

## Evaluasi performa struktur bangunan eksisting terhadap beban gempa Zona 1 dan Zona 2 di Kabupaten Kotawaringin Timur

Ridho Saleh Silaban

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palangkaraya

E-mail: ridhosalehsilaban@umpr.ac.id

---

### INFO ARTIKEL

#### Kata kunci :

Beban gempa; Zona gempa; Performa struktur; Bangunan eksisting; SAP2000; SNI 1726:2019

---

### ABSTRAK

Kabupaten Kotawaringin Timur berdasarkan peta bahaya gempa SNI 1726:2019 diklasifikasikan sebagai wilayah gempa Zona 1 dengan tingkat potensi kegempaan relatif sangat rendah. Namun demikian, pada tanggal 30 Oktober 2023 terjadi gempa bumi dengan kekuatan sekitar magnitudo 4,5 yang mengindikasikan kemungkinan perubahan tingkat bahaya gempa dari Zona 1 menjadi Zona 2. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa struktur bangunan eksisting terhadap perbedaan beban gempa Zona 1 dan Zona 2 berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya geser dasar total dinamik pada seluruh bangunan memenuhi ketentuan, yaitu lebih besar dari 85% gaya geser dasar total statik. Pengecekan simpangan antar lantai (interstorey drift) memperlihatkan bahwa pada beban gempa Zona 1 seluruh bangunan memenuhi standar, sedangkan pada beban gempa Zona 2 terdapat 1 bangunan yang tidak memenuhi persyaratan, yaitu sebesar 6,66% dari total bangunan yang dianalisis. Partisipasi massa struktur pada arah utama gempa telah mencapai lebih dari 90%, yang menunjukkan bahwa jumlah ragam getar yang digunakan telah cukup merepresentasikan perilaku dinamik bangunan. Perbedaan beban gempa dari Zona 1 ke Zona 2 menyebabkan peningkatan gaya dalam pada elemen kolom dengan kenaikan gaya aksial relatif kecil sebesar 0,93%, sedangkan peningkatan gaya geser dan momen tergolong signifikan, yaitu gaya geser arah-x sebesar 12,48% dan arah-y sebesar 11,24%, serta momen lentur arah-x sebesar 12,98% dan arah-y sebesar 11,09%. Pada elemen balok, peningkatan gaya geser sebesar 3,82% dan gaya momen sebesar 4,87%. Evaluasi performa struktur menunjukkan bahwa rasio kapasitas nominal terhadap kapasitas ultimit elemen struktur akibat beban gempa pada Zona 1 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,65 dan meningkat menjadi 0,70 pada Zona 2, atau terjadi peningkatan sebesar 8,49%. Selain itu, terdapat 3 bangunan yang dinyatakan tidak aman, yaitu sebesar 20% dari total bangunan yang dianalisis.

---

**ARTICLE INFO****ABSTRACT****Keywords:**

*Seismic load; Seismic zone;  
Structural performance;  
Existing buildings;  
SAP2000; SNI 1726:2019*

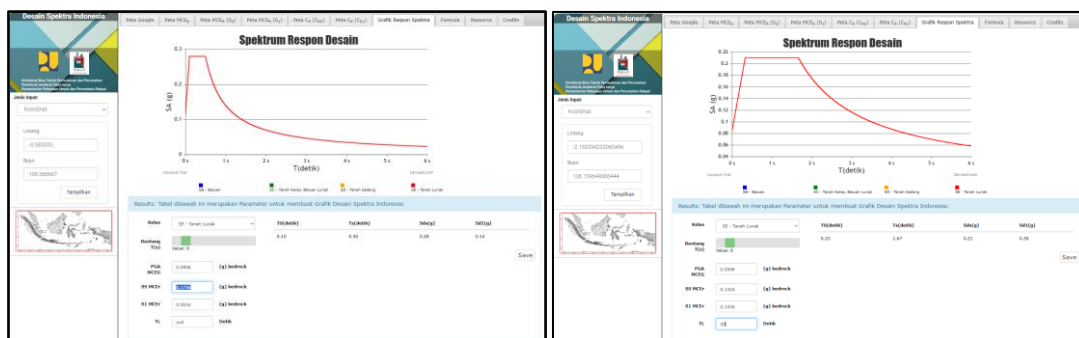
*Based on the seismic hazard map of SNI 1726:2019, East Kotawaringin Regency is classified as a Zone-1 region with relatively very low seismic potential. However, an earthquake with a magnitude of approximately 4.5 occurred on 30 October 2023, indicating the possible need to reassess the regional seismic hazard classification from Zone-1 to Zone-2. This study aims to evaluate the structural performance of existing buildings under seismic loads corresponding to Zone-1 and Zone-2 conditions in accordance with SNI 1726:2019. The analysis results indicate that the total dynamic base shear of all buildings exceeds 85% of the total static base shear, satisfying the seismic design requirements. Interstorey drift evaluation shows that all buildings meet the allowable limits under Zone-1 seismic loading, whereas under Zone-2 loading, one building does not satisfy the drift requirement, representing 6.66% of the total buildings analyzed. The mass participation ratios in the principal seismic directions exceed 90%, confirming that the number of vibration modes considered is sufficient to represent the dynamic behavior of the structures. The increase in seismic demand from Zone-1 to Zone-2 results in a relatively small increase in axial forces in columns of 0.93%, while significant increases are observed in shear forces and bending moments, with column shear forces increasing by 12.48% in the x-direction and 11.24% in the y-direction, and bending moments increasing by 12.98% in the x-direction and 11.09% in the y-direction. For beam elements, shear forces increase by 3.82% and bending moments by 4.87%. The structural performance evaluation shows that the average ratio of nominal capacity to ultimate demand increases from 0.65 under Zone-1 conditions to 0.70 under Zone-2 conditions, corresponding to an increase of 8.49%. Furthermore, three buildings are classified as unsafe, accounting for 20% of the total buildings evaluated.*

**1. Pendahuluan**

Menurut peta wilayah Hazard Gempa pada SNI 1726:2019 Kabupaten Kotawaringin Timur secara historis terletak di Zona Gempa 1, menunjukkan potensi gempa relative sangat rendah, namun fenomena gempa bumi berkekuatan sekitar magnitudo 4,5 yang mengguncang wilayah Kabupaten Kotawaringin Timur pada 30 Oktober 2023 (BMKG, 2023) yang mengakibatkan beberapa bangunan mengalami kerusakan ringan. Kejadian gempa ini disetiap daerah dapat memungkinkan adanya perubahan dan peningkatan peta wilayah hazard zonasi gempa (Irsyam, Dkk., 2017), semisal yang terjadi di wilayah Kabupaten Kotawaringin Timur yang awalnya zona gempa 1 meningkat menjadi zona gempa 2. Pemetaan zonasi kerentanan gempa berdasarkan analisis efek lokal dan potensi kerusakan menunjukkan bahwa pembagian zona gempa yang akurat itu penting dalam mitigasi risiko dan desain struktur bangunan di wilayah urban (Rahayu, Dkk., 2022). Dalam konteks tersebut, penelitian ini mencoba mengevaluasi performa elemen struktur beberapa bangunan eksisting yang terdapat di wilayah ini, khususnya struktur kolom dan balok terhadap beban gempa untuk Zona 1 dan Zona 2. Tujuan penelitian adalah untuk menilai tingkat keamanan dan respons struktur terhadap beban lateral gempa pada kedua parameter zona tersebut. Analisis dilakukan melalui pemodelan numerik menggunakan aplikasi SAP2000, dengan beban gempa menggunakan metode analisis dinamik Respons spektrum sesuai kriteria desain pada SNI 1726:2019, diantaranya memenuhi kriteria desain Gaya geser dasar (*Base shear*), Simpangan antar lantai (*Interstorey drift*) dan Partisipasi massa struktur. Penelitian ini juga akan mengetahui seberapa besarnya perubahan yang terjadi pada gaya-gaya dalam yaitu berupa besarnya gaya Axial, Momen, dan Geser pada komponen struktur bangunan dengan pembebanan beban gempa zona-1 ke beban gempa zona-2.

## 2. Tinjauan Pustaka

Parameter gempa rencana dinyatakan melalui percepatan spektral periode pendek ( $S_s$ ) dan periode 1 detik ( $S_1$ ) yang diperoleh dari peta sumber dan bahaya gempa Indonesia (Handayani, Dkk., 2025). Wilayah yang diklasifikasikan sebagai Zona Gempa 1 umumnya memiliki nilai  $S_s$  relatif rendah, yaitu sekitar 0,15–0,25 g, dan nilai  $S_1$  sekitar 0,05–0,10 g, sehingga menghasilkan percepatan spektral desain ( $SDS$  dan  $SDI$ ) yang lebih kecil setelah dikoreksi dengan faktor amplifikasi situs. Sementara itu, Zona Gempa 2 dicirikan oleh peningkatan parameter kegempaan dengan nilai  $S_s$  berkisar 0,30–0,50 g dan  $S_1$  sekitar 0,15–0,25 g, yang berdampak pada meningkatnya gaya gempa rencana. Perbedaan nilai parameter ini berpengaruh langsung terhadap besarnya gaya geser dasar, simpangan struktur, serta tuntutan kapasitas elemen struktur bangunan (Morib, Dkk., 2024). Sejumlah studi menunjukkan bahwa kejadian gempa lokal di wilayah yang sebelumnya dikategorikan berisiko rendah dapat menjadi dasar perlunya evaluasi struktur menggunakan parameter gempa yang lebih konservatif sesuai ketentuan SNI 1726:2019 (Nugroho, N. S., 2022).



Gambar 1. Respon spektrum gempa zona 1 dan Zona 2 kelas situs tanah lunak (Sumber: Puskim PUPR)

Evaluasi kinerja struktur bangunan terhadap beban gempa dilakukan dengan meninjau respons struktur berupa gaya dalam dan simpangan. Parameter utama yang dievaluasi meliputi gaya aksial kolom ( $P_u$ ), momen lentur ( $M_u$ ), gaya geser ( $V_u$ ), serta simpangan antar lantai yang dibatasi oleh SNI 1726:2019 yaitu:

$$\Delta_x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times Cd}{I} < \Delta_a$$

$$\Delta_a = 0,025h_x$$

untuk struktur gedung pada tingkat kinerja ultimit, dengan  $h$  adalah tinggi lantai. Pada bangunan beton bertulang, elemen kolom dan balok merupakan komponen utama penahan gaya gempa, sehingga kinerjanya dinilai melalui perbandingan antara gaya dalam hasil analisis dan kapasitas elemen yang dinyatakan dalam rasio permintaan terhadap kapasitas (*Demand Capacity Ratio/DCR*), dengan kriteria aman apabila  $DCR \leq 1,00$  (Ekatama, Dkk., 2023). Analisis respons struktur terhadap beban gempa umumnya dilakukan menggunakan SAP2000 melalui metode analisis Respons spektrum, yang mampu menghasilkan parameter seperti gaya geser (Ton) dan distribusi gaya gempa ke setiap elemen struktur secara kuantitatif dan sistematis (Yuviano, Dkk., 2025).

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif analitis yang bertujuan mengevaluasi performa struktur bangunan eksisting terhadap beban gempa Zona-1 dan Zona-2 di Kabupaten Kotawaringin Timur.

Tabel 1. Data bangunan

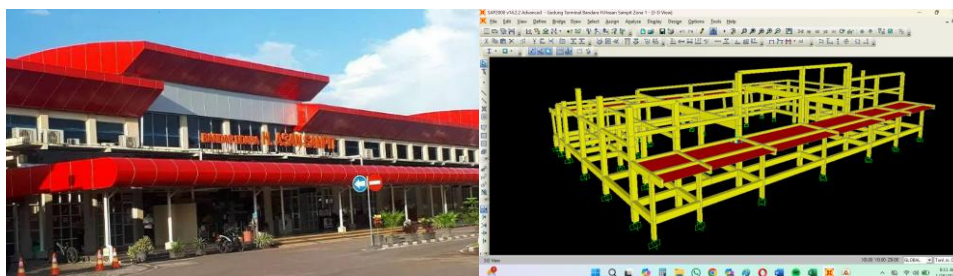
No	Nama Bangunan	Kode Bangunan	Luas Bangunan (m <sup>2</sup> )	Lokasi Bangunan
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>				
1.	Perumahan Type 36 Lingkar Utama	LU-36	36.00	Jl. Lingkar Utama KM. 3 Kec. Baamang
2.	Perumahan Type 36 Tidar	TR-36	36.00	Jl. Tidar Raya Kec. Baamang
3.	Perumahan Type 45 Lingkar Utama	LU-45	45.00	Jl. Lingkar Utama KM. 3 Kec. Baamang
4.	Griya Amera Residen Type 45	AR-45	45.00	Jl. Pelita
5.	Perumahan Type 70	PT-70	70.00	Kota Sampit Kab. Kotim
6.	Rumah Pribadi (Pak Owen)	RP-PO	535.00	Jl. Jeruk 2 Kota Sampit
7.	Ruang tunggu Bandara H.Hasan	BDR-H	1,010.00	Jl. Muchran Ali Kec. Baamang
8.	Ruko Lantai 1 Seibabi	RK-L1S	360.00	Jl. Jed. Sudirman Km. 87 Desa Seibabi
<b>B. Bangunan lantai 2</b>				
1.	Bangunan Madrasah	MDR	592.00	Kota Sampit
2.	Kantor PDAM KAB. Kotim	PDAM	956.00	Jl. Christopel D Mihing Kota Sampit
3.	Ruko 2 Lantai Pelita	RK-L2PL	80.00	Jl. Pelita Kab. Kotim
4.	Ruko 2 Lantai Basirih Samuda	RK-L2BS	400.00	Jl. Parto Muhsin Desa Basirih Samuda
5.	Ruko 2 Ruko Seibabi	RK-L2SB	1,000.00	Jl. Jed. Sudirman Desa Seibabi
<b>C. Bangunan lantai 3</b>				
1.	Rusun Pemkab Kotim	RSN	2756.25	Jl. Komplek Wengga Kota Sampit
2.	RAM RSUD Murjani Sampit	RSUD	525	Jl. Jalan H.M. Arsyad Kota Sampit

### A. Data dan sumber data

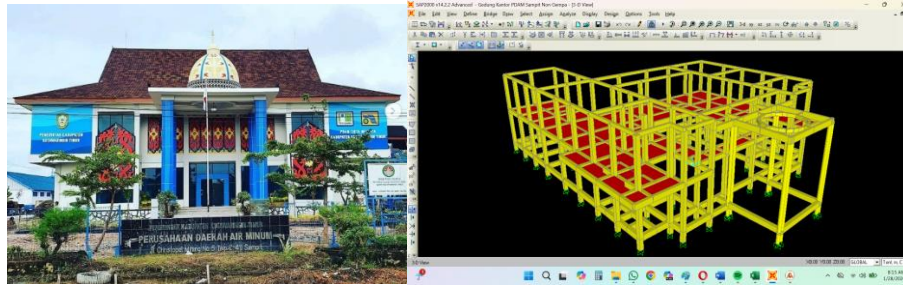
Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa gambar perencanaan bangunan eksisting, yang meliputi gambar arsitektur, struktur, dan detail elemen struktur (balok, kolom, pelat, serta sistem rangka). Data diperoleh dari berbagai pihak terkait berupa dokumen teknis proyek yang tersedia. Selain itu, data material struktur dan spesifikasi bangunan ditentukan berdasarkan dokumen perencanaan serta asumsi teknis yang sesuai dengan kondisi bangunan eksisting. Objek penelitian yang di uji sebanyak 15 bangunan yang terdiri dari bangunan gedung tidak bertingkat, Bangunan lantai 2 dan 3. Fungsi bangunan beragam berupa Bangunan Rumah Tinggal, Sekolah, Kantor Pemerintahan, Fasilitas Rumah sakit, Rumah Susun dan Rumah Toko, seluruh bangunan menggunakan sistem struktur rangka beton bertulang dan berada pada wilayah administratif Kabupaten Kotawaringin Timur.

### B. Metode analisis

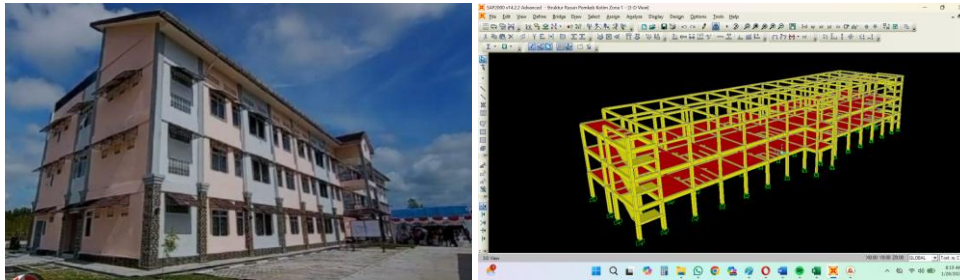
Analisis struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Pemodelan struktur bangunan dilakukan dalam bentuk model tiga dimensi (3D) yang merepresentasikan kondisi aktual bangunan. Beban gempa dianalisis menggunakan metode analisis dinamik respons spektrum sesuai ketentuan SNI 1726:2019, dengan mempertimbangkan dua skenario wilayah kegempaan, yaitu Zona-1 dan Zona-2. Parameter respons spektrum ditentukan berdasarkan klasifikasi tanah setempat serta ketentuan percepatan gempa rencana.



Gambar 1. Bangunan tidak bertingkat permodelan pada aplikasi SAP2000 Bandara H. Hasan Sampit



Gambar 2. Bangunan Lantai-2 permodelan pada aplikasi SAP2000 Kantor PDAM Kabupaten Kotawaringin Timur



Gambar 3. Bangunan Lantai-3 permodelan pada aplikasi SAP2000 Rusun Pemerintah Kabupaten Kotawaringin Timur

### C. Parameter evaluasi

Evaluasi performa struktur difokuskan pada elemen kolom dan balok. Komponen struktur bangunan yang ditinjau pada tiap bangunannya adalah Elemen kolom dan balok dengan nilai rasio kinerja tertinggi diidentifikasi sebagai elemen kritis. Berdasarkan hasil tersebut, ditarik kesimpulan mengenai tingkat kelayakan struktur, perubahan besarnya nilai gaya-gaya dalam yang terjadi akibat beban gempa pada kedua zona tersebut yang diperoleh dari hasil aplikasi. Pada kolom, evaluasi dilakukan dengan meninjau gaya aksial, momen lentur, dan gaya geser hasil analisis. Nilai gaya dalam tersebut dibandingkan dengan kapasitas elemen untuk menilai tingkat keamanan kolom. Pada balok, evaluasi dilakukan terhadap momen lentur dan gaya geser yang bekerja, dengan membandingkan hasil analisis terhadap kapasitas rencana balok. Tingkat kinerja masing-masing elemen dinyatakan dalam bentuk rasio permintaan terhadap kapasitas (*Demand Capacity Ratio/DCR*). Pengecekan performa bangunan dilakukan dengan parameter standart desain harus memenuhi kriteria desain Gaya geser dasar (*Base shear*), Simpangan antar lantai (*Interstorey drift*) dan Partisipasi massa struktur.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kriteria desain

Pada analisis perangkat lunak telah ditentukan besarnya gaya geser dasar dinamik respon spektrum pada Zona-1 dan Zona-2 harus lebih besar dari 85% gaya geser total statik ekuivalen hasilnya disajikan pada tabel 2. Selanjutnya untuk evaluasi simpangan antar lantai bangunan disajikan pada tabel 3. Sedangkan untuk jumlah ragam partisipasi massa bangunan disajikan dalam tabel 4. Evaluasi tersebut disyaratkan dalam SNI 1726:2019.

Tabel 2. Gaya geser dasar akibat beban gempa zona-1 dan zona-2 pada bangunan

No.	Nama Bangunan	Base Shear	Zona - 1	Zona - 2	Selisih	
			(Ton)	(Ton)	(Ton)	(%)
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>						
1.	LU-36	X - Direction	1.50	1.98	0.48	31.84
		Y - Direction	1.50	1.98	0.48	31.89
2.	TR-36	X - Direction	1.95	2.57	0.62	31.84
		Y - Direction	1.95	2.57	0.62	31.87
3.	LU-45	X - Direction	1.78	2.35	0.57	31.87

		Y - Direction	1.78	2.35	0.57	31.86
4.	AR-45	X - Direction	2.21	2.68	0.46	20.91
		Y - Direction	2.23	2.68	0.45	20.24
5.	PT-70	X - Direction	4.51	5.94	1.43	31.82
		Y - Direction	4.51	5.94	1.43	31.62
6.	RP-PO	X - Direction	20.08	26.63	6.55	32.62
		Y - Direction	20.09	26.63	6.55	32.60
7.	BDR-H	X - Direction	30.33	40.22	9.89	32.62
		Y - Direction	30.34	37.70	7.37	24.28
8.	RK-L1S	X - Direction	7.48	9.85	2.37	31.70
		Y - Direction	7.47	9.85	2.38	31.81
		<b>Rata-rata: X - Direction</b>	<b>8.73</b>	<b>11.37</b>	<b>2.64</b>	<b>30.09</b>

#### B. Bangunan lantai 2

1.	MDR	X - Direction	16.04	17.62	1.57	9.81
		Y - Direction	16.04	17.38	1.34	8.35
2.	PDAM	X - Direction	60.35	56.68	-3.67	-6.08
		Y - Direction	60.36	58.95	-1.41	-2.33
3.	RK-L2PL	X - Direction	4.75	4.82	0.07	1.46
		Y - Direction	4.75	5.70	0.95	20.09
4.	RK-L2BS	X - Direction	25.14	28.65	3.51	13.94
		Y - Direction	25.16	28.34	3.18	12.65
5.	RK-L2SB	X - Direction	72.67	74.99	2.32	3.19
		Y - Direction	51.69	54.87	3.18	6.16
		<b>Rata-rata: X - Direction</b>	<b>33.70</b>	<b>34.80</b>	<b>1.10</b>	<b>6.72</b>

#### C. Bangunan lantai 3

1.	RSN	X - Direction	89.96	100.91	10.96	12.18
		Y - Direction	89.93	93.80	3.88	4.31
2.	RSUD	X - Direction	23.26	30.86	7.60	32.68
		Y - Direction	23.27	26.35	3.08	13.24
		<b>Rata-rata: X - Direction</b>	<b>56.60</b>	<b>62.98</b>	<b>6.38</b>	<b>15.60</b>

Dari tabel 2 diatas diperoleh rata-rata gaya geser dasar untuk bangunan tidak bertingkat zona-1 sebesar 8.73 ton dan zona-2 sebesar 11.37 Ton dengan kenaikan gaya geser zona-1 ke zona-2 sebesar 30.09%. Sedangkang untuk bangunan 2 lantai sebesar 33.70 ton dan 34.80 Ton kenaikan gaya 6.72%. Bangunan tantai 3 sebesar 56.60 Ton dan 62.98 Ton dengan kenaikan gaya geser 15.60%.

**Tabel 3.** Simpangan antar lantai akibat beban gempa zona-1 dan zona-2 pada bangunan

No.	Kode Bangunan	Lantai/ Elevasi	Zona - 1		Zona - 2		$\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket.
			$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)		
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>								
1.	LU-36	Atap	16.30	19.52	23.38	26.26	87.50	Memenuhi
2.	TR-36	Atap	24.25	30.40	32.05	40.13	87.50	Memenuhi
3.	LU-45	Atap	11.41	9.21	17.11	14.86	87.50	Memenuhi
4.	AR-45	Atap	28.98	31.57	38.25	41.68	87.50	Memenuhi
5.	PT-70	Atap	59.80	69.25	74.05	88.38	100.00	Memenuhi
6.	RP-PO	Atap	34.30	47.98	46.01	63.38	100.00	Memenuhi
7.	BDR-H	Atap	30.69	16.07	40.45	21.25	105.00	Memenuhi
8.	RK-L1S	Atap	74.14	4.93	98.16	8.60	91.25	Tidak
<b>B. Bangunan lantai 2</b>								
1.	MDR	Atap	22.16	19.23	29.24	24.75	100.00	Memenuhi
		Lantai -2	15.54	12.81	20.49	16.47	100.00	Memenuhi
2.	PDAM	Atap	32.68	31.70	40.17	39.67	106.25	Memenuhi
		Lantai -2	19.16	18.93	23.54	23.70	100.00	Memenuhi

3.	RK-L2PL	Atap	37.36	17.04	38.99	21.65	87.50	Memenuhi
		Lantai -2	26.39	12.34	27.53	15.67	87.50	Memenuhi
4.	RK-L2BS	Atap	30.95	37.22	35.38	41.35	87.50	Memenuhi
		Lantai -2	18.47	22.60	21.11	25.12	87.50	Memenuhi
5.	RK-L2SB	Atap	43.91	39.26	45.14	41.64	87.50	Memenuhi
		Lantai -2	34.87	31.73	35.84	33.65	87.50	Memenuhi
<b>C. Bangunan lantai 3</b>								
1.	RSN	Atap	6.15	8.33	7.33	10.28	85.00	Memenuhi
		Lantai-2	13.07	15.27	15.48	18.75	87.50	Memenuhi
		Lantai-1	10.28	6.20	12.27	7.71	90.00	Memenuhi
2.	RSUD	Atap	8.06	7.67	11.31	10.14	85.00	Memenuhi
		Lantai-2	3.61	12.25	5.04	16.15	87.50	Memenuhi
		Lantai-1	3.45	11.97	5.00	15.85	90.00	Memenuhi

Tabel 3 diatas pengecekan simpangan antar lantai (*Interstorey drift*) bangunan menunjukkan pada beban gempa Zona-1 seluruhnya memenuhi, sedangkan pada beban gempa zona-2 ada 1 bangunan yang tidak memenuhi persyaratan atau 6,66% total dari keseluruhan bangunan yaitu dengan nilai  $\Delta_x = 98.16 \text{ mm} > \Delta_{ijin} = 91.25 \text{ mm}$

**Tabel 4.** Partisipasi massa struktur beban gempa zona-1 dan zona-2

No.	Kode Bangunan	Partisipasi massa struktur (%)			
		Zona - 1		Zona - 2	
		Arah - x	Arah - y	Arah - x	Arah - y
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>					
1.	LU-36	100.000	100.000	99.486	99.623
2.	TR-36	99.556	99.818	99.556	99.818
3.	LU-45	97.822	99.735	97.822	99.735
4.	AR-45	98.311	97.614	98.311	99.671
5.	PT-70	97.326	99.434	97.326	99.434
6.	RP-PO	99.988	99.641	99.988	99.641
7.	BDR-H	98.509	98.806	98.509	98.806
8.	RK-L1S	99.988	99.641	99.988	99.641
<b>B. Bangunan lantai 2</b>					
1.	MDR	99.000	99.000	99.000	99.000
2.	PDAM	99.900	100.000	99.900	100.000
3.	RK-L2PL	99.749	99.997	99.821	99.749
4.	RK-L2BS	99.990	99.967	99.990	99.967
5.	RK-L2SB	99.993	99.989	99.993	99.989
<b>C. Bangunan lantai 3</b>					
1.	RSN	99.402	98.954	99.402	98.954
2.	RSUD	95.637	94.462	95.637	94.462
<b>Rata-rata</b>		<b>99.011</b>	<b>99.137</b>	<b>98.982</b>	<b>99.233</b>

Selain itu, partisipasi massa struktur pada arah utama gempa telah mencapai lebih dari 90 persen, yang menandakan bahwa jumlah ragam getar yang digunakan dalam analisis telah cukup merepresentasikan perilaku dinamik bangunan.

#### **B. Analisis perubahan gaya-gaya dalam elemen struktur akibat beban gempa**

Perubahan perilaku struktur akibat variasi zona gempa dianalisis dengan membandingkan respons gaya dalam elemen balok dan kolom pada kondisi pembebanan gempa Zona 1 dan Zona 2. Parameter yang ditinjau meliputi gaya aksial, momen lentur, dan gaya geser yang diperoleh dari hasil analisis struktur menggunakan SAP2000. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan zona gempa menyebabkan kenaikan tuntutan gaya dalam yang cukup

signifikan, khususnya pada momen lentur dan gaya geser elemen balok akibat pengaruh beban lateral, sedangkan peningkatan gaya aksial lebih dominan terjadi pada elemen kolom. Perubahan respons ini mengindikasikan bahwa peningkatan tingkat kegempaan berpengaruh langsung terhadap kebutuhan kapasitas elemen struktur Adapun hasil analisisnya dimuat pada tabel berikut:

**Tabel 5.** Axial dan geser pada struktur kolom akibat beban gempa zona-1 dan zona-2

No.	Nama Bangunan	Zona-1			Zona-2			Selisih (%)		
		Axial Ton	Geser-x Ton	Geser-y Ton	Axial Ton	Geser-x Ton	Geser-y Ton	Axial	Geser-x	Geser-y
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>										
1.	LU-36	-1.636	-0.268	-0.157	-1.644	-0.288	-0.163	0.51	7.40	3.56
2.	TR-36	-1.663	0.270	-0.238	-1.698	0.295	-0.264	2.11	9.10	10.76
3.	LU-45	-1.498	-0.115	-0.113	-1.532	-0.139	-0.141	2.22	20.45	24.80
4.	AR-45	-1.353	0.138	-0.159	-1.373	0.145	-0.175	1.48	5.60	9.79
5.	PT-70	-3.734	-0.289	-0.298	-3.763	-0.366	-0.340	0.76	26.63	14.11
6.	RP-PO	-7.570	1.232	1.552	-7.682	1.602	1.938	1.47	30.03	24.88
7.	BDR-H	-	-	-	-	-	-	0.72	6.09	3.56
8.	RK-L1S	-	-	-	-	-	-	2.72	24.41	20.93
	<b>Rata-rata:</b>	<b>7.131</b>	<b>0.811</b>	<b>0.958</b>	<b>7.229</b>	<b>0.936</b>	<b>1.074</b>	<b>1.39</b>	<b>16.21</b>	<b>14.05</b>
<b>B. Bangunan lantai 2</b>										
1.	MDR	-	-	-	-	-	-	0.03	3.73	1.50
2.	PDAM	-	-	-	-	-	-	2.34	8.05	17.04
3.	RK-L2PL	-	-	-	-	-	-	0.16	1.92	8.99
4.	RK-L2BS	-	-	-	-	-	-	1.35	24.96	21.39
5.	RK-L2SB	-	-	-	-	-	-	0.08	1.98	4.10
	<b>Rata-rata:</b>	<b>25.792</b>	<b>1.924</b>	<b>1.590</b>	<b>26.037</b>	<b>2.112</b>	<b>1.784</b>	<b>0.79</b>	<b>8.13</b>	<b>10.60</b>
<b>C. Bangunan lantai 3</b>										
1.	RSN	-	-	-	-	-	-	1.02	0.45	12.05
2.	RSUD	-	-	-	-	-	-	0.23	25.77	6.08
	<b>Rata-rata:</b>	<b>65.875</b>	<b>2.899</b>	<b>5.751</b>	<b>66.301</b>	<b>3.273</b>	<b>6.349</b>	<b>0.63</b>	<b>13.11</b>	<b>9.06</b>

Dari tabel 5 diatas menunjukkan besarnya nilai axial pada struktur kolom pengaruh beban gempa zona-1 untuk bangunan tidak bertingkat rata-rata sebesar 7.131 Ton dan zona-2 sebesar 7.229 Ton terjadi peningkatan gaya axial dari zona-1 ke zona-2 sebesar 1.39%. Untuk gaya geser arah-x sebesar 0.811 Ton dan 0.936 Ton peningkatan 16.21%, gaya geser arah-y sebesar 0.958 Ton dan 1.074 Ton Peningkatan terjadi 14.05%. Sedangkan bangunan lantai-2 gaya axial rata-rata sebesar 25.792 Ton dan 26.037 Ton terjadi peningkatan gaya axial sebesar 0.79%. untuk gaya geser arah-x sebesar 1.924 Ton dan 2.112 Ton peningkatan sebesar 8.13%, arah-y sebesar 1.590 Ton dan 1.784 Ton peningkatan 8.13%. Bangunan lantai-3 gaya axial rata-rata sebesar 65.875 Ton dan 66.301 Ton terjadi peningkatan gaya axial sebesar 0.63%. untuk gaya geser arah-x sebesar 2.899 Ton dan 3.273 Ton peningkatan sebesar 13.11%, arah-y sebesar 5.751 Ton dan 6.349 Ton peningkatan 9.06%

**Tabel 6.** Momen pada struktur kolom akibat beban gempa zona-1 dan zona-2

No.	Kode Bangunan	Zona-1		Zona-2		Selisih (%)	
		Moment-x Ton	Moment-y Ton	Moment-x Ton	Moment-y Ton	Arah-x	Arah-y
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>							
1.	LU-36	-0.35	-0.80	-0.36	-0.87	3.61	7.74
2.	TR-36	0.53	-0.73	0.58	-0.80	10.89	9.57
3.	LU-45	0.27	-0.27	0.33	-0.33	25.33	21.72
4.	AR-45	0.34	-0.29	0.38	-0.31	9.91	5.70
5.	PT-70	-0.53	0.62	-0.68	0.79	29.32	27.30
6.	RP-PO	-3.25	-2.67	-4.06	-3.47	24.86	29.86
7.	BDR-H	-10.55	5.93	-10.83	6.26	2.63	5.51
8.	RK-L1S	-3.10	-2.70	-3.60	-3.42	16.34	26.28
	<b>Rata-rata:</b>	<b>2.365</b>	<b>1.752</b>	<b>2.605</b>	<b>2.029</b>	<b>15.36</b>	<b>16.71</b>
<b>B. Bangunan lantai 2</b>							
1.	MDR	3.09	2.14	3.13	2.18	1.24	1.92
2.	PDAM	3.67	-6.36	4.30	-6.80	17.30	6.88
3.	RK-L2PL	1.61	1.88	1.73	1.89	7.30	0.50
4.	RK-L2BS	2.84	3.32	3.63	4.00	27.98	20.48
5.	RK-L2SB	2.97	-3.38	3.09	-3.44	3.86	1.85
	<b>Rata-rata:</b>	<b>2.837</b>	<b>3.415</b>	<b>3.176</b>	<b>3.661</b>	<b>11.54</b>	<b>6.33</b>
<b>C. Bangunan lantai 3</b>							
1.	RSN	27.02	-3.60	30.17	-3.98	11.68	10.61
2.	RSUD	2.53	-2.40	2.84	-2.63	12.44	9.61
	<b>Rata-rata:</b>	<b>14.775</b>	<b>2.999</b>	<b>16.509</b>	<b>3.305</b>	<b>12.06</b>	<b>10.11</b>

Dari tabel 6 diatas menunjukkan besarnya nilai Moment pada struktur kolom pengaruh beban gempa zona-1 bangunan tidak bertingkat rata-rata arah-x sebesar 2.365 Ton dan zona-2 sebesar 2.605 Ton terjadi peningkatan gaya moment dari zona-1 ke zona-2 sebesar 15.36%. arah-y sebesar 1.752 Ton dan 2.029 Ton peningkatan 16.71%. Sedangkan bangunan lantai-2 gaya moment arah-x 2.837 Ton dan 3.176 Ton terjadi peningkatan sebesar 11.54%, arah-y sebesar 3.415 Ton dan 3.661 Ton peningkatan sebesar 6.33%, Bangunan lantai-3 gaya moment Arah-x sebesar 14.775 Ton dan 16.509 Ton terjadi peningkatan sebesar 12.06%. untuk arah-y sebesar 2.999 Ton dan 3.305 Ton peningkatan sebesar 10.11%.

**Tabel 7.** Geser dan Momen pada struktur balok akibat beban gempa zona-1 dan zona-2

No.	Kode Bangunan	Zona-1		Zona-2		Selisih (%)	
		Geser Ton	Moment Ton	Geser Ton	Moment Ton	Geser	Moment
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>							
1.	LU-36	-0.264	-0.198	-0.273	-0.205	3.41	3.50
2.	TR-36	-0.346	-0.293	-0.380	-0.323	9.98	10.42
3.	LU-45	-0.194	-0.141	-0.220	-0.157	13.23	11.50
4.	AR-45	-0.250	-0.210	-0.269	-0.230	7.85	9.72
5.	PT-70	-1.610	-0.942	-1.618	-0.957	0.49	1.60
6.	RP-PO	-3.735	-2.630	-3.885	-2.856	4.01	8.60
7.	BDR-H	-3.881	-4.889	-3.979	-5.152	2.53	5.37
8.	RK-L1S	-4.737	-5.478	-4.946	-6.008	4.39	9.68
	<b>Rata-rata:</b>	<b>-1.877</b>	<b>-2.083</b>	<b>-1.946</b>	<b>-1.986</b>	<b>5.74</b>	<b>7.55</b>
<b>B. Bangunan lantai 2</b>							
1.	MDR	-6.219	-10.567	-6.229	-10.592	0.16	0.24

2.	PDAM	-7.272	-7.745	-7.426	-7.807	2.11	0.79
3.	RK-L2PL	-3.436	-2.246	-3.456	-2.255	0.58	0.40
4.	RK-L2BS	-11.527	-10.728	-11.992	-11.289	4.03	5.23
5.	RK-L2SB	-7.040	-6.528	-7.058	-6.573	0.26	0.68
<b>Rata-rata:</b>		<b>-7.099</b>	<b>-7.563</b>	<b>-7.232</b>	<b>-7.703</b>	<b>1.43</b>	<b>1.47</b>
<b>C. Bangunan lantai 3</b>							
1.	RSN	-11.667	-12.277	-12.004	-12.534	2.89	2.09
2.	RSUD	-2.367	-2.358	-2.502	-2.572	5.73	9.06
<b>Rata-rata:</b>		<b>-7.017</b>	<b>-7.318</b>	<b>-7.253</b>	<b>-7.553</b>	<b>4.31</b>	<b>5.58</b>

Dari tabel 7 diatas menunjukkan besarnya nilai Geser pada struktur balok pengaruh beban gempa zona-1 untuk bangunan tidak bertingkat rata-rata sebesar 1.877 Ton dan zona-2 sebesar 1.946 Ton terjadi peningkatan gaya dari zona-1 ke zona-2 sebesar 5.74%. Sedangkan untuk Gaya Moment sebesar 2.083 Ton dan 1.986 Ton peningkatan 7.55%. Bangunan lantai-2 gaya Geser 7.099 Ton dan 7.232 Ton terjadi peningkatan sebesar 1.43%, Gaya Moment sebesar 7.563 Ton dan 7.703 Ton peningkatan sebesar 1.47%, Bangunan lantai-3 gaya Geser 7.017 dan 7.253 Ton terjadi peningkatan sebesar 4.31.06%. Gaya Momen sebesar 7.318 Ton dan 7.553 Ton peningkatan sebesar 5.58%.

### C. Performa stabilitas elemen struktur

Untuk performa stabilitas elemen struktur yaitu mengecek rasio stabilitas kolom dan balok, elemen struktur dievaluasi untuk menilai kecukupan kapasitasnya dalam menahan beban gempa rencana. Pada kolom, rasio stabilitas ditentukan dari perbandingan gaya aksial terfaktor terhadap kapasitas aksial nominal ( $P_u/\phi P_n$ ), sedangkan pada balok ditinjau melalui perbandingan momen lentur dan gaya geser terfaktor terhadap kapasitas elemen masing-masing ( $M_u/\phi M_n$  dan  $V_u/\phi V_n$ ). Pengecekan dilakukan pada elemen struktur yang paling kritis dari tiap bangunannya selanjut hasilnya disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 8.** *Capacity ratio* kapasitas nominal vs ultimate struktur kolom terhadap beban gempa

No.	Kode Bangunan	Ratio kapasitas Nominal/Ultime		Selisih (%)	Ket. $P_u/P_n < 1$
		Zona - 1	Zona - 2		
<b>A. Bangunan tidak bertingkat</b>					
1.	LU-36	0.54	0.54	0.30	Aman
2.	TR-36	0.65	0.71	9.71	Aman
3.	LU-45	0.48	0.55	13.60	Aman
4.	AR-45	0.68	0.72	5.77	Aman
5.	PT-70	1.16	1.27	9.70	Tidak Aman
6.	RP-PO	1.25	1.31	4.91	Tidak Aman
7.	BDR-H	1.04	1.07	2.76	Tidak Aman
8.	RK-L1S	0.36	0.43	18.12	Aman
<b>Rata-rata:</b>		<b>0.77</b>	<b>0.83</b>	<b>8.11</b>	
<b>B. Bangunan lantai 2</b>					
1.	MDR	0.50	0.51	1.32	Aman
2.	PDAM	0.88	0.96	9.28	Aman
3.	RK-L2PL	0.68	0.69	1.79	Aman
4.	RK-L2BS	0.82	0.91	11.60	Aman
5.	RK-L2SB	0.68	0.70	2.51	Aman
<b>Rata-rata:</b>		<b>0.71</b>	<b>0.75</b>	<b>5.30</b>	
<b>C. Bangunan lantai 3</b>					
1.	RSN	0.61	0.64	5.71	Aman
2.	RSUD	0.33	0.39	18.38	Aman
<b>Rata-rata:</b>		<b>0.47</b>	<b>0.52</b>	<b>12.05</b>	

Tabel 8 diatas menunjukkan nilai ratio kapasitas nominal vs ultimate elemen struktur kolom akibat beban gempa pada zona-1 dan zona-2 untuk bangunan tidak bertingkat rata-rata sebesar 0.77 dan 0.83 terjadi peningkatan dari zona-1 ke zona-2 sebesar 8.11%. sedangkan untuk

bangunan lantai-2 adalah 0.71 dan 0.75 terjadi peningkatan dari zona-1 ke zona-2 sebesar 5.30%, bangunan lantai-3 adalah sebesar 0.47 dan 0.52 terjadi peningkatan dari zona-1 ke zona-2 sebesar 12.05%. Sedangkan untuk jumlah bangunan yang tidak memenuhi standart keamanan ada 3 buah bangunan atau 20% dari seluruh total bangunan yang di uji.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi performa struktur bangunan eksisting terhadap beban gempa Zona 1 dan Zona 2, dapat disimpulkan bahwa:

1. Analisis pengecekan performa bangunan sudah mengacu pada analisis standart bangunan tahan gempa sesuai SNI 1726:2019 diantaranya Gaya geser dasar total dinamik harus lebih besar dari 85% gaya geser total statik. Pengecekan simpangan antar lantai (*Interstorey drift*) bangunan menunjukkan pada beban gempa Zona-1 seluruh bangunan memenuhi standart, namun pada beban gempa zona-2 ada 1 buah bangunan yang tidak memenuhi atau 6,66% total dari keseluruhan bangunan yang di uji. Partisipasi massa struktur pada arah utama gempa sudah lebih dari 90 persen menandakan bahwa jumlah ragam getar yang digunakan dalam analisis telah cukup merepresentasikan perilaku dinamik bangunan.
2. Gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur kolom akibat perbedaan beban gempa dari zona-1 ke zona-2 semua bangunan yang diuji kenaikan gaya axial relative kecil yaitu 0.93%, sedangkan untuk gaya geser dan moment cukup signifikan yaitu geser arah-x sebesar 12.48% dan arah-y 11.24%, gaya moment arah-x 12.98% dan arah-y sebesar 11.09%. sedangkan pada struktur balok gaya geser sebesar 3.82% dan gaya momen 4.87%.
3. Evaluasi performa bangunan menunjukkan nilai ratio kapasitas nominal vs ultimate elemen struktur akibat beban gempa untuk semua bangunan untuk pada zona-1 rata-rata sebesar 0.65 dan Zona-2 sebesar 0.70 terjadi peningkatan 8.49%. Sedangkan untuk jumlah bangunan yang tidak aman ada 3 buah bangunan atau 20% dari total semua bangunan yang di uji.

## Daftar pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019—Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019—Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Ekatama, Y., Nur, K. S., & Gani, M. (2023). Analisis Gaya Geser Dasar dan Simpangan Struktur Gedung Utama Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Berdasarkan SNI. *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*, 9(1), 45-58.
- Handayani, N., Atmajaya, P., & Silaban, R. S. (2025). Evaluasi Desain Struktur Gedung Pengadilan Agama Sendawar Terhadap Beban Gempa. *AGREGAT*, 10(1), 1326-1331.
- Irsyam, M., Cummins, P. R., Asrurifak, M., Faizal, L., Natawidjaja, D. H., Widiyantoro, S., ... & Syahbana, A. J. (2020). Development of the 2017 national seismic hazard maps of Indonesia. *Earthquake Spectra*, 36(1\_suppl), 112-136.
- Morib, M. A., Telaumbanua, H. Y., & Gulo, F. (2024). Pengaruh Peningkatan Percepatan Gempa Periode Pendek (SS) Terhadap Struktur Bertingkat di Daerah Istimewa Yogyakarta. *JURNAL TEKNIK SIPIL UKRIM*, 1(1), 8-17.
- Nugroho, N. S. (2022). *Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Bertingkat Berdasarkan Respon Spektrum Percepatan Gempa SNI 03-1726-2019* (Doctoral dissertation, IPB University).
- Rahayu, T., Nasution, Z., Roesyanto, & Karnawati, D. (2022). Regional zonation based on seismic vulnerability using local site effect analysis and potential damage to the city of Medan (North Sumatra, Indonesia) due to earthquake. *Geoenvironmental Disasters*, 9(1), 26.
- Yuviano, A. S. Y., Sarasanty, D., & Asmorowati, E. T. (2025). ANALISA RESPON SPEKTRUM TERHADAP STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH MENGGUNAKAN SAP200. *Elemen: Jurnal Teknik Sipil*, 7(1).