

Analisis Komparatif Perilaku Seismik Struktur Gedung Bertingkat dengan Massa Seragam dan Tidak Seragam

Syarbaini Lubis

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan
Jalan Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing, Medan, Sumatera Utara
E-mail: syarbainilbs@dosen.pancabudi.ac.id

Abstract — Multi-story building structures are generally designed assuming uniform mass distribution on each floor. However, in reality, structural mass often varies due to differences in floor functions and non-uniform live load distributions. This discrepancy can significantly affect the dynamic response of structures under seismic loads. This study aims to investigate the effect of non-uniform floor mass on structural dynamic behavior, including displacement, drift ratio, base shear, vibration period, and stiffness, in accordance with SNI 1726:2019. The study employed a numerical analysis of a ten-story special moment frame (SMF) building. Two models were compared: a structure with uniform floor mass (Model 1) and a structure with non-uniform floor mass (Model 2). Floor masses were calculated based on SNI 1727:2020, considering live load reduction according to floor function. Dynamic analysis was performed using the Response Spectrum Analysis method, with seismic parameters for Padang city, soft soil site class (SE). Results indicate that the non-uniform mass structure exhibits significantly higher displacement, drift ratio, base shear, and vibration period compared to the uniform mass model. The largest increases were observed in base shear (10.36%) and drift ratio (10.19%), with a total structural mass difference of 17.289%. Despite the increases, both models satisfy minimum lateral stiffness criteria (>70%), indicating no soft-story irregularities. In conclusion, non-uniform mass distribution results in a more flexible structure and higher seismic response. It is recommended that building designs account for actual live load variations and floor functions to improve the accuracy of seismic performance predictions. The implication of this study is that non-uniform mass modeling should be incorporated into earthquake-resistant design to mitigate potential structural damage under real dynamic conditions. **Keywords:** non-uniform mass; stiffness; drift ratio; base shear; reduced live load.

Abstrak — Struktur gedung bertingkat pada umumnya didesain dengan asumsi massa seragam di setiap lantai. Namun, kondisi aktual menunjukkan bahwa massa struktur sering kali tidak seragam akibat perbedaan fungsi ruang dan distribusi beban hidup yang bervariasi. Ketidaksesuaian asumsi tersebut dapat memengaruhi perilaku dinamik struktur terhadap beban gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh massa tidak seragam per lantai terhadap respon dinamik struktur, yang mencakup perpindahan, drift ratio, gaya geser dasar, periode getar, dan kekakuan struktur berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019. Metode penelitian dilakukan dengan analisis numerik menggunakan model gedung 10 lantai sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Dua model dibandingkan, yaitu struktur dengan massa seragam per lantai (Model 1) dan struktur dengan massa tidak seragam per lantai (Model 2). Massa tiap lantai dihitung sesuai SNI 1727:2020 dengan mempertimbangkan reduksi beban hidup berdasarkan fungsi ruang. Analisis dilakukan menggunakan metode Response Spectrum Analysis dengan parameter wilayah gempa Kota Padang, kelas situs tanah lunak (SE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur dengan massa tidak seragam mengalami peningkatan signifikan pada perpindahan, drift ratio, gaya geser dasar, dan periode getar dibandingkan dengan struktur bermassa seragam. Peningkatan terbesar terjadi pada gaya geser dasar sebesar 10,36% dan drift ratio sebesar 10,19%. Selisih massa total antar model mencapai 17,289%. Walaupun demikian, kedua model masih memenuhi kriteria kekakuan lateral minimum (>70%) sehingga tidak terjadi ketidakberaturan tingkat lunak. Kesimpulannya, massa tidak seragam menyebabkan struktur lebih fleksibel dan respons seismik lebih besar. Disarankan agar perencanaan gedung mempertimbangkan variasi fungsi ruang dan beban hidup aktual tiap lantai untuk meningkatkan akurasi analisis seismik. Implikasinya, model massa tidak seragam perlu dijadikan acuan dalam desain struktur tahan gempa guna meminimalkan risiko kerusakan pada kondisi dinamis sebenarnya.

Kata-kata kunci: massa tidak seragam; kekakuan; drift ratio; gaya geser dasar; beban hidup tereduksi.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu wilayah dengan risiko gempa yang tinggi, sehingga perancangan

gedung bertingkat harus mempertimbangkan ketahanan seismik untuk mengurangi potensi kerusakan dan risiko bencana (Halawa,

Tampubolon, & Hutabarat, 2025; Jonathan, Liucius, & Wijaya, 2025). Struktur bangunan tahan gempa dirancang agar mampu menyerap energi secara efektif melalui pembentukan sendi plastik pada bagian-bagian tertentu, dengan memperhatikan kriteria kekuatan, kekakuan, daktilitas, dan disipasi energi (Putra, 2024; Pradana, 2025). Namun, dalam praktik perancangan, engineer sering mengasumsikan massa struktur seragam di setiap lantai, padahal kenyataannya distribusi massa dapat berbeda karena variasi fungsi ruang dan beban hidup yang tidak merata (Pratama, 2024; Setiawan, 2025). Perbedaan ini berpotensi menimbulkan ketidakberaturan struktural yang memengaruhi perilaku dinamik gedung saat terjadi gempa (Sutama, Septriansyah, & Angraini, 2024; Rizki, 2025). Secara khusus, perbedaan massa struktur per lantai dapat memengaruhi nilai perpindahan (displacement), drift ratio, gaya geser dasar, periode getar, dan kekakuan lateral gedung (Elza, Citra, Swasti, & Komerdevi, 2025; Putra, 2021). Model desain dengan asumsi massa seragam cenderung menyederhanakan analisis, sehingga respons struktural yang diperoleh mungkin tidak mencerminkan kondisi nyata (Mufti Widyantara, 2021; Nurkhusnaedi, 2025). Hal ini menimbulkan kebutuhan untuk mengevaluasi bagaimana distribusi massa tidak seragam akibat variasi fungsi ruangan dan reduksi beban hidup memengaruhi perilaku seismik struktur gedung bertingkat (Saefuddin, 2021; Novitasari, 2024). Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya akurasi dalam analisis perilaku dinamik gedung bertingkat untuk memastikan keselamatan pengguna dan ketahanan bangunan terhadap gempa (Elvarando, 2020; Karunia, Baehaki, & Fathonah, 2020). Mengingat banyak gedung perkantoran memiliki variasi fungsi ruang di tiap lantai, pemodelan massa yang realistis menjadi penting agar desain struktur tahan gempa dapat lebih tepat dan efektif (Nugroho & Andayani, 2024; Panjaitan, 2021). Novelty penelitian ini terletak pada penerapan distribusi massa tidak seragam yang memperhitungkan reduksi beban hidup per fungsi ruang di setiap lantai dalam analisis respons spektra. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi lebih akurat terhadap perpindahan, drift ratio, gaya geser dasar, periode getar, dan kekakuan struktur dibandingkan dengan model massa seragam konvensional (Aditya et al., 2024; Pratama, 2024). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis

pengaruh distribusi massa tidak seragam terhadap perilaku dinamik gedung bertingkat, khususnya pada gedung perkantoran 10 lantai, dengan membandingkan hasil analisis antara struktur massa seragam dan tidak seragam (Elza et al., 2025; Halawa et al., 2025). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi perencanaan struktur yang lebih realistis dan aman terhadap beban gempa, serta menjadi referensi bagi desain gedung bertingkat dengan variasi fungsi ruang (Putra, 2024; Sutama et al., 2024).

II. METODE

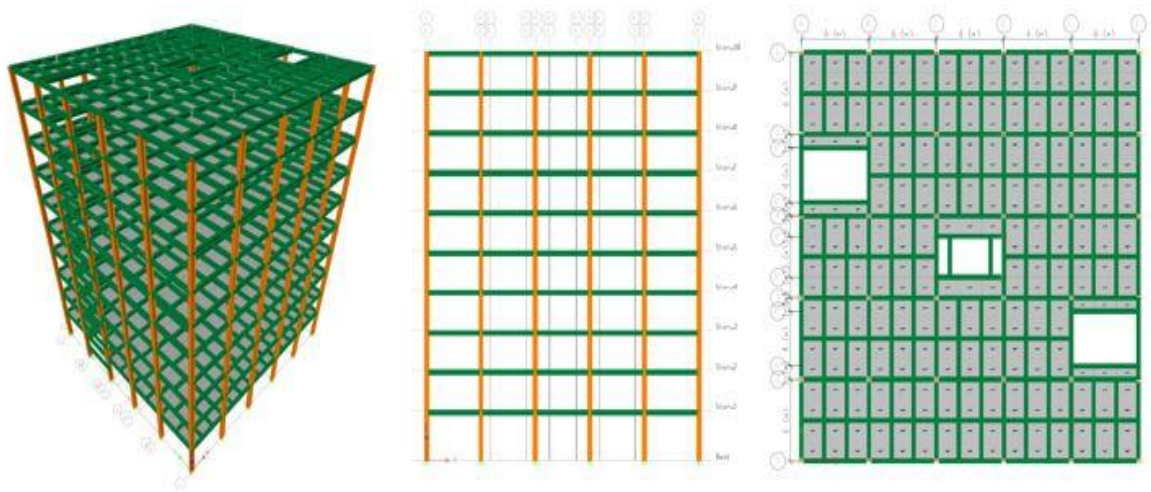
Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis dua model struktur gedung bertingkat, yaitu SRPMK dengan massa seragam per lantai (Model 1) dan SRPMK dengan massa tidak seragam per lantai (Model 2). Konfigurasi dan geometri masing-masing model ditampilkan pada Gambar 2, sedangkan lokasi dan respons spektra gempa untuk Kota Padang ditunjukkan pada Gambar 3. Kedua model memiliki 10 lantai dan 5 bentang. Tinggi lantai pertama adalah 5 m, sedangkan lantai berikutnya 4 m, dengan panjang bentang masing-masing 6 m. Struktur diasumsikan memiliki tumpuan jepit pada pondasi, dan bangunan direpresentasikan sebagai gedung perkantoran yang terletak di kelas situs tanah lunak. Preliminary design untuk semua model menggunakan profil baja standar, yaitu balok utama WF 450.300.12.25 (BJ 41), balok anak WF 400.300.12.22 (BJ 37), kolom 1 WF 498.432.45.70 (BJ 50), kolom 2 WF 458.417.30.50 (BJ 50), dan pelat lantai/atap setebal 16 cm. Struktur dianalisis menggunakan metode kombinasi ragam kuadrat lengkap untuk memperoleh nilai gaya dalam yang digunakan dalam evaluasi ketahanan dan kekuatan baja. Dalam perencanaan pembebanan, beban gravitasi mengikuti PPRURG 1987, sedangkan beban mati dan beban hidup berdasarkan SNI 1727:2020. Pembebanan gempa dilakukan sesuai SNI 1726:2012, dengan prosedur Response Spectrum Analysis (RSA), menggunakan respons spektra Kota Padang untuk kelas situs tanah lunak (Gambar 3). Sistem struktur yang digunakan adalah rangka baja pemikul momen khusus (SMF), dirancang sesuai SNI 1726:2019, SNI 1729:2020, dan SNI 7860:2020, dengan nilai reduksi (R) sebesar 8, pembesaran defleksi (Cd) sebesar 5,5, dan faktor kuat lebih (Ω_0) sebesar 3.

Distribusi massa tiap lantai dipengaruhi oleh beban hidup. Model 1 menggunakan asumsi massa seragam akibat beban hidup merata, sedangkan Model 2 menggunakan massa tidak seragam sesuai fungsi ruang dan faktor reduksi

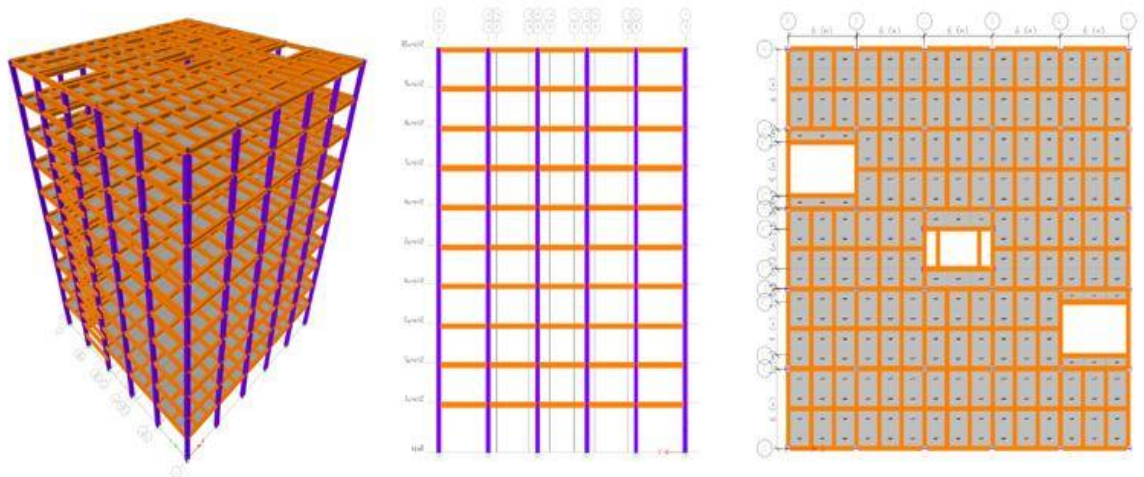
beban hidup per lantai. Nilai beban hidup dan faktor reduksi masing-masing model disajikan pada Tabel 1, yang memberikan referensi besaran massa per lantai yang digunakan dalam analisis.

Tabel 1. Nilai faktor reduksi beban hidup

Model 1			Model 2				
Beban Hidup, Lo			Faktor reduksi	Beban Hidup, Lo		Faktor reduksi	
R. Kantor	2,4	kN/m^2	0,41	R. Kantor	2,4	kN/m^2	0,58
				R. Komputer	4,79	kN/m^2	0,84
				R. Arsip	4,79	kN/m^2	0,84
				Lobi dan Koridor lt 1	4,79	kN/m^2	0,84
Atap	0,96	kN/m^2		Koridor	3,83	kN/m^2	0,62
				Atap	0,96	kN/m^2	0,41

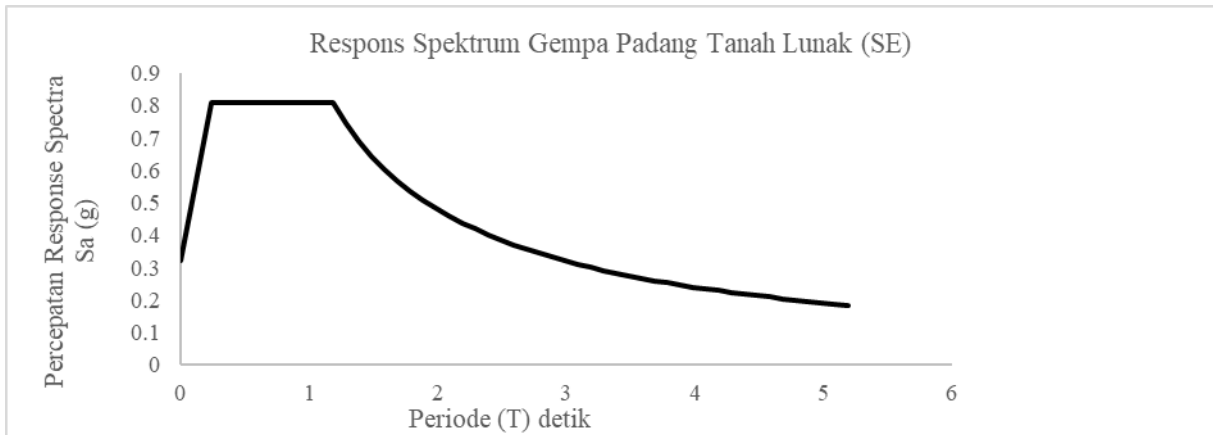


a)



b)

Gambar 2. Pemodelan struktur (a) SRPMK massa seragam, (b) SRPMK massa tidak seragam



Gambar 3. Respons spektra Kota Padang, kelas situs tanah lunak (SE)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis perilaku struktur gedung bertingkat dilakukan pada dua model, yaitu Model 1 (SRPMK dengan massa seragam per lantai) dan Model 2 (SRPMK dengan massa tidak seragam

per lantai). Nilai perpindahan, drift ratio, gaya geser dasar, dan perioda getar untuk kedua model dianalisis dan dibandingkan. Perbandingan nilai-nilai tersebut disajikan pada Tabel 2, sedangkan kekakuan lateral tiap lantai untuk model-model struktur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Perbandingan nilai perpindahan, drift ratio, gaya geser dasar, dan perioda getar

Model Struktur	Arah X				Arah Y			
	Perpindahan (m)	Drift Ratio (%)	Gaya Geser dasar (kN)	Perioda (detik)	Perpindahan (m)	Drift Ratio (%)	Gaya Geser Dasar (kN)	Perioda (detik)
Model 1	0,3359	1,1964	3751,5627	1,548	0,3575	1,2848	3454,3707	1,699
Model 2	0,3655	1,3130	4169,4242	1,684	0,3909	1,4306	3853,7113	1,85

Tabel 3. Kekakuan lateral struktur pada tingkat lunak berbagai model

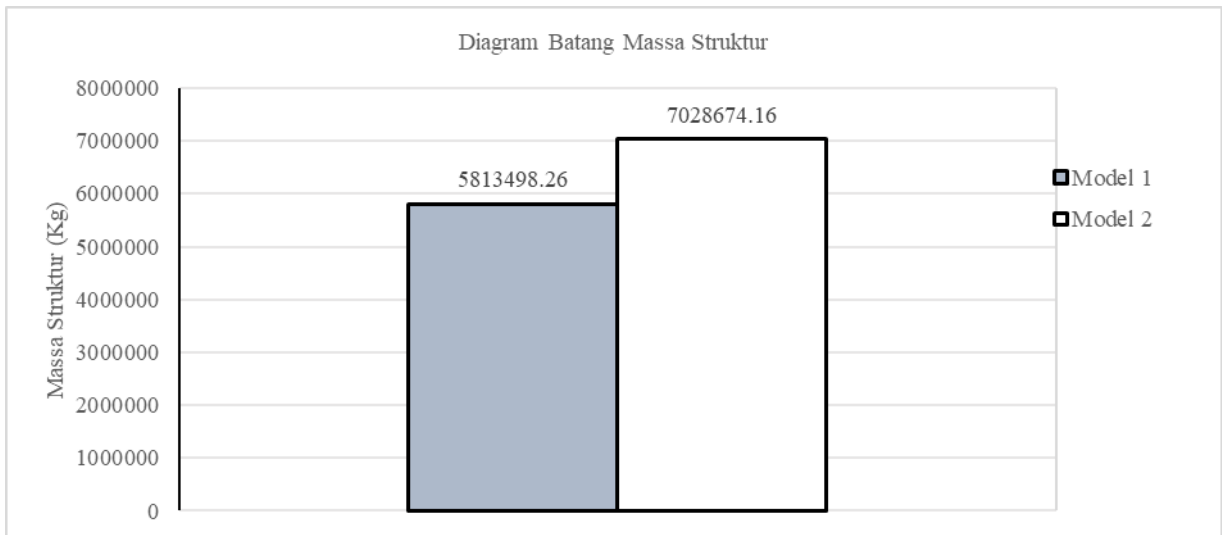
Model Struktur	$\% \Sigma k_{ix+1}$ (kN/m)	$\% \Sigma k_{iy+1}$ (kN/m)	$\% \Sigma k_{ix+3}$ (kN/m)	$\% \Sigma k_{iy+3}$ (kN/m)
Model 1	135,49	128,28	135,49	128,28
Model 2	149,64	139,91	149,64	139,91

Berdasarkan hasil analisis, nilai perpindahan maksimum (displacement) pada Model 2 lebih tinggi dibandingkan Model 1, dengan selisih persentase 8,111% pada arah X dan 8,541% pada arah Y. Hal ini mengindikasikan bahwa ketidakseragaman massa per lantai meningkatkan respons lateral struktur terhadap beban gempa. Nilai drift ratio yang diperoleh Model 2 juga meningkat, dengan selisih persentase 8,881% pada lantai 3 arah X dan 10,188% pada lantai 2 arah Y. Gaya geser dasar (base shear) pada Model 2 lebih besar dibandingkan Model 1, dengan selisih persentase 10,022% arah X dan 10,362% arah Y. Perioda getar struktur mengalami peningkatan dengan selisih persentase 8,076% arah X dan 8,162% arah Y. Peningkatan nilai-nilai tersebut disebabkan oleh pembesaran massa

total struktur akibat distribusi beban hidup yang berbeda per fungsi ruang setiap lantainya. Selisih persentase massa total struktur kedua model adalah 17,289%, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4. Kekakuan lateral model struktur dianalisis pada tingkat 1 dan tingkat 3, yang ditampilkan pada Tabel 3. Nilai persentase kekakuan lateral tiap kolom menunjukkan bahwa kolom cukup kaku untuk menahan gaya gempa, dengan nilai lebih dari 70–80% kekakuan lateral tingkat di atasnya. Hal ini menunjukkan bahwa kedua model struktur tidak mengalami ketidakberaturan soft story. Selain itu, rasio momen kolom-balok dianalisis untuk memastikan perilaku inelastis yang aman pada struktur. Hasil rasio momen disajikan pada Tabel 4, yang menunjukkan bahwa semua sambungan

kolom-balok memenuhi kriteria desain kolom kuat-balok lemah (strong column weak beam), sehingga tidak terjadi plastisitas berlebihan pada

kolom yang dapat menyebabkan mekanisme story.



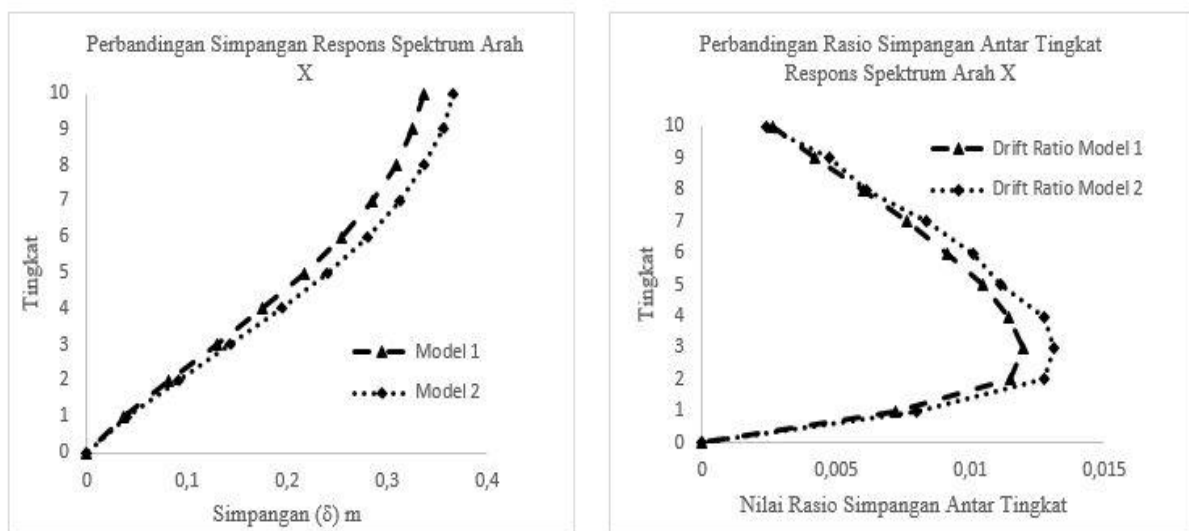
Gambar 4. Perbandingan massa total struktur dari model-model yang dianalisis

Tabel 4. Rasio momen kolom-balok untuk berbagai model

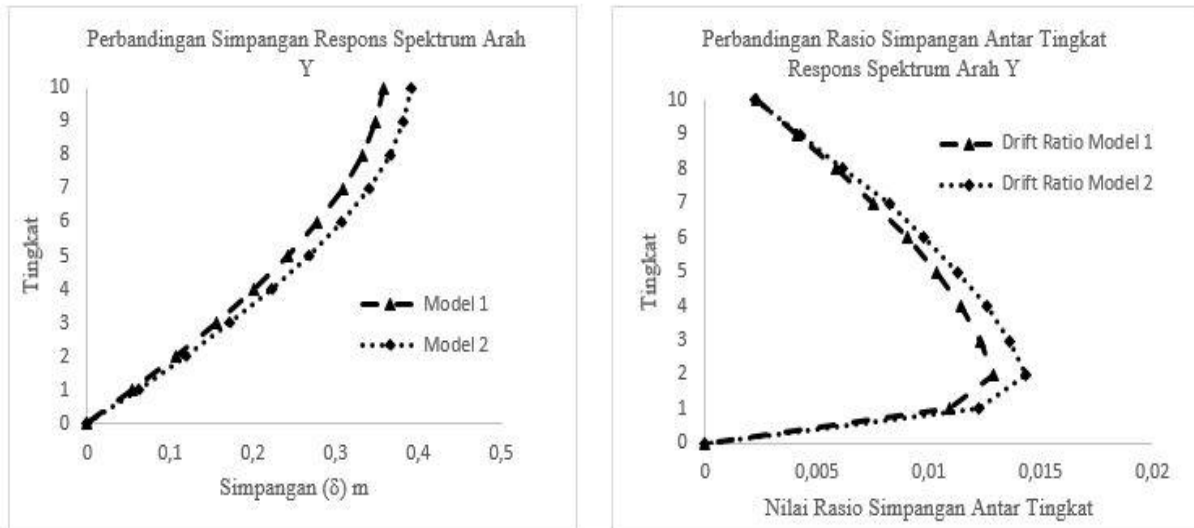
Model Struktur	$\sum M_{pc}^e$	$\sum M_{pb}^e$	Rasio Momen	Cek
Model 1	6262,7964	3459,7963	1,810	OK
Model 2	6180,0804	3616,3492	1,709	OK

Perbandingan nilai simpangan dan gaya geser untuk kedua model ditampilkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7, yang memperlihatkan bahwa Model 2 mengalami peningkatan

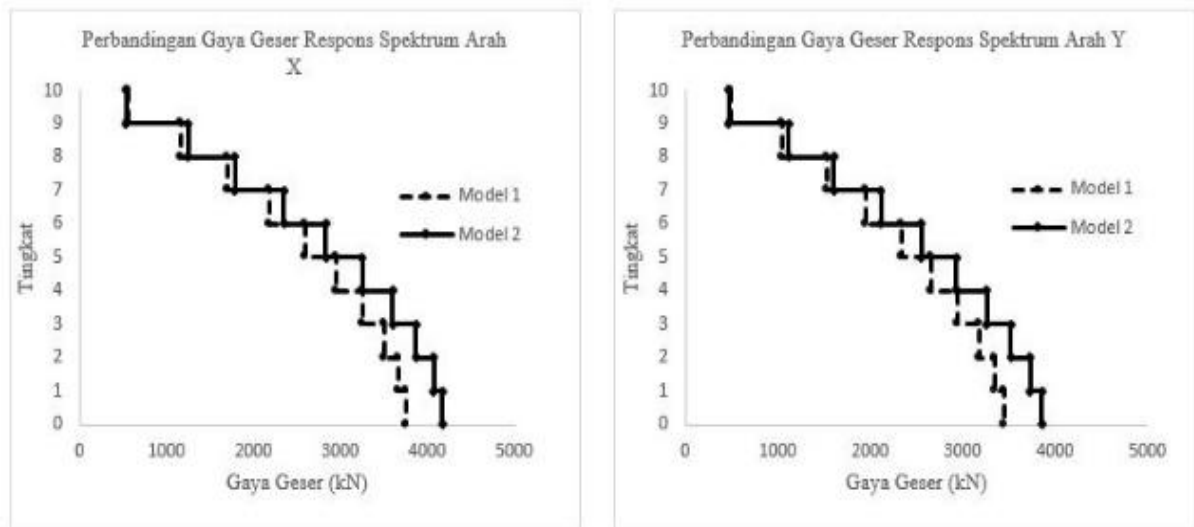
displacement dan gaya geser secara konsisten dibanding Model 1, yang sejalan dengan pengaruh distribusi massa tidak seragam per lantai terhadap perilaku seismik struktur.



Gambar 5. Perbandingan nilai simpangan arah X berbagai model



Gambar 6. Perbandingan nilai simpangan arah Y berbagai model



Gambar 7. Perbandingan nilai gaya geser untuk berbagai model

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perilaku struktur gedung bertingkat dengan massa seragam dan tidak seragam per lantai, dapat disimpulkan bahwa distribusi massa yang tidak seragam secara signifikan memengaruhi respons seismik struktur. Model 2, yang memiliki massa tidak seragam, menunjukkan peningkatan nilai perpindahan, drift ratio, gaya geser dasar, perioda getar, dan kekakuan dibandingkan dengan Model 1 yang memiliki massa seragam. Selisih persentase massa total antara kedua model mencapai 17,289%, yang menyebabkan pembesaran massa pada model dengan distribusi tidak seragam dan berdampak pada peningkatan respon lateral terhadap beban gempa. Hal ini

menegaskan bahwa variasi fungsi ruangan dan distribusi beban hidup yang berbeda setiap lantainya harus diperhitungkan dalam perancangan struktur tahan gempa agar hasil analisis lebih mendekati kondisi nyata. Selain itu, analisis rasio momen kolom-balok menunjukkan bahwa kedua model memenuhi prinsip kolom kuat-balok lemah (strong column weak beam), yang penting untuk mencegah plastisitas berlebihan pada kolom dan mekanisme story yang berbahaya. Kekakuan lateral setiap tingkat menunjukkan bahwa struktur tidak mengalami ketidakberaturan soft story, sehingga struktur tetap stabil selama beban gempa. Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar perencanaan struktur gedung bertingkat mempertimbangkan distribusi massa tidak seragam sesuai dengan

fungsi dan penggunaan tiap lantai. Penggunaan faktor reduksi beban hidup sesuai dengan fungsi ruang perlu diterapkan agar analisis dan desain struktur lebih realistis dan aman terhadap gempa. Penelitian ini memberikan implikasi praktis bahwa desain struktur yang mengabaikan variasi massa per lantai dapat meremehkan respons seismik dan potensi gaya geser dasar, sehingga risiko terhadap kerusakan meningkat. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk mengkaji perilaku dinamik struktur dengan variasi bentuk dan ketinggian lantai yang lebih kompleks, serta mempertimbangkan interaksi tanah-struktur secara lebih detail. Selain itu, penelitian eksperimental pada model fisik atau penggunaan software simulasi lanjutan dapat membantu memvalidasi hasil analisis numerik dan memperluas pemahaman mengenai pengaruh massa tidak seragam terhadap kinerja seismik gedung bertingkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, G., Pratama, I. W. S. A., Tubuh, I. K. D. K., Wirawan, I. P. A. P., & Wiryadi, I. G. G. (2024). Pemodelan dan analisis perilaku struktur rangka baja dinding pengisi terhadap beban lateral gempa. *Reinforcement Review in Civil Engineering Studies and Management*, 3(2), 68–80.
- Alqusyairi, T. M. I. (2022). Komparasi variasi penempatan pengaku terhadap respons dan kapasitas struktur bangunan pabrik fabrikasi baja Pt. Wika Industri dan Konstruksi Majalengka Jalur 5 (Comparison of placement variations bracing on response and structure capacity steel factory building Pt. Wika Industry and Construction Majalengka Line 5).
- Arkan, D. F. (2025). Analisis kolom miring pada struktur gedung bertingkat (Studi kasus proyek pembangunan Hotel Rez Semarang) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Elvarando, A. (2020). Pengaruh konfigurasi dan posisi breis eksentrik terhadap perilaku bangunan struktur baja akibat gaya gempa.
- Elza, S. P., Citra, Z., Swasti, T. E., & Komerdevi, D. (2025). Analisis perbandingan simpangan akibat gempa pada bangunan 7 lantai di berbagai kategori situs tanah di Indonesia. *MEDIA KONSTRUKSI*, 10(2), 266–276.
- Febriano, M. D. (2024). Analisis pengaruh respon struktur gedung berdasarkan penerapan percepatan respon spektra 2 periode dan multi periode (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Gaol, Y. L. (2023). Analisa perbandingan pelat lantai slab waffle dengan pelat lantai konvensional pada gedung dengan menggunakan metode rangka ekuivalen (Studi literatur) (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara).
- Ghifari, F. R. (2025). Respon struktur bangunan terhadap perbedaan kapasitas kolom pada antar tingkat dan pengaruh gaya gempa. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(4).
- Halawa, P., Tampubolon, S. P., & Hutabarat, L. E. (2025). Analisis perilaku kinerja struktur bangunan pada variasi tipe podium zona gempa 5 menggunakan metode respon spektrum. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 14(1), 152–165.
- Jonathan, J., Liucius, Y. U., & Wijaya, H. (2025). Analisis perbandingan kinerja seismik struktur bangunan ABC dengan variasi dimensi shear wall. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 213–222.
- Karunia, R., Baehaki, B., & Fathonah, W. (2020). Pengaruh variasi model ketidakberaturan vertikal pada gedung bertingkat tinggi terhadap respons seismik dengan analisis respons spektrum. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 9(1).
- Mufti Widyantara, A. (2021). Perbandingan hasil analisa struktur balok beton bertulang berdasarkan SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2013 pada bangunan gedung bertingkat banyak (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Nugroho, B. C., & Andayani, R. (2024). Analisis perbandingan sistem struktur gedung baja konvensional dan sistem struktur diagrid dengan konfigurasi batang diagonal yang berbeda. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(1), 94–110.
- Nurkhusnaedi, R. A. (2025). Perbandingan respon struktur dengan penerapan beban gempa statik ekuivalen, respon spektrum, dan time history (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Panjaitan, S. K. (2021). Analisis struktur bangunan bertingkat menggunakan ETABS (Studi kasus RS Regina Maris Medan) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Pradana, W. (2025). Evaluasi kinerja seismik struktur gedung bertingkat dengan metode pushover berbasis elemen hingga (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Pratama, A. I. (2024). Perbandingan respon struktur tidak beraturan pada gedung TILC-UGM dengan variasi geometri dan penempatan dinding geser (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Pratama, I. W. S. A. (2024). Analisis perilaku struktur gedung menggunakan sistem rangka bresing canggih wang dengan variasi eksentrisitas (Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar).
- Putra, A. R. (2024). Analisis perbandingan respon seismik antara sistem rangka pemikul momen menengah dan khusus pada gedung simetris dua arah (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Putra, I. W. E. S. (2021). Analisis perilaku struktur denah zig-zag terhadap gempa studi kasus gedung Hotel Nusa Dua Beach (Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar).
- Rizki, M. T. (2025). Analisis perbandingan respon struktur gedung dengan dan tanpa basement terhadap variasi ketinggian lantai (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Saefuddin, M. F. (2021). TA: Perbandingan kinerja struktur bangunan baja bertingkat menggunakan shear walls dan bracing (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).
- Setiawan, W. (2025). Analisis buckling sistem struktur baja diagrid pada zona seismik (Doctoral dissertation, Universitas Atma Jaya Yogyakarta).

Sutama, A., Sepriansyah, V., & Angraini, D. D. (2024).
Studi komparatif perilaku struktur gedung beton
bertulang dengan variasi geometri kolom persegi dan

kolom bulat. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian
Teknik Sipil*, 9(2), 64–69.