

EVALUASI KINERJA SEISMIC STRUKTUR BAJA DENGAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*

(Studi Kasus Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Siliwangi Kota Tasikmalaya)

Andani Raudah Siti Salma¹, Yanti Defiana², Uu Saepudin³

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

Email : andaniraudahsitisalma@gmail.com, yanti.defiana@gmail.com, uusaepudin20@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is located in a high seismic activity region, which poses significant risks of structural damage and casualties. One of the important educational facilities is the Faculty of Teacher Training and Education (FKIP) building at Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, which is constructed using a steel structural system. This study aims to evaluate the seismic performance of the building based on FEMA 356 guidelines through pushover analysis using SAP2000 v22.2.0 software. The analysis focuses on target displacement, plastic hinge distribution, and structural performance levels categorized as Immediate Occupancy (IO), Life Safety (LS), and Collapse Prevention (CP). The results indicate that the building achieved the IO performance level in both directions. The maximum base shear reached 12228.46 kN in the X-direction and 7435.65 kN in the Y-direction, with maximum displacements of 268.66 mm and 269.50 mm, respectively. Plastic hinges were mainly formed in beam elements but remained within the Immediate Occupancy (IO) limit without triggering structural failure. Therefore, the FKIP building meets the seismic safety criteria in accordance with FEMA 356 and is considered adequate to function as an educational facility.

Keywords : Earthquake, Pushover Analysis, Structural Performance, FEMA 356

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi karena terletak di pertemuan beberapa lempeng tektonik besar, yaitu Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Filipina. Interaksi antar lempeng ini sering memicu terjadinya gempa bumi dengan intensitas bervariasi di berbagai wilayah.

Gempa bumi yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng bumi merupakan penyebab terbesar dari gempa yang akan menimbulkan kerusakan pada struktur gedung. Gempa bumi yang terjadi di Indonesia sering kali memakan korban jiwa. Namun, dapat dipastikan bahwa penyebab adanya korban jiwa bukan diakibatkan secara langsung oleh gempa, tetapi diakibatkan oleh rusaknya bangunan yang menyebabkan keruntuhan pada bangunan tersebut.

Kota Tasikmalaya sebagai salah satu kota besar di Provinsi Jawa Barat memiliki peran penting sebagai kota pelajar, pusat pendidikan, budaya, dan pariwisata. Dengan aktivitas masyarakat yang dinamis dan

meningkatnya kebutuhan akan infrastruktur pendidikan yang memadai, keberadaan bangunan gedung yang aman dan tangguh terhadap gempa sangat penting. Salah satunya adalah Gedung FKIP Universitas Siliwangi, yang merupakan fasilitas pendidikan dengan intensitas aktivitas yang tinggi.

Gedung FKIP Universitas Siliwangi ini terdiri dari tiga lantai dan menggunakan material struktur baja, yang dikenal memiliki kekuatan tinggi, ketahanan deformasi yang baik, dan kemudahan dalam fabrikasi serta konstruksi. Namun demikian, penggunaan struktur baja tidak menjamin bahwa bangunan secara otomatis tahan gempa jika tidak dirancang atau dievaluasi dengan standar yang sesuai.

Permasalahan yang terjadi pada Gedung FKIP Universitas Siliwangi adalah belum dilakukannya kajian kinerja struktur secara menyeluruh sesuai pedoman FEMA 356. Pedoman tersebut memberikan acuan teknis dan kriteria kinerja bangunan pasca-gempa berdasarkan tingkat kerusakan, seperti *Immediate Occupancy* (IO), *Life Safety* (LS), dan *Collapse Prevention* (CP). Kondisi ini

dapat menimbulkan berbagai dampak serius seperti keselamatan penghuni, kelangsungan fungsi bangunan, serta perencanaan mitigasi risiko gempa secara efektif.

Berdasarkan masalah di atas, perlu dilakukan evaluasi kinerja seismik struktur Gedung FKIP Universitas Siliwangi melalui metode *pushover analysis* terhadap beban lateral atau beban gempa yang dilihat dari beberapa nilai parameter seismik dengan menggunakan *software* SAP2000 v22.2.0.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Yunira Sadila (Universitas Sriwijaya, 2024) yang berjudul "Analisa Kekuatan Balok dan Kolom Profil Baja Menggunakan Metode Analisis *Pushover*". Penelitian ini memperoleh hasil yaitu menunjukkan bahwa bangunan intake berstruktur baja yang dianalisis menggunakan perangkat lunak SAP 2000 mampu mencapai tingkat kinerja *Immediate Occupancy (IO)* dan *Life Safety (LS)* berdasarkan pedoman FEMA 356. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur masih dapat dihuni segera setelah gempa (IO), serta memberikan perlindungan terhadap jiwa penghuni dengan mencegah keruntuhan struktural (LS). Selain itu, nilai *drift* aktual yang diperoleh dari analisis berada di bawah 1%, menandakan bahwa deformasi lateral struktur tergolong rendah dan masih berada dalam batas aman sesuai standar. Secara keseluruhan, struktur bangunan dianggap memenuhi syarat keamanan terhadap beban gempa dan tidak memerlukan perkuatan tambahan. struktur masih dapat dihuni segera setelah gempa (IO), serta memberikan perlindungan terhadap jiwa penghuni dengan mencegah keruntuhan struktural (LS). Selain itu, nilai *drift* aktual yang diperoleh dari analisis berada di bawah 1%, menandakan bahwa deformasi lateral struktur tergolong rendah dan masih berada dalam batas aman sesuai standar. Secara keseluruhan, struktur bangunan dianggap memenuhi syarat keamanan terhadap beban gempa dan tidak memerlukan perkuatan tambahan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret s.d. Juli 2025 dengan mengambil objek penelitian yaitu Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu

Pendidikan (FKIP) Universitas Siliwangi yang berlokasi di Kota Tasikmalaya, Jawa Barat.

Penelitian ini merupakan studi deskriptif evaluatif yang memanfaatkan data sekunder sebagai sumber utama. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi Gambar Rencana Struktur atau *Detail Engineering Design (DED)* yang diperoleh dari Kontraktor Pelaksana, yaitu PT. Nenci Citra Pratama.

Dengan tahapan analisis yang akan dilakukan yaitu pembuatan model struktur menggunakan SAP2000 v22.2.0 berdasarkan DED Gedung FKIP Universitas Siliwangi (1), pendefinisian beban gravitasi (2), analisis respon spektrum berdasarkan data gempa wilayah Tasikmalaya dari Kementerian PUPR (3), pemberian sendi plastis pada elemen struktur sesuai pedoman FEMA 356 (4), pelaksanaan *pushover analysis* dengan pembebanan lateral bertahap hingga struktur mencapai kapasitas maksimum (5), pengolahan kurva kapasitas menjadi *capacity spectrum* (6), penentuan *performance point* dengan metode *Capacity Spectrum Method* (7), evaluasi kinerja struktur berdasarkan kriteria FEMA 356: *Immediate Occupancy (IO)*, *Safety (LS)*, dan *Collapse Prevention (CP)* (8).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Struktur Bangunan

1. Informasi Bangunan

Nama Bangunan	Gedung FKIP
	: Universitas
	Siliwangi
Lokasi	Jl. Siliwangi No 24
	: Kota Tasikmalaya
Fungsi Bangunan	Fasilitas
	: Pendidikan
Panjang Bangunan	: 44 m
Lebar Bangunan	: 24,7 m
Jumlah Tingkat	: 3 Lantai, lantai dak
	: dan atap
Tinggi Lantai	: 4 m, 4 m, 3,95 m,
	: 1,5 m, 2,652 m
Tinggi Total	: 16,102 m
Bangunan	

2. Data Material

a. Beton K-300 atau $f_c = 24,9$ Mpa

Spesifikasi material beton yaitu sebagai berikut :

- Kuat tekan beton (f_c') = 24,9 Mpa
- Berat jenis = 2400 Kg/m^3
- Modulus elastisitas
= $4700\sqrt{f_c}$ Mpa
= 23452,95 Mpa

b. BJ 41

Spesifikasi baja tulangan polos yaitu sebagai berikut :

- Berat Jenis = 7850 Mpa
- Modulus Elastisitas Baja = 200000 Mpa
- Kuat Leleh (f_y) = 250 Mpa
- Kuat Tarik (f_u) = 410 Mpa

c. BJTS 39

Spesifikasi BJTS 39 yaitu sebagai berikut :

- Berat Jenis = 7850 Mpa
- Modulus elastisitas Baja = 200000 Mpa
- Kuat Leleh (f_y) = 400 Mpa
- Kuat Tarik (f_u) = 540 Mpa

d. ColdFormed

Spesifikasi ColdFormed yaitu sebagai berikut :

- Berat Jenis = 7850 Mpa
- Modulus elastisitas Baja = 200000 Mpa
- Kuat Leleh (f_y) = 550 Mpa
- Kuat Tarik (f_u) = 600 Mpa

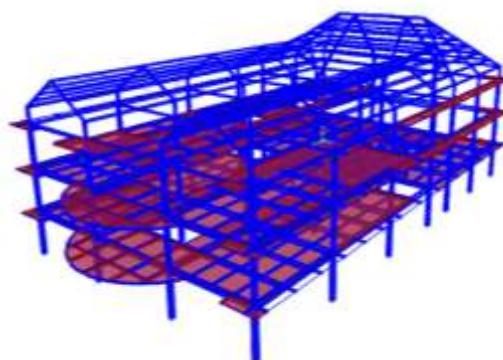
Tabel 2 Dimensi Struktur Atap

No	Elemen Struktur	Dimensi
1	Kuda-kuda	K1 (WF-300x150x6,5x9) K2 (WF-200x100x5,5x8)
2	Gording	CNP-200x75x20x4
3	Jure	B6 (WF-300x150x6,5x9) B8 (WF-200x100x5,5x8)
4	Balok talang	B8 (WF-200x100x5,5x8)
5	Ikatan Angin	Ø 12 mm
6	Tersktang Begel	Ø 12 mm

Sumber : Hasil Penelitian (2025)

3.2. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan software SAP2000 v22 dengan menggambar semua elemen kolom, balok, plat dan atap sesuai dengan Gambar DED dan spesifikasi material.



Gambar 1 Perspektif Gedung FKIP Universitas Siliwangi
(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

3. Dimensi Elemen Struktur

Tabel 1 Dimensi Struktur Kolom, Balok dan Plat Lantai

No	Elemen Struktur	Dimensi
1	Kolom	C8 (HB-350x350x12x19) C9 (HB-300x300x10x15) C10 (HB-250x125x6x9) B2 (WF-600x200x11x17) B3 (WF-500x200x10x16)
2	Balok	B4 (WF-400x200x8x13) B7 (WF-250x125x6x9) B8 (WF-200x100x5,5x8) B9 (WF-150x75x5x7)
7	Plat Lantai	t = 12 cm

Sumber : Hasil Penelitian (2025)

3.3. Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur meliputi perhitungan beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban hujan, beban angin berdasarkan SNI 1727-2020 dan PPUIG 1987, pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2019. Perhitungan pembebanan dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 3 Pembebanan Pada Lantai 2

Lantai 2					
a. Beban Mati Tambahan					
- Pelat Lantai					
Berat granit 1 cm	=	0,01	x	27	= 0,27 kN/m ²
Berat pasir 5 cm	=	0,05	x	16	= 0,76 kN/m ²
Berat spesi 3 cm	=	0,02	x	22	= 0,44 kN/m ²
Berat instalasi ME	=	0,25			= 0,25 kN/m ²
Berat <i>Plafond</i>	=	0,2			= 0,2 kN/m ²
Berat bata ringan	=	0,9	x	3,4	= 3,06 kN/m ²
Total beban mati pada plat lantai					= 5,2 kN/m ²
Pada Lisplang					
Volume	=	0,08	x	0,8	= 0,06 m ²
Total beban mati	=	0,064		24	= 1,53 kN/m ²
- Tangga					
Berat mati anak tangga					
Berat spesi dan tegel x 12 anak tangga					= 0,71 kN/m ²
					5
Berat trap beton					= 0,34 kN/m ²
Berat <i>railling</i>					= 0,1 kN/m ²
Total beban mati pada tangga					= 1,15 kN/m ²
					5
Berat mati bordes					
Berat spesi dan tegel x 12 anak tangga					= 0,71 kN/m ²
					5
Berat mati trap beton					= 0,34 kN/m ²
Total beban mati pada bordes					= 1,05 kN/m ²
b. Beban Hidup					= 5 kN/m ²

(Sumber : Data Penelitian, 2025)

Tabel 4 Pembebanan Pada Lantai 3

Lantai 3					
a. Beban Mati Tambahan					
- Pelat Lantai					
Berat granit 1 cm	=	0,01	x	27	= 0,27 kN/m ²
Berat pasir 5 cm	=	0,05	x	16	= 0,76 kN/m ²
Berat spesi 3 cm	=	0,02	x	22	= 0,44 kN/m ²
Berat instalasi ME	=	0,25			= 0,25 kN/m ²
Berat <i>Plafond</i>	=	0,2			= 0,2 kN/m ²
Berat bata ringan	=	0,9	x	3,4	= 3,06 kN/m ²
Total beban mati pada plat lantai					= 5,2 kN/m ²
Pada Lisplang					
Volume	=	0,08	x	0,8	= 0,06 m ²
Total beban mati	=	0,064		24	= 1,53 kN/m ²
- Tangga					
Berat mati anak tangga					
Berat spesi dan tegel x 12 anak tangga					= 0,715 kN/m ²
Berat trap beton					= 0,34 kN/m ²
Berat <i>railling</i>					= 0,1 kN/m ²
Total beban mati pada tangga					= 1,155 kN/m ²
Berat mati bordes					
Berat spesi dan tegel x 12 anak tangga					= 0,715 kN/m ²
Berat mati trap beton					= 0,34 kN/m ²
Total beban mati pada bordes					= 1,05 kN/m ²
b. Beban Hidup					= 5 kN/m ²

(Sumber : Data Penelitian, 2025)

Tabel 5 Pembebanan Pada Dak

Lantai Dak					
a. Beban Mati Tambahan					
- Pelat Plat					
Berat <i>Solartuff</i> 16x4,7	=	0,012	x	75,2	= 0,90 kN/m ²
Berat Instalasi ME	=	0,25			= 0,25 kN/m ²
Berat <i>Plafond</i>	=	0,2			= 0,2 kN/m ²
Berat bata ringan	=	0,9	x	1,35	= 1,21 kN/m ²
Total beban mati pada balok					= 2,4 kN/m ²
Pada Lisplang					
Volume	=	0,08	x	0,8	= 0,06 m ²
Total beban mati	=	0,06		24	= 1,53 kN/m ²
		4			
- Dak					
<i>Water Torn.</i> max 3 x 2 m ³					
Volume	=	6	m		
Berat Air	=	6	x	1000	= 6000 kg
	=	6000	x	9,81	= 58,9 kN/m ²
Berat Kosong 150 kg	=	150	x	9,81	= 1,47 kN/m ²

Total Beban	=	58,9	+	1,47	=	60,4	kN/m ²
	=	60,4	÷	6	=	10,0	kN/m ²
b. Beban Hidup						5	kN/m ²

(Sumber : Data Penelitian, 2025)

Tabel 6 Pembebanan Pada Atap

Atap			
a. Jenis Atap	=	Perisai	
b. Beban Mati			
Berat penutup atap	=	0,06	kN/m ²
Beban <i>plafond</i> + rangka	=	0,18	kN/m ²
Total Beban	=	0,24	kN/m ²
c. Beban Hidup			
Berat beban hidup atap	=	1,33	kN/m ²
d. Beban Hujan			
Kemiringan Atap	=	30 ⁰	
Berat hujan	=	40 – 0,8 x 30 ⁰	kg/m ²
	=	16	kg/m ²
	=	0,177	kN/m ²
e. Beban Angin			
Kecepatan Angin (v)	=	40	kN/m ²
<i>Exposure</i>	=	B	
Faktor Pengaruh Tiupan Angin, G	=	0,85	kN/m ²
Faktor arah angin, Kd	=	0,85	kN/m ²
Faktor Topografi, Kzt	=	1	kN/m ²
Koefisien Tekanan, Cp	:		
Angin arah X pada beban Atap			
• Sisi angin datang	=	0,2	
• Sisi angin pergi	=	-0,6	
Angin arah Y pada beban Atap			
• Sisi angin datang	=	3	
• Sisi angin pergi	=	-0,6	
f. Beban <i>Live Roof</i>			
Berat Total	=	0,96	kN

(Sumber : Data Penelitian, 2025)

Tabel 7 Rekapitulasi Beban Struktur Atap

Beban					
Mati	Mati Tambahan	Hidup	Angin	Hujan	Total
kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
1,055	212,6	22,303	15,268	56,173	1361,34

(Sumber : Data Penelitian, 2025)

Semua beban hasil dari analisis struktur atap, kemudian didistribusikan ke kolom dan balok yang menopang struktur atap.

3.4. Berat Seismik Efektif Struktur

Berat struktur dihitung berdasarkan beban mati dan beban mati tambahan yang bekerja pada struktur.

Tabel 8 Tabel Berat Seismik Efektif Struktur Gedung FKIP Universitas Siliwangi

Lantai	Beban Mati	Beban Mati Tambahan	Beban Total
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Atap	1,055	212.6	1,267
Dak	978.9	181.36	1,160
3	3,277.9	399.28	3,677
2	3,703.8	428.28	4,132
Total berat bangunan			10,237

(Sumber : Data Penelitian, 2025)

3.5. Analisis Pembebanan

1. Jumlah Ragam atau Partisipasi Masa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1	0.0000	0.0000
MODAL	2	0.0000	0.6200
MODAL	3	0.0000	0.6200
MODAL	4	0.0000	0.6800
MODAL	5	0.6900	0.6800
MODAL	6	0.6900	0.8600
MODAL	7	0.6900	0.8600
MODAL	8	0.6900	0.8600
MODAL	9	0.6900	0.8600
MODAL	10	0.6900	0.8600
MODAL	11	0.6900	0.8600
MODAL	12	0.6900	0.8600
MODAL	13	0.6900	0.8600
MODAL	14	0.6900	0.8600
MODAL	15	0.6900	0.8600
MODAL	16	0.6900	0.9000
MODAL	17	0.6900	0.9000
MODAL	18	0.6900	0.9000
MODAL	19	0.6900	0.9000
MODAL	20	0.6900	0.9000
MODAL	21	0.6900	0.9000
MODAL	22	0.9100	0.9000
MODAL	23	0.7411	0.9076
MODAL	24	0.7411	0.9076
MODAL	25	0.7411	0.9078
MODAL	26	0.7425	0.9078
MODAL	27	0.8679	0.9078
MODAL	28	0.9157	0.9078

MODAL	29	0.9157	0.9698
MODAL	30	0.9159	0.9709

Sumber : SAP2000 v.22.2.0.(2025)

Berdasarkan hasil analisis pada pemodelan ini menunjukkan bahwa jumlah ragam yang diambil telah mencakup lebih dari 90% partisipasi massa dalam arah x dan y. Dengan demikian, pemodelan dinamik yang dilakukan dapat dikatakan telah memenuhi syarat keandalan dalam menggambarkan perilaku getar struktur.

2. Perbandingan Gaya Geser Statis dan Dinamik

Tabel 10 Base Reactions

<i>TABLE: Base Reactions</i>			
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	KN	KN
EQ SX	LinStatic	-	0.171
EQ SY	LinStatic	-0.07	-1299.73
EQ DX	LinRespSpec	1334.12	3.687
EQ DY	LinRespSpec	3.694	1334.336

Sumber : SAP2000 v.22.2.0.(2025)

Dari hasil tersebut terlihat bahwa gaya geser hasil analisis statik lebih kecil dibandingkan dengan analisis dinamik. Perbandingan antara keduanya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Tabel 9 Perhitungan Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis

Base Shear	Dinamik (VD) Geser Dasar	Statik (VS) Geser Dasar	Faktor skala	Cek
Arah x	1815.53	1815.53	1.0	OK
Arah y	1389.81	1389.79	0.99	OK

Sumber : Hasil Penelitian (2025)

Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya geser dinamik mencapai 100% dan 99 % dari gaya statik, sehingga memenuhi syarat minimum 85% sesuai SNI 1726:2019. Hal ini mengindikasikan bahwa model dinamik yang digunakan telah mewakili respons struktur terhadap gempa, baik dari segi partisipasi massa maupun distribusi gaya inersia antar lantai.

3. Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Tabel 11 *Joint Displacement* hasil *Running SAP 2000*

TABLE: Joint Displacement			
Joint	Output	U1	U2
Text	Text	mm	mm
1	EQDX	35.5019	0.1314
1	EQDY	10.3067	44.4367
2	EQDX	29.7818	0.1386
2	EQDY	14.0692	35.0893
3	EQDX	16.4938	0.0680
3	EQDY	8.6936	18.2603
4	EQDX	6.8408	0.0299
4	EQDY	3.8056	7.3301
5	EQDX	0.0000	0.0000
5	EQDY	0.0000	0.0000

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

Dari tabel di atas, nilai simpangan antar lantai dapat dihitung menggunakan persamaan yang menghubungkan perpindahan tiap lantai dengan tinggi lantai, sehingga diperoleh nilai *elastic drift*, *inelastic drift*, dan dibandingkan dengan batas *drift limit*. Adapun untuk perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

a. *Elastic Drift*

$$\delta_{ex} = \delta_{x2} - \delta_{x1}$$

$$\delta_{ey} = \delta_{y2} - \delta_{y1}$$

b. *Inelastic Drift*

$$\Delta x = \frac{\delta_{x.I}}{cd}$$

$$\Delta y = \frac{\delta_{y.I}}{cd}$$

c. *Drift Limit*

$$Drift\ Limit = \frac{0.010}{p \cdot h}$$

d. *Drift Ratio*

$$Drift\ Ratio = \frac{\delta}{h} \times 100$$

Keterangan :

δ = Displacement

I = kategori Resiko (1,5)

p = Redunsasi Faktor (1.3)

h = Ketinggian

cd = Deflection Amplification Factor (5.5)

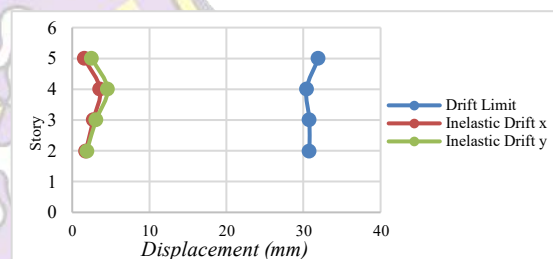
Drift Limit = Batas maksimum simpangan antar lantai relatif terhadap tinggi lantai

Drift Ratio = Perbandingan antara simpangan antar lantai (*interstory drift*) dengan tinggi lantai yang bersangkutan.

Tabel 12 Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Story	Height t mm	Inelastic Drift		Drift Limit (mm)	Cek
		Δx mm	Δy mm		
Atap	4152	1.56	2.54	31.93	OK
Dak	3950	3.62	4.58	30.38	OK
3	4000	2.63	2.98	30.76	OK
2	4000	1.86	1.99	30.76	OK

Sumber : Hasil Penelitian (2025)



Gambar 2. Kurva Simpangan Antar Lantai

Sumber : Hasil Penelitian (2025)

Berdasarkan kurva simpangan antar lantai di atas, terlihat bahwa nilai *inelastic drift* baik pada arah X maupun Y masih berada di bawah *drift limit* yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi pada struktur masih dalam batas aman sesuai ketentuan standar. Dengan demikian, struktur mampu menahan simpangan akibat beban gempa tanpa menimbulkan kerusakan berlebihan pada elemen struktural maupun non-struktural. Kondisi ini menegaskan bahwa kinerja gedung dinyatakan aman dan layak terhadap pengaruh beban gempa.

Tabel 13 *Drift Ratio* Simpangan Antar Lantai

Story	Height (mm)	Displacement		Drift Ratio		Cek
		δ_x (mm)	δ_y (mm)	δ_x %	δ_y %	
ATAP	4152	35.50	44.44	0.85	1.07	OK
DAK	3950	29.78	35.09	0.75	0.8	OK
3	4000	16.49	18.26	0.41	0.45	OK
2	4000	6.84	7.33	0.16	0.17	OK

Sumber : Hasil Penelitian (2025)

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan SAP 2000, nilai *drift ratio* pada semua lantai berada di bawah batas maksimum 2,5% yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019. Hal ini menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan dan kestabilan yang memadai untuk menahan deformasi lateral gempa tanpa risiko kerusakan berlebihan pada elemen struktural maupun non-struktural.

3.6. Analisis Statik Non Linier Pushover

Analisis statik nonlinier memerlukan titik acuan sebagai kontrol perpindahan, yang ditetapkan pada kolom terdekat dengan pusat massa lantai teratas, yaitu joint 970 pada Gedung FKIP Universitas Siliwangi. Berdasarkan SNI 1726:2019, batas perpindahan maksimum adalah 0,02 kali tinggi total bangunan. Dengan ketinggian 16,102 m dari hasil pemodelan SAP2000, diperoleh target perpindahan kontrol sebesar 0,322 m (322 mm).

3.7. Pendefinisian Beban Non Linear

Pendefinisian beban nonlinear pada analisis pushover dimulai dengan menentukan *Gravity Nonlinear Case* melalui menu *Define* → *Load Cases*. Pada tahap ini, struktur terlebih dahulu dibebani oleh beban gravitasi dalam kondisi nonlinear, yaitu berupa beban mati dan beban mati tambahan. Untuk pembebanan gravitasi digunakan metode kontrol beban (*Full Load*) dengan kontrol perpindahan U3 yang menunjukkan arah gravitasi ke bawah. Hasil analisis disimpan dengan pengaturan *multi-step*, yaitu minimum 10 langkah dan maksimum 100 langkah, sedangkan parameter nonlinear menggunakan pengaturan bawaan dari SAP2000. Setelah itu, struktur diberikan beban lateral dorong yang berasal dari

distribusi gaya geser, yang didistribusikan ke titik pusat massa tiap lantai melalui penggunaan diafragma. Pada analisis pushover arah X, digunakan beban statis E_x yang bekerja pada arah X, sedangkan pada pushover arah Y digunakan beban statis E_y yang bekerja pada arah Y. Sama seperti pada beban gravitasi, beban lateral ini juga dianalisis dalam kondisi nonlinear untuk mencerminkan perilaku struktur sebenarnya. Metode penerapan beban yang digunakan adalah *Displacement Control*, dengan kontrol perpindahan pada arah X menggunakan parameter U1 dan pada arah Y menggunakan parameter U2. Hasil analisis juga diatur dengan *multi-step* (minimum 10 langkah dan maksimum 100 langkah) dengan parameter nonlinear sesuai bawaan perangkat lunak. Langkah yang sama kemudian dilakukan untuk pembebanan pushover arah Y, dengan menyesuaikan jenis dan arah beban yang diterapkan.

3.8. Pendefinisian Sendi Plastis (Hinge)

Pendefinisian sendi plastis pada elemen struktur sendi plastis didefinisikan pada elemen balok maupun kolom untuk merepresentasikan perilaku inelastis struktur saat menerima beban gempa. Pada balok, sendi plastis yang digunakan adalah sendi plastis lentur (*flexural hinge*) dengan derajat kebebasan M3, sesuai dengan ketentuan ASCE 41-13 Tabel 9-6 (*Steel Beams – Flexure*). Sementara itu, pada kolom digunakan sendi plastis interaksi aksial–momen dengan derajat kebebasan P-M2-M3 mengacu pada ASCE 41-13 Tabel 9-7.1 (*Steel Columns – Flexure*). Penempatan sendi plastis dilakukan pada ujung elemen untuk menggambarkan titik-titik kritis terjadinya pelelehan. Dengan pendekatan ini, model struktur mampu merepresentasikan distribusi sendi plastis yang terjadi akibat beban gempa, sehingga proses evaluasi kinerja struktur dapat dilakukan secara lebih realistis.

3.9. Hasil Pushover Analysis

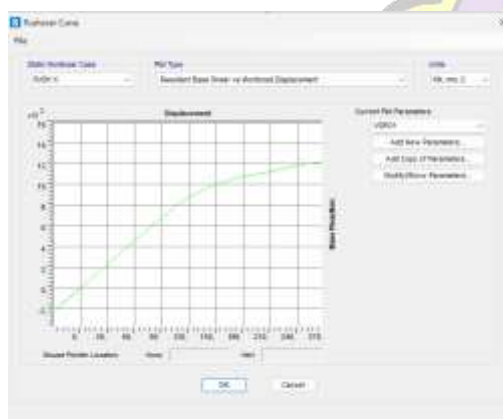
Analisis *pushover* yang telah diselesaikan melalui proses *running* akan menghasilkan *output* berupa kurva kapasitas serta titik kinerja (*performance point*). Selain itu, analisis ini juga akan menampilkan distribusi sendi plastis yang terbentuk pada model

struktur. Nilai pada *performance point* tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi tingkat kinerja struktur sesuai dengan pedoman FEMA 356.

3.9.1. Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base force*) dengan perpindahan lateral (*displacement*) pada semua lantai. Berikut bentuk kurva kapasitas dari hasil analisis *pushover* pada arah x dan arah y yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

1. Kurva Pushover X



Gambar 3. Kurva Kapasitas Pushover X

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

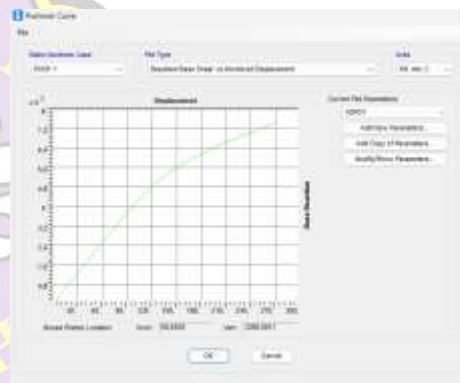
Tabel 14. Hasil Pushover Gedung FKIP Universitas Siliwangi Arah X

TABLE: Pushover Capacity Curve		
LoadCase	Step	Displacement
Text	Unitless	mm
PUSH X	0	0.34
PUSH X	1	25.40
PUSH X	2	26.72
PUSH X	3	53.62
PUSH X	4	80.52
PUSH X	5	112.55
PUSH X	6	143.34
PUSH X	7	170.73
PUSH X	8	209.33
PUSH X	9	238.28
PUSH X	10	267.35
PUSH X	11	268.66

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

Berdasarkan data pada Tabel 4.15, analisis *pushover* arah X menunjukkan bahwa gedung mulai memasuki tahap leleh pada langkah pertama dengan gaya geser dasar sebesar 2.050,05 kN dan perpindahan 25,4 mm. Dari total 100 langkah simulasi, hanya 11 langkah yang berhasil direkam secara lengkap. Pada langkah terakhir yang tercatat, gaya geser dasar sebesar 12.228,46 kN dan perpindahan maksimum mencapai 268,66 mm dengan.

2. Kurva Pushover Y



Gambar 4. Performance Point Arah X Pedoman FEMA 356

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

Tabel 15. Hasil Pushover Gedung FKIP Universitas Siliwangi Arah Y

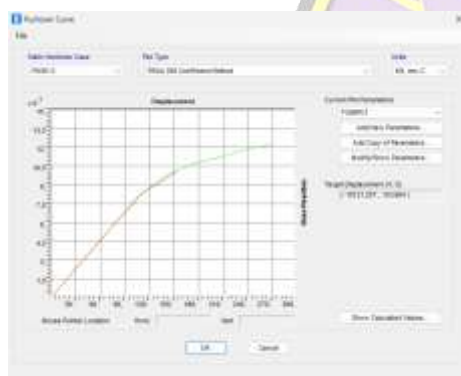
TABLE: Pushover Capacity Curve		
LoadCase	Step	Displacement
Text	Unitless	mm
PUSH Y	0	0.577704
PUSH Y	1	54.364949
PUSH Y	2	68.116918
PUSH Y	3	99.137134
PUSH Y	4	129.158675
PUSH Y	5	158.718031
PUSH Y	6	203.515543
PUSH Y	7	237.171573
PUSH Y	8	266.553129
PUSH Y	9	269.577704

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

Berdasarkan data, analisis *pushover* arah Y menunjukkan bahwa gedung mulai mengalami leleh pada langkah pertama dengan gaya geser dasar sebesar 2.280,352 kN dan perpindahan 54,3 mm. Dari total 100 langkah simulasi, hanya 9 langkah yang berhasil direkam secara lengkap. Pada langkah terakhir, gaya geser dasar sebesar 7.435,648 kN dan perpindahan maksimum mencapai 269,5 mm. Hasil ini menggambarkan respons struktural gedung terhadap beban lateral pada arah Y selama analisis *pushover*.

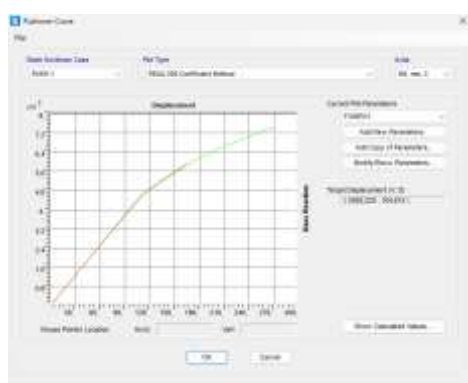
3.9.2. *Performance Point* Berdasarkan Pedoman FEMA 356

- ## 1. Kurva Pushover X FEMA 356



Gambar 5. *Performance Point* Arah X
Pedoman FEMA 356

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)



Gambar 6. *Performance Point* Arah X
Pedoman FEMA 356

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

Pada analisis *pushover* arah X dan Y dengan metode FEMA 356, nilai *Performance Point* ditandai dengan grafik berwarna merah dimana hanya terjadi pada bagian awal kurva dan tidak melampaui batas nilai perpindahan

maksimal yang ditandai dengan kurva hijau. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan yang terjadi belum mencapai kondisi di mana struktur mengalami keruntuhan. Dari hasil analisis FEMA 356 arah X, diperoleh nilai target perpindahan pada kondisi gaya geser sebesar 10.121,257 kN dengan perpindahan 153,664 mm. Sedangkan untuk arah Y, nilai target perpindahan tercatat pada kondisi gaya geser sebesar 5.880,229 kN dengan target perpindahan 164,615 mm. Hasil ini mengindikasikan bahwa struktur masih berada dalam batas aman dan belum menunjukkan tanda-tanda kegagalan atau keruntuhan signifikan pada perpindahan tersebut, dan titik pertemuan dari grafik tersebut kemudian akan digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja gedung.

3.9.3. Evaluasi Kinerja Struktur

Evaluasi kinerja struktur bangunan dapat ditentukan berdasarkan kriteria *drift* yang didapat saat titik kinerja tercapai. Berikut ini evaluasi kinerja struktur berdasarkan pedoman FEMA 356 :

1. *Pushover* arah X



Gambar 7. Nilai Parameter FEMA 356
Arah X

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

$$\delta t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{Te^2}{(4\pi)^2} \cdot g$$

$$\delta t = 1,5601 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,2079 \times \frac{0,6226^2}{(4\pi)^2} \times$$

9810

$$\delta t = 45,42$$

$$\begin{aligned}\text{Maksimum total drift} &= \frac{45,42}{16102} \\ &= 0,28 \% < 1 \%\end{aligned}$$

2. Pushover Y



Item	Value
C0	1.1800
C1	1.
C2	1.
C3	1.
Sa	0.6908
Ta	0.0095
T1	0.0095
W1	41.3443
W2	41.3443
W3	8.5555
W4	2.2673
W5	4890.8812
Weight	15054.585
Em	1.

Gambar 8. Nilai Parameter FEMA 356 Arah X

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

$$\begin{aligned}\delta t &= C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{T_e^2}{(4\pi)^2} \cdot g \\ \delta t &= 01,1089 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.6908 \times \frac{0,92655^2}{(4\pi)^2} \times 9810 \\ \delta t &= 40,895\end{aligned}$$

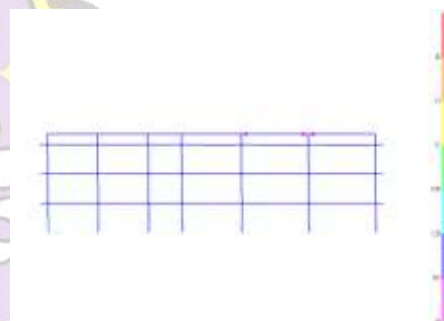
$$\begin{aligned}\text{Maksimum total drift} &= \frac{40,895}{16102} \\ &= 0,25 \% < 1 \%\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, kinerja struktur Gedung FKIP Universitas Siliwangi berada pada kategori **Immediate Occupancy (IO)** sesuai Tabel 2.20 halaman 50 mengenai batas *drift ratio* pada pedoman FEMA 356. Pada kategori ini, bangunan tidak mengalami kerusakan signifikan pada elemen struktural sehingga kekuatan serta kekakuannya hampir setara dengan kondisi sebelum terjadinya gempa. Sebagian besar komponen non-struktural, perlengkapan, dan isi bangunan tetap dalam kondisi aman. Meskipun demikian, fungsi operasional gedung dapat saja terhenti akibat kegagalan sistem mekanikal atau keterbatasan utilitas. Dengan kata lain, Gedung FKIP Universitas Siliwangi Kota Tasikmalaya

memiliki ketahanan yang baik terhadap beban gempa dan mampu mempertahankan integritas struktural serta memberikan perlindungan bagi penghuni dan peralatan di dalamnya. Kategori ini menandakan bahwa meskipun terdapat kerusakan pada elemen non-struktural, namun bangunan masih mampu menjalankan fungsi utamanya, walaupun sebagian fasilitas operasional mungkin membutuhkan perbaikan sebelum dapat berfungsi secara optimal kembali.

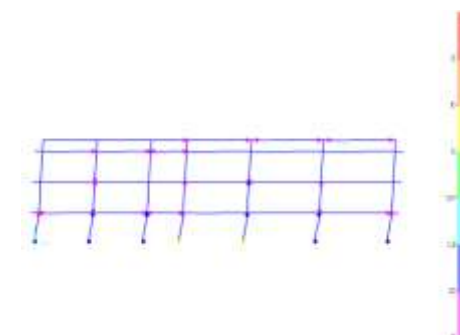
3.9.4. Mekanisme Sendi Platis

1. Skema Distribusi Sendi Plastis Akibat Pushover X



Gambar 9. Push X Step-1

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)



Gambar 10. Push X Step-11

Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

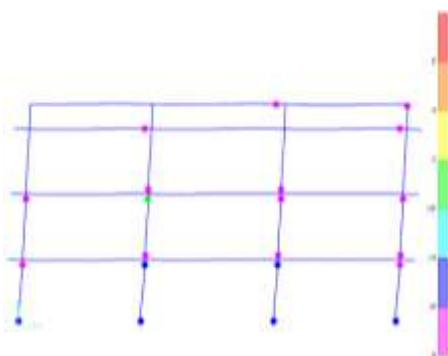
Hasil analisis pushover arah X menunjukkan bahwa sendi plastis mulai terbentuk pada langkah pertama dengan perpindahan 25,4 mm dan gaya geser dasar 2050,05 kN, menandai awal respons non-elastis. Titik kinerja tercapai pada level IO, sehingga struktur masih aman tanpa kerusakan signifikan pada komponen utama. Dari 100 langkah simulasi hanya 11 yang tersimpan,

dengan perpindahan maksimum 268,66 mm dan gaya geser puncak 12228,46 kN. Distribusi sendi plastis didominasi kondisi IO (biru tua), sebagian LS (magenta), serta beberapa pada level D (kuning), tanpa ada elemen yang mencapai Collapse Prevention (CP) atau keruntuhan penuh. Secara keseluruhan, struktur arah X dinilai mampu menahan beban lateral dengan baik pada tingkat kinerja IO, meskipun elemen yang mencapai level D tetap perlu diperhatikan untukantisipasi gempa dengan intensitas lebih besar.

2. Skema Distribusi Sendi Plastis Akibat Pushover Y



Gambar 11. Push Y Step-1
Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)



Gambar 12 Push Y Step-8
Sumber : SAP2000 v.22.2.0. (2025)

Hasil analisis *pushover* arah X menunjukkan bahwa sendi plastis mulai terbentuk pada langkah pertama dengan perpindahan 25,4 mm dan gaya geser dasar 2050,05 kN, menandai awal respons non-elastis. Titik kinerja tercapai pada level IO, sehingga struktur masih aman tanpa kerusakan signifikan pada komponen utama. Dari 100

langkah simulasi hanya 11 yang tersimpan, dengan perpindahan maksimum 268,66 mm dan gaya geser puncak 12228,46 kN. Distribusi sendi plastis didominasi kondisi IO (biru tua), sebagian LS (magenta), serta beberapa pada level D (kuning), tanpa ada elemen yang mencapai *Collapse Prevention* (CP) atau keruntuhan penuh. Secara keseluruhan, struktur arah X dinilai mampu menahan beban lateral dengan baik pada tingkat kinerja IO, meskipun elemen yang mencapai level D tetap perlu diperhatikan untukantisipasi gempa dengan intensitas lebih besar.

IV. SIMPULAN

Hasil analisis *pushover* menunjukkan bahwa Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Siliwangi memiliki kinerja **Immediate Occupancy (IO)**, sehingga dinilai aman terhadap gempa dengan kerusakan struktural ringan. Pada arah X, leleh terjadi pada gaya geser dasar 2050.05 kN dengan perpindahan sebesar 25,4 mm dan meningkat hingga 12228.46 kN dengan perpindahan sebesar 268,66 mm pada langkah ke-11. Pada arah Y, leleh terjadi gaya geser dasar 2280.35 kN dengan perpindahan sebesar 54,3 mm dan mencapai 7435.65 kN dengan perpindahan sebesar 269,5 mm pada langkah ke-9. Pola keruntuhan diawali pada balok, baik di lantai bawah maupun di lantai atas yang kemudian berkembang ke elemen kolom seiring bertambahnya beban lateral sehingga integritas struktur tetap terjaga. Dengan demikian, berdasarkan pedoman FEMA 356, Gedung FKIP Universitas Siliwangi dinyatakan memenuhi kriteria keamanan struktural terhadap beban gempa dengan pola keruntuhan yang terkendali serta kinerja yang sesuai dengan fungsi bangunan sebagai fasilitas pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arjakoni, A. F., & Lutfi, M. (2012). Evaluasi kinerja seismik pada struktur gedung rumah sakit pendidikan Universitas Indonesia dengan metode analisis pushover berdasarkan ATC 40. *Jurnal Komposit*, 4(2).

- Aslam, M., & Djamaluddin, A. (2016). Analisis kinerja struktur menggunakan metode pushover berdasarkan FEMA 356 dan ATC-40. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(1), 12–20.
- Dewobroto, W. (2006). Evaluasi kinerja bangunan baja tahan gempa dengan SAP2000. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1).
- Mudia, T. R., Bayzoni, Husni, H. R., & Isneini, M. (2023). Evaluasi kinerja struktur gedung bertingkat dengan metode analisis riwayat waktu. *JRSDD*, Edisi Juni 2023.
- Prasetya, M. A., Wirakusuma, I., & Sarya, G. (2022). Analisis level kinerja struktur gedung 10 lantai dengan menggunakan metode pushover berdasarkan SNI 1726:2019. *Jurnal Extrapolasi*, 19(1).
- Riswandi, M., Hasan, M., Afifuddin, M., Putra, R., Maulana, M., & Bilqaini, G. R. (2021). Performance assessment of building structures due to Pidie Jaya earthquake using pushover analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1087(1).

