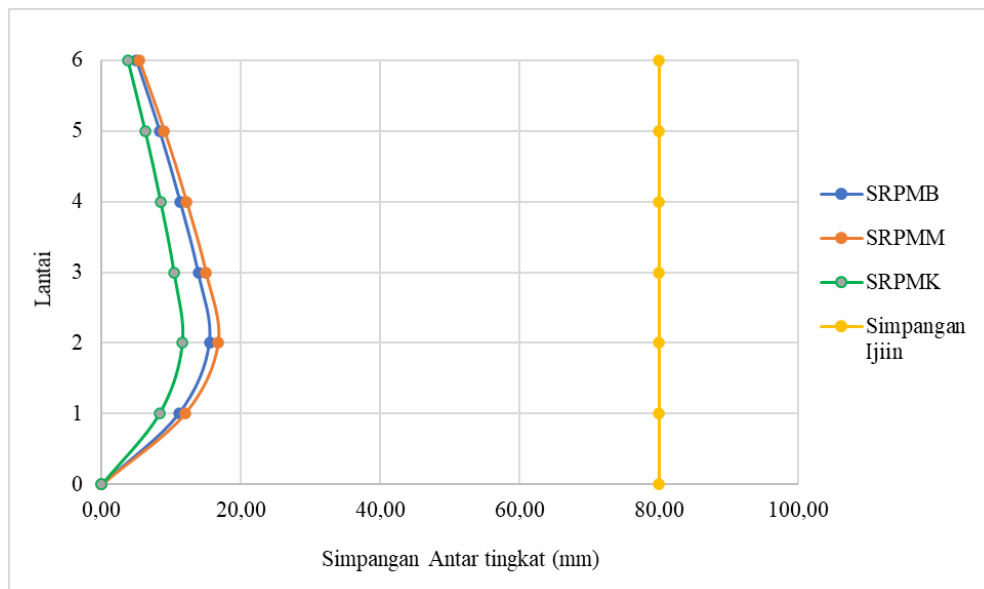
Gambar 3. Grafik Perpindahan Tingkat Gedung 6 Lantai (Arah X = Arah Y)



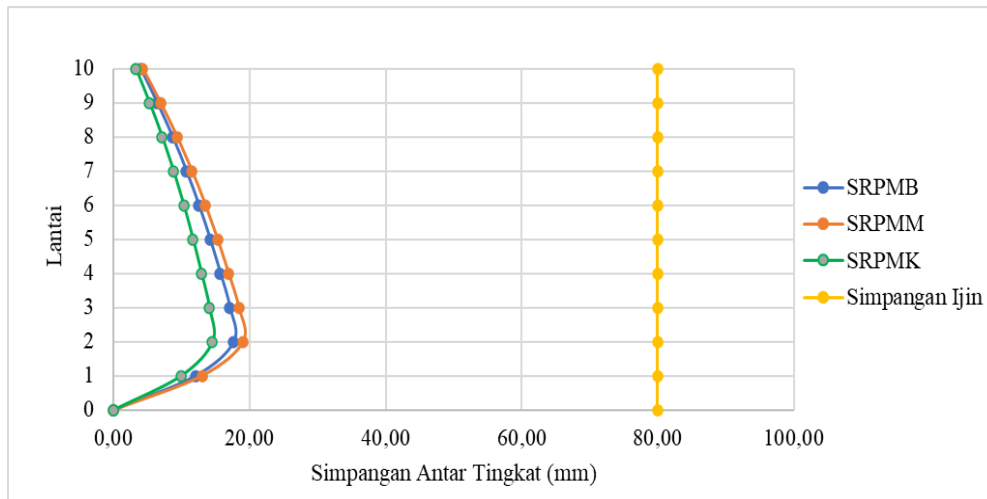
Gambar 4. Grafik Perpindahan Tingkat Gedung 10 Lantai

Dari Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada kondisi inelastik terjadi perubahan urutan, dimana perpindahan pada SRPMM lebih besar dari SRPMB dan SRPMK. Hal ini dikarenakan pada Gambar 2 nilai gaya gempa gedung 6 lantai dari terkecil hingga terbesar secara berturut-turut diterima oleh SRPMK, SRPMM, dan SRPMB yaitu 111,28 kN, 178,04 kN, dan 296,73 kN sedangkan pada gedung 10 lantai nilai gaya gempa dari terkecil ke terbesar secara berturut-turut diterima oleh SRPMK, SRPMM, dan SRPMB yaitu 117,11 kN, 187,37 kN dan 312,29 kN. Dimana gaya gempa SRPMM berada diantara SRPMB dan SRPMK. Sedangkan pada SRPMB memiliki perpindahan yang lebih kecil dari SRPMM karena nilai faktor pembesaran defleksinya (Cd) pada SRPMB sebesar 2,5 dan SRPMM sebesar 4,5 walaupun gaya gempanya lebih besar dari SRPMM. Sedangkan pada SRPMK walaupun nilai Cd sebesar 5,5 lebih besar dari pada nilai Cd SRPMM, tetapi gaya gempanya lebih kecil dari pada SRPMM.

Simpangan Antar Tingkat (Interstory drift)



Gambar 5. Grafik Simpangan Antar Tingkat Gedung 6 Lantai (Arah X= Arah Y)



Gambar 6. Grafik Simpangan Antar Tingkat Gedung 10 Lantai (Arah X= Arah Y)

Berdasarkan Gambar 5 diketahui simpangan antar tingkat maksimum (Δ) pada gedung 6 lantai dari yang terbesar hingga terkecil berturut-turut adalah SRPMM, SRPMB dan SRPMK sebesar 16,73 mm, 15,49 mm, dan 11,62 mm, sedangkan pada Gambar 6 untuk gedung 10 lantai dari yang terbesar hingga terkecil berturut-turut adalah SRPMM, SRPMB dan SRPMK sebesar 19,02 mm, 17,61 mm dan 14,53 mm. Hal ini dikarenakan perpindahan yang ditampilkan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dari yang terbesar hingga terkecil berturut-turut SRPMM, SRPMB, dan SRPMK, sehingga simpangan antar tingkat yang terjadi berbanding lurus dengan perpindahan. Simpangan antar tingkat (Δ) pada setiap model SRPMB, SRPMM, dan SRPMK masuk dalam kategori aman, dimana nilai simpangan antar tingkat (Δ) lebih kecil dari simpangan antar tingkat ijin (Δ_a).

KESIMPULAN

1. Pada gedung 6 lantai dengan model SRPMB, besar gaya geser dasar (V) sebesar 296,73 kN, perpindahan tingkat maksimum (δx) sebesar 65,04 mm, dan simpangan antar tingkat maksimum (Δ) sebesar 15,49 mm. Sedangkan pada gedung 10 lantai besar gaya geser dasar (V) sebesar 312,29 kN, perpindahan tingkat maksimum (δx) sebesar 118,64 mm, dan simpangan antar tingkat maksimum (Δ) sebesar 17,61 mm. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi suatu gedung maka gaya geser dasar, perpindahan dan simpangan antar tingkat semakin besar.
2. Pada gedung 6 lantai dengan model SRPMM, besar gaya geser dasar (V) sebesar 178,04 kN, perpindahan tingkat maksimum (δx) sebesar 70,25 mm, dan simpangan antar tingkat maksimum (Δ) sebesar 16,73 mm. Sedangkan pada gedung 10 lantai besar gaya geser dasar (V) sebesar 187,37 kN, perpindahan tingkat maksimum (δx) sebesar 128,13 mm, dan simpangan antar tingkat maksimum (Δ) sebesar 19,02 mm. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi suatu gedung maka gaya geser dasar, perpindahan dan simpangan antar tingkat semakin besar.
3. Pada gedung 6 lantai dengan model SRPMK, besar gaya geser dasar (V) sebesar 111,27 kN, perpindahan tingkat maksimum (δx) sebesar 48,78 mm, dan simpangan antar tingkat maksimum (Δ) sebesar 11,62 mm. Sedangkan pada gedung 10 lantai besar gaya geser dasar (V) sebesar 117,11 kN, perpindahan tingkat maksimum (δx) sebesar 97,88 mm, dan simpangan antar tingkat maksimum (Δ) sebesar 14,53 mm. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi suatu gedung maka gaya geser dasar, perpindahan dan simpangan antar tingkat semakin besar.
4. Berdasarkan kesimpulan diatas pada gedung 6 lantai perbandingan gaya geser dasar pada SRPMB lebih besar 67% dari SRPMM dan lebih besar 167% dari SRPMK, perbandingan

perpindahan tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 44% dari SRPMK, dan perbandingan simpangan antar tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 44% dari SRPMK. Sedangkan pada gedung 10 lantai perbandingan gaya geser dasar pada SRPMB lebih besar 66% dari SRPMM dan lebih besar 167% dari SRPMK, perbandingan perpindahan tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 31% dari SRPMK, dan perbandingan simpangan antar tingkat pada SRPMM lebih besar 8% dari SRPMB dan lebih besar 31% dari SRPMK.

SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya lokasinya dipindahkan ke daerah yang memiliki gempa tinggi
2. Ditambahkan analisis *pushover* agar dapat diketahui pengaruh variasi sistem rangka pemikul momen terhadap kinerja struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Almufid, A., & Santoso, E. (2021). Struktur SRPMK dan SRPMM pada Bangunan Tinggi (Structure of SRPMK and SRPMM on High Building). *Jurnal Teknik*, 10(1).
- Anakampun, B. A., & Nurhidayatullah, E. F. (2020). Komparasi Desain Dan Respon Struktur Gedung Dengan Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Khusus, Menengah Dan Biasa (Comparison Of Building Structure Design And Response With Special, Medium, And Momential Steel Frame Systems (Doctoral Dissertation, University Technology Yogyakarta).
- Andini, N. D., Yusdinar, H., & Nugraha, N. (2019). Analisis Perencanaan Bangunan Tahan Gempa pada Gedung Sekolah Pondok Pesantren Al-Kamil Kabupaten Cianjur. In SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan) (Vol. 1, pp. 154-159).
- Fauzan, F. (2021). Perhitungan Struktur Gedung Tahan Gempa Pada Bangunan Hotel 12 Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa di kota Batam. *Ensiklopedia of Journal*, 3(2), 281-290.
- Honarto, R. J., Handono, B. D., & Pandaleke, R. E. (2019). Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 7(2).
- SNI 1726:2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1727:2020. Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.