

ANALISIS RESPONS STRUKTUR SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DENGAN GEMPA DINAMIK RESPONS SPEKTRUM MENGGUNAKAN SAP2000

Purnawi jaya¹, Yanti Defiana², Taufik Martha³.

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh

Email : purnawijaya26@icloud.com, yantidefiana@gmail.com, taufikmartha90@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries located on the Pacific Ring of Fire, making it highly vulnerable to earthquakes. This condition requires that the design of building structures comply with seismic code provisions to ensure ductile behavior and safety under earthquake loads. One of the structural systems recommended for regions with high seismic design categories is the Special Moment Resisting Frame (SMRF), due to its high ductility capacity and effectiveness in dissipating seismic energy. This study aims to analyze the structural response of a building using the SMRF system under dynamic earthquake loading through the response spectrum method based on SNI 1726:2019. The analysis was carried out using SAP2000 software, with spectral response parameters (S_s , S_1 , F_a , F_v , SMS , SMI , SDS , and $SD1$) determined to classify the seismic design category. The building structure was then modeled under response spectrum earthquake loading to evaluate its behavior in terms of displacement, inter-story drift, base shear, and fundamental period. The analysis results indicate that $SDS > 0.5 g$ and $SD1 > 0.2 g$, placing the building in Seismic Design Category D. The SMRF structural model meets the requirements of SNI 1726:2019, with inter-story drifts remaining below the maximum limit of 2%, while the base shear and fundamental period comply with code provisions. Therefore, the application of the SMRF system is considered feasible and suitable for building structures located in high seismic risk regions.

Keywords: Earthquake, SMRF, response spectrum method, SAP2000, dynamic earthquake

1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap gempa bumi. Kondisi ini dipengaruhi oleh posisi geografis yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, sehingga aktivitas seismik berlangsung sangat intens (BNPB, 2020). Dampak dari gempa bumi tidak hanya berpotensi merusak infrastruktur dan bangunan, tetapi juga dapat menimbulkan korban jiwa serta kerugian ekonomi dalam skala besar. Oleh sebab itu, perencanaan struktur bangunan yang andal terhadap gempa menjadi kebutuhan utama demi menjamin keselamatan pengguna sekaligus keberlanjutan fungsi bangunan.

Salah satu faktor utama yang menentukan kinerja bangunan bertingkat adalah kapasitas struktur dalam menahan beban, khususnya beban gempa. Respons struktur akibat pengaruh gempa dapat dianalisis melalui pendekatan statik maupun dinamik. Analisis

dinamik, khususnya dengan metode respons spektrum, memberikan gambaran yang lebih representatif karena memperhitungkan hubungan antara periode getar struktur dan respons maksimumnya pada kondisi peredaman tertentu (Pawirodikromo, 2012).

Dalam perencanaan struktur tahan gempa, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) sering menjadi pilihan utama. Berdasarkan tingkat ketangguhan dan deformabilitasnya, system rangka pemikul momen terbagi menjadi tiga kategori: system rangka pemikul momen biasa (SRPMB), Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), dan system rangka pemikul momen khusus (SRPMK). SRPMB umumnya diterapkan pada wilayah dengan potensi gempa rendah, SRPMM untuk daerah dengan tingkat risiko sedang, sedangkan SRPMK diperuntukkan bagi kawasan dengan tingkat kegempaan tinggi karena memiliki kapasitas disipasi energi dan ketahanan deformasi yang lebih baik (Nur & Rizki, 2017).

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas penerapan SRPMK dan metode analisis dinamik. Penelitian oleh Joaozinho dan Siswoyo (2020) pada gedung apartemen 10 lantai di Bandung menunjukkan bahwa struktur dengan SRPMK memenuhi syarat kinerja seismik, dengan simpangan antar lantai di bawah batas maksimum dan konsep *strong column weak beam* terpenuhi. Sementara itu, Edy dkk (2014) menganalisis kinerja struktur hotel di Semarang menggunakan metode respons spektrum melalui ETABS, dan hasilnya menunjukkan struktur berada pada level kinerja *Immediate Occupancy (IO)* sehingga aman terhadap beban gempa.

Pemilihan SRPMK sangat relevan untuk digunakan pada proyek pembangunan di daerah dengan aktivitas seismik tinggi, seperti Desa Gelam, Kecamatan Cipocok, Kota Serang, Provinsi Banten. Wilayah ini termasuk dalam zona gempa aktif sehingga penerapan sistem struktur dengan ketangguhan tinggi merupakan langkah penting. Hal tersebut sejalan dengan ketentuan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa dan SNI 2847:2019 mengenai perencanaan struktur beton bertulang (BSN, 2019).

Proyek pembangunan gedung bertingkat, misalnya gedung SMAN 9 Kota Serang yang terdiri dari tiga lantai, menjadi contoh nyata pentingnya penerapan SRPMK. Perencanaan gedung ini memanfaatkan metode analisis dinamik respons spektrum linear dengan bantuan perangkat lunak. Selama ini, ETABS menjadi perangkat lunak yang umum digunakan dalam kajian struktur tahan gempa. Namun, penggunaan SAP2000 juga memberikan alternatif menarik karena menawarkan fleksibilitas pemodelan dan fitur analisis yang lebih beragam.

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui respons struktur gedung 3 lantai dengan sistem Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) terhadap beban gempa dinamis menggunakan metode respons spektrum pada perangkat lunak SAP2000. Analisis difokuskan pada evaluasi gaya geser dasar dan simpangan antar lantai sebagai

parameter utama, dengan berpedoman pada SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, SNI 1727:2020 mengenai beban minimum bangunan gedung, serta SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai perilaku struktur bangunan bertingkat di wilayah seismik aktif sekaligus memperkuat pemahaman dalam penerapan SAP2000 sebagai perangkat bantu analisis struktur tahan gempa.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang dilakukan dengan metode analisis numerik menggunakan perangkat lunak SAP2000. Pendekatan ini dipilih karena SAP2000 mampu memodelkan struktur secara tiga dimensi dan melakukan analisis gempa dinamis dengan metode respons spektrum sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Fokus kajian mencakup distribusi gaya dalam, simpangan antar lantai, serta respons struktur terhadap beban gempa, untuk mengevaluasi kinerja seismik bangunan. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Gambar *Detail Engineering Design* (DED)
2. Perhitungan Struktur Hasil Perencana
3. Data uji tanah

Tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pemodelan struktur gedung 3 lantai dengan sistem SRPMK menggunakan perangkat lunak SAP2000 V22 berdasarkan data DED (1), pendefinisian properti material dan elemen struktur (2), pemberian beban gravitasi yang terdiri dari beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup (3), pendefinisian beban gempa dinamis berdasarkan respons spektrum wilayah Kota Serang sesuai SNI 1726:2019 (4), pelaksanaan analisis statik ekuivalen sebagai acuan gaya geser dasar (5), pelaksanaan analisis dinamik respons spektrum dengan kontrol partisipasi massa dan scaling base shear (6), evaluasi simpangan antar lantai terhadap batas izin SNI (7), serta pengolahan hasil analisis berupa gaya geser dasar dan simpangan untuk kemudian disimpulkan (8).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data analisis Struktur

1. Informasi Bangunan
 - Nama bangunan : SMAN 9 Kota Serang
 - Lokasi : Desa. Gelam, Kec. Cipocok, Kota Serang
 - Fungsi bangunan : Fasilitas pendidikan
 - Kelas situs : SE (Tanah lunak)
 - Panjang bangunan : 51,5 m
 - Lebar bangunan : 10 m
 - Jumlah tingkat : 3 Lantai
 - Tinggi lantai : 4 m, 4 m, 3,97 m, 3,08 m
 - Tinggi total bangunan : 15,05 m

2. Dimensi struktur

Tabel 1. Dimensi struktur gedung

No	Elemen Struktur	Dimensi
1.	Balok	B1 250 x 650 mm
		B2 250 x 450 mm
		B3 250 x 450 mm
		B4 200 x 300 mm
		B5 200 x 400 mm
		BB 200 x 400 mm
2.	Kolom	K1 400 x 500 mm
		K2 400 x 400 mm
		K3 350 x 350 mm
		KB 200 x 400 mm
3.	Gording & rafter	CNP75
4.	Pelat lantai	140 mm

Sumber : Data perencana

3. Data Material

- a. Beton K-300 $f_c = 24,9$ Mpa spesifikasi material beton sebagai berikut:

- 1) Berat jenis beton = 2.400 Kg/m^3
- 2) Modulus elastisitas beton = $4.700\sqrt{f_c} = 23.500 \text{ Mpa}$

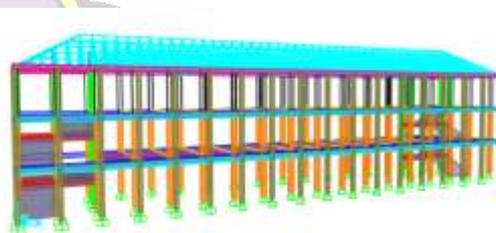
- b. Baja tulangan BJTS 420 $f_y = 420$ Mpa spesifikasi material baja tulangan sebagai berikut:

- 1) Berat jenis baja = 7.850 Kg/m^3
- 2) Modulus elastisitas

- baja = 200.000 Mpa
- 3) Mutu baja BJTS 420 B $F_y = 420 \text{ Mpa}$
 $F_u = 525 \text{ Mpa}$
- BJTS 420 B $F_y = 280 \text{ Mpa}$
 $F_u = 350 \text{ Mpa}$
- Baja ringan $F_y = 597 \text{ Mpa}$
 $F_u = 606 \text{ Mpa}$

3.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan software SAP2000 v22 dengan memodelkan semua elemen kolom, balok pelat dan atap sesuai dengan gambar DED dan spesifikasi material. Berikut ini adalah hasil pemodelan di SAP2000:



Gambar 1 Perspektif gedung SMAN 9 Kota serang

(Sumber : Hasil penelitian, 2025)

3.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur pada perencanaan ini mencakup beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban hujan, dan beban angin yang dihitung berdasarkan SNI 1727:2020 serta PPIUG 1987, sedangkan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2019. Rincian perhitungan masing-masing beban dijelaskan sebagai berikut:

1. Beban mati (DL)

Beban mati dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak SAP2000 berdasarkan properti material dan elemen yang telah dimodelkan.

2. Beban mati tambahan (SDL)

Didefinisikan sebagai beban permanen yang berasal dari berat elemen non-struktural atau komponen finishing bangunan yang menempel pada struktur. Pada bagian atap, beban mati tambahan ini meliputi beberapa komponen seperti:

- a. Beban mati tambahan pada balok lantai 2
 - 1) Dinding habel tinggi 3,22 m = $2,84 \text{ kN/m}^2$

- 2) Dinding habel tinggi 3,42 m = 3,02kN/m²
- b. Beban mati tambahan pada balok lantai 3
 - 1) Dinding habel tinggi 3,39 m = 2,99 kN/m²
 - 2) Dinding habel tinggi 3,44 m = 3,04 kN/m²
- c. Beban mati tambahan pada pelat lantai 1
 - 1) Specy tebal 5 cm + keramik = 10,00 kg/m² = 1,08 kN/m²
- d. Beban mati tambahan pada pelat lantai 2
 - 1) Specy tebal 5 cm + keramik = 110,00 kg/m²
 - 2) Plafon + penggantung = 18,00 kg/m²
 - 3) Instalasi MEP = 10,00 kg/m²
 - Total SDL lantai 2 = 138,00 kg/m² = 1,35 kN/m²
- e. Beban mati tambahan pada pelat lantai 3
 - 1) Specy tebal 5 cm + keramik = 110,00 kg/m²
 - 2) Plafon + penggantung = 18,00 kg/m²
 - 3) Instalasi MEP = 10,00 kg/m²
 - Total SDL lantai 3 = 138,00 kg/m² = 1,35 kN/m²
- f. Beban mati tambahan pada atap
 - 1) Atap Onduline = 4,00 kg/m²
 - 2) Plafon + penggantung = 18,00 kg/m²
 - 3) Instalasi MEP = 10,00 kg/m²
 - Total SDL atap = 32,00 kg/m² = 0,31 kN/m²
- g. Beban mati tambahan pada dak
 - 1) Specy tebal 2,5 cm + waterproof = 73,00 kg/m²
 - 2) Plafon + penggantung (dak + rangka) = 18,00 kg/m²
 - 3) Instalasi MEP (dak + rangka) = 10,00 kg/m²
 - Total SDL atap dak = 101,00 kg/m² = 0,99 kN/m²
- 3. Beban hidup
 - a. Beban hidup pada pelat lantai = 1,92 kN/m²
 - b. Koridor di atas lantai pertama = 3,83 kN/m²
 - c. Koridor lantai pertama = 4,79 kN/m²
 - d. Tangga = 4,79kN/m²
 - e. Kamar mandi = 2,87 kN/m²
 - f. Beban hidup pada dak atap (tandon air) = 7,35 kN/m²
 - g. Beban hidup pada atap = 1,92 kN/m²
- 4. Beban Hujan
 - Beban air hujan = 0,20 kN/m²
- 5. Beban angin
 - Beban angin dihitung oleh SAP2000 dengan menginputkan terlebih dahulu komponen komponen untuk pembebanan angin sesuai SNI 1727:2020
 - a. Kecepatan Angin Dasar
 - V = 33 m/s
 - Dirubah dari satuan m/s ke mph di kalikan 2,237
 - V = 33 x 2,237 = 73,819 mph
 - b. Faktor Arah Angin (Kd)
 - Pada Tabel 26.6-1 SNI 1727:2020 dengan tipe struktur bangunan gedung yaitu sistem penahan beban angin utama maka nilai faktor arah angin (Kd) = 0,85
 - c. Kategori Eksponstur
 - Untuk bangunan gedung dengan tiggi atap rata rata kurang dari atau sama dengan 30ft (9,1m) maka kategori eksponsturnya adalah B
 - d. Faktor Topografi, Kzt
 - Karena lokasi gedung learning solution ini tidak terletak pada area bukit atau tebing, maka nilai Kzt adalah 1
 - e. Faktor Pengaruh Tiupan Angin
 - G = 0,85
 - f. Koefisien Tekanan (Cp)

Tabel 2. Beban Angin

arah X	1	2	3	4		
Cp	0,40	-0,69	-0,37	-0,29		
arah Y	1	2	3	4	5	6
Cp	-0,45	-0,69	-0,37	-0,45	0,4	-0,29

Sumber : Data perencana

3.4 Analisis Statik Ekuivalen

1. Berat Seismik Efektif Struktur

Tabel 3. Berat Seismik Efektif Struktur

Lantai	Dead (kN)	SDL (kN)	Total (kN)
atap	182,475	364,987	547,462
L.3	4072,038	1425,521	5497,559
L.2	3973,661	1425,521	5399,182
L.1	0	0	0
Total			11444,203

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Berdasarkan Tabel, total berat seismik efektif yang diperhitungkan adalah 11.444,203 kN, berasal dari kombinasi beban mati dan beban mati tambahan sesuai SNI 1726:2019. Beban terbesar berasal dari lantai 3 (5.497,559 kN) dan lantai 2 (5.399,182 kN), sedangkan atap hanya 547,462 kN karena terdiri dari beban ringan, dan lantai 1 tidak diperhitungkan karena terhubung langsung ke pondasi. Dengan demikian, lebih dari 95% beban seismik terkonsentrasi pada lantai 2 dan 3 sehingga respons struktur terutama dipengaruhi kedua lantai tersebut.

2. Parameter percepatan gempa

Tabel 4. Data Gempa

Data gempa	
Parameter	Nilai
Kategori resiko	IV
Faktor keutamaan	1,5
Klasifikasi situs	Tanah lunak (SE)
S _s	0,9027 g
S ₁	0,4426 g
F _a	1,3000 g
F _v	2,3148 g
S _{MS}	1,1735 g
S _{M1}	1,0245 g
S _{DS}	0,7823 g
S _{D1}	0,6830 g
T ₀	0,1746 detik
T _s	0,8730 detik
T _L	20 detik
R	8
Ω ₀	3
C _d	5,5

Sumber : Data hasil penelitian, 2025

Data gempa pada Tabel 4 diperoleh dari web RSA Cipta Karya dan di validasi langsung dengan perhitungan manual.

3. Periode fundamental

Tabel 5. Nilai Periode Getar Struktur

Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
T _{Cx}	0,2605	T _{Cy}	0,3093

T _a	0,5348	T _a	0,5348
T _{max}	0,7487	T _{max}	0,7487
T _x	0,5348	T _y	0,5348

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Periode minimum dan maksimum yang diperoleh berdasarkan Tabel 4 masing-masing sebesar 0,5348 detik dan 0,7487 detik. Sedangkan hasil perhitungan periode arah X dan Y yang dihasilkan oleh pemodelan program SAP2000 diperoleh masing-masing sebesar 0,2605 detik dan 0,3093 detik.

Nilai periode hitung (T_c) berada di bawah periode minimum (T_a) sehingga periode struktur desain (T) yang digunakan adalah periode fundamental pendekatan (T_a) yang merupakan batas minimum periode sebesar 0,897 detik.

4. Perhitungan koefisien respons seismik

Tabel 6. Nilai koefisien Seismik

Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
C _{SX}	0,148	C _{SY}	0,148
C _{SX} min	0,052	C _{SY} min	0,052
C _{SX} maks	0,239	C _{SY} maks	0,239
C _{SX} desain	0,148	C _{SY} desain	0,148

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Berdasarkan Tabel 5, nilai C_s desain yang digunakan yaitu nilai C_s hitung sebesar 0,148 dikarenakan nilai koefisien respons seismik hitung (C_s hitung) melebihi nilai C_s minimum dan kurang dari C_s maksimum.

3.5 Analisis Dinamik

1. Jumlah Ragam/Partisipasi Massa

Tabel 7. Partisipasi massa

OutputCase	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1	0,3096	0,0010	0,70481
MODAL	2	0,2706	0,2016	0,74546
MODAL	3	0,2608	0,6489	0,75394
MODAL	92	0,1129	0,9134	0,90095
MODAL	93	0,1103	0,9136	0,90095
MODAL	94	0,1089	0,9136	0,90096
MODAL	95	0,1068	0,9136	0,90096
MODAL	96	0,1041	0,9136	0,90096
MODAL	97	0,1011	0,9138	0,90096
MODAL	98	0,0999	0,9141	0,90096
MODAL	99	0,0953	0,9141	0,90102
MODAL	100	0,0951	0,9145	0,90108

(Sumber : SAP2000 v22, 2025)

Partisipasi massa 90% menunjukkan hampir seluruh komponen struktur bangunan ikut bergetar apabila terjadi beban gempa sehingga dapat menyebabkan kerusakan terbesar.

Apabila partisipasi massa yang diperoleh masih di bawah 90%, maka jumlah ragam (mode) harus ditambah hingga memenuhi partisipasi massa minimum yang disyaratkan. Berdasarkan hasil program SAP2000 yang disajikan pada Tabel 4, didapatkan partisipasi massa lebih dari 90% untuk arah X maupun Y pada mode ke-24 masing-masing sebesar 91,45% dan 90,10%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa struktur telah memenuhi syarat partisipasi massa yang tertera pada SNI 1726:2019.

2 Parameter Respons Ragam

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.2, mengenai parameter respons ragam dibagi dengan kuantitas (R/I_e) , dimana R adalah koefisien modifikasi respons sesuai dengan jenis kategori resiko struktur yang bisa dilihat di tabel 4 dan I_e adalah faktor ketumpukan gempa sesuai dengan kategori resiko bangunan adalah 1,5 nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 4.

$$\text{Faktor skala} = \frac{g}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{9,80665}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 1,839$$

Nilai-nilai faktor skala tersebut akan dimasukkan pada software SAP2000 untuk dilakukan analisis dinamik.

2. Gaya Geser Dasar

Tabel 8. Gaya Geser Dasar

Base Shear	Vd (kN)	Vs (kN)
Arah x	1185,90	1678,74
Arah y	1241,73	1678,74

(Sumber : SAP2000 v22, 2025)

Pada Tabel 8 diatas diketahui bahwa gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_D) ternyata lebih kecil dari gaya geser dasar hasil analisis statik (V_S). Sehingga perlu dihitung nilai skala koreksi yang baru dengan mengalikan nilai faktor skala awal dengan nilai V/V_t . Perhitungan faktor skala baru pada model gedung dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Faktor Skala Gaya Geser Dasar

Base Shear	Vd (kN)	Vs (kN)	Faktor skala Vs/Vd	Cek
x	1185,90	1678,74	1,4479	Not Ok
y	1241,73	1678,74	1,3588	Not Ok

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Setelah didapatkan nilai skala baru, kemudian dilakukan perhitungan ulang gaya geser dasar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Faktor Skala Gaya Geser Dasar

Base Shear	Vd (kN)	Vs (kN)	Faktor skala Vs/Vd	Cek
x	1679,71	1678,74	1,00	Ok
y	1678,81	1678,74	1,00	Ok

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Analisis gaya geser dasar dilakukan dengan membandingkan hasil analisis statik ekuivalen dan respons spektrum pada arah X dan Y. Berdasarkan Tabel 10, nilai gaya geser dasar statik pada arah X sebesar 1678,74 kN dan arah Y sebesar 1678,74 kN. Hasil analisis dinamik menunjukkan nilai yang hampir identik, yaitu sebesar 1679,71 kN untuk arah X dan 1678,81 kN untuk arah Y. Perbandingan kedua hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa nilai gaya geser dasar dari analisis dinamik (V_d) telah memenuhi ketentuan SNI 1726:2019, yaitu tidak boleh lebih kecil dari 100% gaya geser dasar statik ekuivalen (V_s). Dengan demikian, faktor skala yang digunakan adalah 1,0 dan kondisi struktur dinyatakan OK baik untuk arah X maupun arah Y. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur yang dianalisis telah memenuhi syarat penskalaan gaya gempa, sehingga dapat dilanjutkan pada tahap pemeriksaan simpangan antar lantai (story drift) dan kinerja struktur secara keseluruhan.

4. Simpangan antar lantai

Penentuan simpangan antar tingkat (Δ) atau *story drift* desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat atas dan bawah. Nilai perpindahan pusat massa di tingkat x (δ_x), dengan nilai C_d dan nilai I_e berdasarkan Tabel 4. Simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat ijin. Simpangan antar tingkat ijin (Δ_a) harus dibagi dengan factor redudansi, ρ , untuk system pemikul gaya seismic yang terdiri rangka momen pada struktur yang didesain untuk kategori desain seismic D,E atau F, simpangan anatar tingkat (Δ) tidak boleh melebihi Δ_a / ρ untuk semua tingkatan maka nilai faktor redudansi, $\rho = 1,3$ (SNI 1726-2019 Pasal 7.3.4.1).

Tabel. 11. Join Displacement Hasil Running SAP2000

Joint	OutputCase	U1	U2
Text	Text	mm	mm
108	EQDX	1,371	0,415
108	EQDY	0,231	2,509
224	EQDX	2,905	0,863
224	EQDY	0,473	5,387
242	EQDX	5,601	2,013
242	EQDY	0,946	10,391
415	EQDX	6,622	1,592
415	EQDY	0,415	10,034

(Sumber : SAP2000 V22, 2025)

Tabel 12. Simpangan Lantai Arah X

Story	Hsx	dx	Δx	Δa (Ijin)	cek
	mm	mm	mm	mm	
atap	3080	6,62	2,04	35,5	OK
Balok	3970	5,60	5,39	45,8	OK
Lt.3	4000	2,90	3,07	46,1	OK
Lt.2	4000	1,37	2,74	46,1	OK
Lt.1	0	0	0	0	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Tabel 12. Simpangan Lantai Arah Y

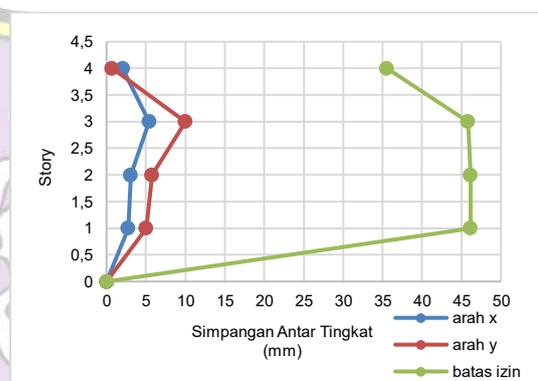
Story	Hsx	dx	Δx	Δa (Ijin)	cek
	mm	mm	mm	mm	
atap	3080	10,03	0,71	35,5	OK
Balok	3970	10,39	10,0	45,8	OK
Lt.3	4000	5,39	5,75	46,1	OK
Lt.2	4000	2,51	5,02	46,1	OK
Lt.1	0	0	0	0	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Pada tabel 11 dan 12 simpangan antar lantai menunjukkan bahwa displacement meningkat seiring ketinggian bangunan dengan nilai maksimum 6,621 mm pada arah X di atap dan

10,39 mm pada arah Y di ring balok. Pada arah X dan arah Y ditunjukkan pada Tabel 12 dan Tabel 13. Kedua nilai ini masih lebih kecil dibandingkan batas simpangan ijin (35,5-46,1 mm), sehingga hasil analisis menunjukkan struktur aman terhadap kriteria simpangan antar lantai. Dengan demikian, struktur yang dianalisis memenuhi syarat kinerja simpangan baik pada arah X maupun arah Y, yang berarti struktur cukup fleksibel namun tetap berada dalam batas aman terhadap pengaruh gempa

Gambar 2. Kurva Simpangan Antar Lantai



(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Berdasarkan grafik simpangan antar lantai, terlihat bahwa kurva untuk arah X dan arah Y berada jauh di bawah garis batas simpangan izin pada seluruh tingkat bangunan. Hal ini sejalan dengan data pada tabel, di mana displacement maksimum arah X sebesar 6,62 mm (di atap) dan arah Y sebesar 10,03 mm (di atap), keduanya jauh di bawah drift limit terkecil yaitu 35,5 mm.

Bentuk kurva pada grafik menunjukkan pola peningkatan simpangan yang konsisten dari lantai bawah ke atas, yang berarti respon struktur terhadap beban gempa bersifat wajar. Perbedaan antara arah X dan Y yang terlihat di grafik juga tercermin pada tabel, di mana nilai drift arah Y cenderung lebih besar dibandingkan arah X, misalnya inelastic drift maksimum arah Y mencapai 10,00 mm sedangkan arah X hanya 5,39 mm. Meskipun demikian, semua nilai drift tersebut berada di bawah batas yang diizinkan menurut SNI 1726:2019, sehingga struktur dinyatakan

aman terhadap simpangan antar lantai baik pada arah X maupun arah Y.

IV KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis respons spektrum pada gedung SMAN 9 Kota Serang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Periode fundamental yang diperoleh dari hasil analisis modal adalah 0,3093 detik untuk mode pertama (dominan arah Y), 0,270 detik untuk mode kedua (gerakan rotasi), dan 0,260 detik untuk mode ketiga (dominan arah X). Nilai ini mengindikasikan bahwa struktur memiliki kekakuan yang cukup tinggi, karena periode getarnya relatif kecil. Selain itu, hasil modal participation mass ratio menunjukkan bahwa jumlah mode yang dianalisis sudah memadai, dengan partisipasi massa kumulatif pada kedua arah horizontal melampaui 90%, yang berarti respons dinamis struktur telah terwakili dengan baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa respons struktur terhadap beban gempa dinamis telah memenuhi kaidah desain seismik dan dapat dikatakan berperilaku stabil serta aman.
2. Hasil analisis statik ekuivalen menunjukkan nilai gaya geser dasar (V) sebesar 1.678,74 kN. Pada analisis dinamik respons spektrum, nilai awal gaya geser dasar yang diperoleh adalah 1.185,90 kN untuk arah X dan 1.241,73 kN untuk arah Y. Nilai ini lebih kecil dari hasil metode statik, sehingga dilakukan penyesuaian faktor skala (*scaling*) agar gaya geser dinamik lebih besar dari pada gaya geser statik. Pada analisis simpangan antar lantai, nilai maksimum terjadi di lantai atap dengan nilai 6,622 mm untuk arah X dan 10,035 mm untuk arah Y. Nilai ini jauh di bawah batas izin yang dihitung yaitu sekitar 46 mm untuk kategori risiko IV dengan faktor redundansi $\rho = 1,3$. Grafik simpangan menunjukkan yang linier dari lantai bawah ke lantai atas, yang menandakan distribusi deformasi yang wajar dan tidak ada indikasi perilaku *soft story*. Berdasarkan hasil ini, struktur gedung dinyatakan memiliki kekakuan lateral yang memadai, mampu mengendalikan deformasi akibat

gempa, dan aman untuk digunakan sesuai fungsi perencanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983). Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Edy, dkk. (2014). Analisis kinerja struktur pada gedung bertingkat dengan analisis dinamik respons spektrum menggunakan software ETABS. Universitas Sebelas Maret.
- Kementerian PUPR. (2020). *RSA Cipta Karya – Peta Hazard Gempa Indonesia*. Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- NPB. (2020). Bencana Alam Indonesia dalam Angka. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Nur & Rizki (2017). Kajian perilaku struktur portal beton bertulang tipe SRPMK dan Tipe SRPMM.
- 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.