

Analisis Kinerja Struktur Atas pada Gedung Bertingkat dengan Metode Pushover

Irmanto*, Arief Firmanto

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Analisis Pushover, Kinerja Struktur, Gedung Bertingkat, Struktur Atas

***Correspondence email:**

irmanto.122130084@ugj.ac.id

Submitted: 10 Mei 2026

Revised: 06 Agustus 2026

Accepted: 06 Agustus 2026

Published: 09 Agustus 2026

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi akibat interaksi lempeng tektonik, terutama pada zona subduksi di selatan Pulau Jawa. Kawasan Cirebon turut dipengaruhi oleh sumber gempa megathrust serta sesar lokal seperti Sesar Baribis, sehingga memiliki potensi bahaya gempa yang signifikan. Kondisi ini menuntut perencanaan struktur bangunan yang tidak hanya kuat, tetapi juga mampu menunjukkan kinerja yang baik saat menerima beban gempa. Penelitian ini bertujuan menilai kinerja gedung kantor bertingkat tiga menggunakan analisis statik nonlinier (pushover). Pemodelan dilakukan di ETABS dengan merujuk pada SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019, dengan beban mati, hidup, dan lateral diterapkan secara bertahap hingga struktur memasuki kondisi inelastik. Hasil analisis menunjukkan struktur memiliki kapasitas lateral memadai, dengan distribusi sendi plastis didominasi oleh kategori Immediate Occupancy (IO). Transformasi spektrum kapasitas menggunakan FEMA 440 pada arah X menghasilkan nilai stabil, sedangkan arah Y menunjukkan nilai anomali yang memerlukan validasi lebih lanjut. Secara umum, struktur cenderung menunjukkan kinerja Immediate Occupancy, meskipun tingkat kinerja global akhir belum dapat ditetapkan secara final. Disarankan agar penelitian lanjutan melakukan validasi ulang performance point arah Y serta mempertimbangkan penyempurnaan parameter pemodelan sendi plastis guna memperoleh hasil evaluasi kinerja yang lebih andal.

ABSTRACT

Keywords:

Pushover Analysis, Structural Performance, Multi-story Building, Superstructure

Indonesia is a high seismic-risk region due to tectonic plate interactions, particularly along the subduction zone south of Java. The Cirebon area is also influenced by megathrust sources and local faults such as the Baribis Fault, posing significant seismic hazard. This condition requires building structures that are not only strong but also capable of maintaining adequate performance during earthquake loading. This study aims to assess the structural performance of a three-story office building through nonlinear static (pushover) analysis. Modeling was conducted in ETABS, referring to SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, and SNI 2847:2019, with dead, live, and lateral loads applied incrementally until the structure reached an inelastic condition. The results show that the structure has adequate lateral capacity, with plastic hinge distribution dominated by the Immediate Occupancy (IO) level. Capacity spectrum transformation using FEMA 440 in the X direction produced stable results, while the Y direction yielded anomalous values requiring further validation. Overall, the structure tends to exhibit Immediate Occupancy performance, although the final global performance level cannot yet be conclusively determined. It is recommended that future analysis revalidate the Y-direction performance point and consider refining the plastic hinge modeling parameters to ensure more reliable performance evaluation results.

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi akibat interaksi lempeng tektonik, terutama pada zona subduksi di selatan Pulau Jawa. Kawasan Cirebon dan sekitarnya turut dipengaruhi oleh sumber gempa dari zona megathrust serta sesar lokal seperti Sesar Baribis, sehingga memiliki potensi bahaya gempa yang cukup signifikan. Kondisi ini menuntut perencanaan struktur bangunan yang tidak hanya kuat, tetapi juga mampu menunjukkan kinerja yang baik saat menerima beban gempa. (Putri, 2022)

Perkembangan perencanaan struktur tahan gempa kini tidak lagi berfokus pada kekuatan struktur, tetapi juga pada kinerjanya setelah mengalami gempa. (Hariadi, 2026) Melalui konsep *performance-based design*, kinerja struktur dievaluasi untuk memastikan kemampuan mempertahankan fungsi dan keselamatan pada berbagai tingkat intensitas gempa (Pangestu, 2021). Analisis yang digunakan dalam pendekatan ini adalah analisis statik nonlinier (analisis *Pushover*) yang menggambarkan respons struktur dari kondisi elastis hingga inelastis melalui pembentukan sendi plastis (Rumbyarso, 2023).

Bangunan bertingkat rendah, seperti gedung tiga lantai, sering dianggap lebih aman dibandingkan bangunan tinggi. Namun, faktor seperti ketidakteraturan struktur, distribusi kekakuan yang tidak merata, serta detail penulangan yang kurang tepat tetap dapat menyebabkan kerusakan signifikan saat gempa. (Nasution, 2024) Evaluasi kinerja struktur diperlukan untuk dapat memastikan bangunan memenuhi persyaratan keselamatan sesuai standar yang berlaku. (Hutama, 2021)

Melalui analisis *pushover*, dapat diperoleh informasi mengenai kapasitas struktur dalam menahan gaya lateral, pola pembentukan sendi plastis, dan tingkat kinerja struktur berdasarkan kurva kapasitas. (Zebua, 2020) Evaluasi ini berpedoman pada ATC-40, FEMA 356 serta FEMA 440 yang mengklasifikasikan kinerja bangunan pada kategori *Immediate Occupancy* (IO), *Life Safety* (LS), dan *Collapse Prevention* (CP) (Mustofa, 2024).

Berdasarkan hal tersebut, analisis ini bertujuan mengevaluasi kinerja gedung bertingkat terhadap beban lateral menggunakan metode statik nonlinier berbasis perangkat lunak ETABS, sehingga diperoleh gambaran kapasitas struktur, pola keruntuhan, dan tingkat kinerja bangunan sebagai dasar evaluasi serta perencanaan struktur tahan gempa. (Pattiwael, 2024)

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode statik nonlinier (analisis *pushover*) untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan bertingkat terhadap beban lateral. Pemodelan serta analisis struktur dilakukan dengan perangkat lunak ETABS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber: Kerja Praktik (2025)

Lokasi penelitian berada di Jl. Raya Babakan-Kudukeras, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon, Jawa Barat. Wilayah ini termasuk dalam kawasan dataran rendah di bagian timur Kabupaten Cirebon yang secara geografis memiliki karakteristik tanah dominan berupa material lempung, lanau, dan pasir halus. Kondisi geoteknik seperti ini umumnya menunjukkan sifat daya dukung tanah yang bervariasi, sehingga relevan untuk dianalisis dalam penelitian yang melibatkan evaluasi kinerja struktur melalui metode *Pushover*.

Data yang digunakan dalam penelitian mencakup data geometri bangunan, ukuran elemen struktur (balok, kolom, dan pelat), serta mutu material beton dan baja tulangan. Selain itu, pembebanan struktur ditentukan mengikuti standar yang berlaku, yaitu beban mati dan beban hidup yang mengacu pada SNI 1727:2020, sementara untuk beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019.

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Tahapan dasar yang bertujuan memastikan bahwa seluruh informasi yang diperlukan untuk membangun model struktur tersedia dan akurat. Data yang dikumpulkan meliputi gambar arsitektur dan struktur, dimensi elemen (balok, kolom, pelat), mutu material beton dan baja, tinggi antar lantai, serta data pembebanan,

2. Pemodelan Struktur

Model tiga dimensi bangunan dibuat pada ETABS dengan mendefinisikan grid, elevasi, material, dan penampang elemen struktur sesuai data perencanaan. (Rachman, 2014)

3. Pendefinisian Material dan Penampang

Material dimodelkan sesuai dengan mutu yang digunakan, kemudian penampang balok, kolom, serta pelat didefinisikan agar dapat merepresentasikan kondisi struktur yang sebenarnya. (Doodala, 2024)

4. Pemberian Beban dan Kombinasi Beban

Beban yang diberikan meliputi beban mati, beban hidup, serta beban gempa. Kombinasi pembebanan ditentukan berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019 guna memperoleh kondisi struktur yang paling kritis.

5. Penentuan Sendi Plastis

Menentukan sendi plastis pada elemen balok dan kolom ditentukan berdasarkan ketentuan FEMA 356 untuk merepresentasikan perilaku inelastik struktur. (ACI-318, 2019)

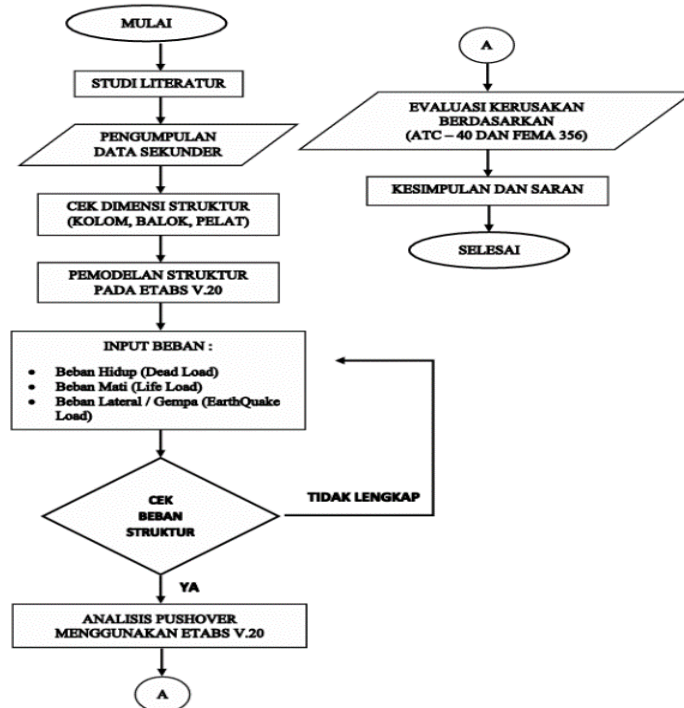
6. Pelaksanaan Analisis *Pushover*

Selanjutnya analisis dilakukan dengan menerapkan beban lateral secara bertahap pada arah X dan Y sampai struktur mencapai kondisi batas, menghasilkan kurva kapasitas yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan.

7. Evaluasi Kinerja Struktur

Analisis data kurva kapasitas menggunakan metode ATC-40 dan FEMA 440, sementara tingkat kinerja struktur dievaluasi berdasarkan kriteria pada FEMA 356. (ATC-40, 1996)

Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan perilaku struktur secara lebih realistis dibandingkan analisis linier, khususnya dalam memprediksi kapasitas struktur dan pola pembentukan sendi plastis akibat beban gempa.

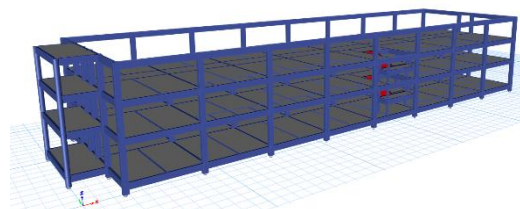


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Data Olahan (2026)

HASIL

Pemodelan Struktur



Gambar 3. Pemodelan Struktur Gedung 3D

Sumber: Etabs (2026)

Model yang dianalisis pada gambar 3 adalah bangunan kantor bertingkat tiga dengan struktur beton bertulang yang dimodelkan menggunakan *software* ETABS. Sistem struktur dianggap sebagai kerangka pemikul momen dengan diafragma lantai bersifat kaku, sehingga distribusi beban lateral pada setiap tingkat dianggap merata ke seluruh elemen vertikal. Kondisi tumpuan kolom pada dasar bangunan dimodelkan sebagai perletakan jepit, yang merepresentasikan hubungan monolit antara kolom dan pondasi (SNI:1726, 2019).

Tabel 1. Deskripsi Bangunan

Fungsi bangunan	: Kantor dan hunian
Sistem struktur	: Beton bertulang
Luas bangunan	: 3.429 m ²
Jumlah lantai	: 3 lantai
Tinggi lantai	: 3,3 m
Sistem lantai	: Pelat beton bertulang
Tebal Pelat	: 12 cm

Sumber: Data Olahan (2026)

Tabel 2. Mutu Beton dan Mutu Baja

Mutu beton (f_c')	: K – 300 → 24,9 MPa
Mutu baja (f_y)	: BJTS 280 MPa dan BJTP 280 MPa
Modulus Elastisitas beton	: 23453 N/mm ²
Modulus Elastisitas baja	: 200000 MPa

Sumber: Data Olahan (2026)

Tabel 3. Dimensi Kolom

KZ 1	: D50 cm
KZ 2	: 40 x 50 cm
KZ 3	: 40 x 50 cm
KZ 4	: 40 x 50 cm

Sumber: Data Olahan (2026)

Tabel 4. Dimensi Balok

KL 1	: 25 x 60 cm
KL 2	: 20 x 60 cm
KL 3	: 25 x 40 cm

Sumber: Data Olahan (2026)

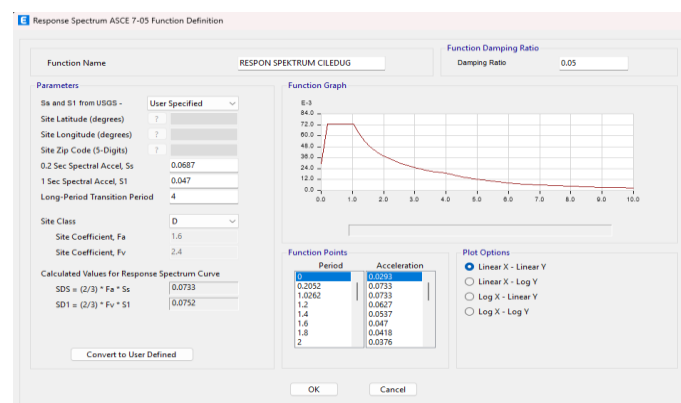
Pembebanan Struktur

Beban yang diterapkan mencakup *Dead Load* (DL), *Live Load* (LL), serta beban lateral, di mana analisis beban lateral dilakukan dengan metode respons spektrum dinamik (SNI:1727, 2020).

Tabel 5. Pembebanan Struktur

Beban Mati	: 24 kN/m ² (Beton bertulang)
Beban hidup	: 4,79 kN/m ² (Lobi atau Koridor) 2,40 kN/m ² (Kantor) 1,33 kN/m ² (Tangga) 2,00 kN/m ² (Toilet)
Beban gempa	: $S_s = 0,0687$ $S_1 = 0,0470$ $TL = 4$ $T_0 = 0,2$ $T_s = 1$ $SD_s = 0,07$ $SD_1 = 0,07$

Sumber: Data Olahan (2026)



Gambar 4. Respons Spektrum

Sumber: Etabs (2026)

Beban gempa pada gambar 4 ditentukan melalui analisis respons spektrum sesuai SNI 1726:2019. Parameter gempa didapat dari Spektrum Respons Desain Indonesia berdasarkan koordinat lokasi bangunan dengan klasifikasi tanah SD (tanah sedang).

Dari hasil tersebut diperoleh nilai seperti:

PGA MCEG (Peak Ground Acceleration)

PGA = 0,0333 g

SS (MCER) = 0,0687 g

S1 (MCER) = 0,0470 g

SDS (Spektral percepatan periode pendek desain) = 0,07 g

SD1 (Spektral percepatan periode 1 detik desain) = 0,07 g

T0 (periode transisi awal) = 0,20 detik

Ts (periode transisi spektrum) = 1,00 detik

TL (periode panjang) = 4,00 detik

Kombinasi Pembebanan

Semua beban perlu diintegrasikan dalam kombinasi beban untuk mencapai kondisi paling kritis pada struktur. Kombinasi yang diterapkan mengikuti SNI 2847:2019.

$U = 1,4 D$

$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

$U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$

$U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$

$U = 0,9 D + 1,0 W$

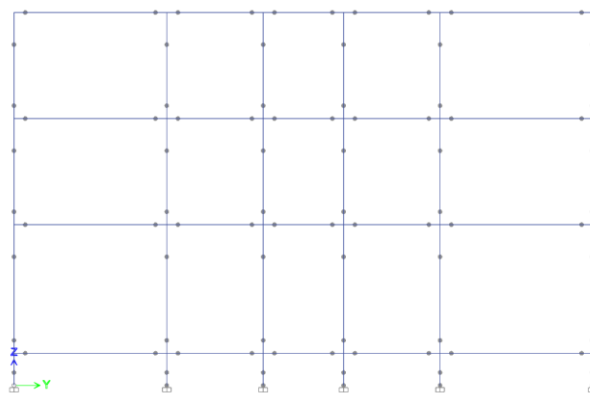
$U = 0,9 D + 1,0 E$

Hasil Analisis Pushover

Pada tahap ini, sendi plastis (*plastic hinge*) didefinisikan pada elemen balok dan kolom sesuai ketentuan FEMA 356 atau ATC-40.

Hasil utama dari analisis ini adalah kurva kapasitas yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan atap yang menggambarkan kemampuan struktur dalam menahan deformasi akibat beban lateral.

Distribusi Sendi Plastis



Gambar 5. Distribusi Sendi Plastis

Sumber: Etabs (2026)

Sendi plastis biasanya dimodelkan pada ujung balok dan kolom seperti pada gambar 5, lalu diamati perkembangannya untuk mengidentifikasi elemen kritis serta mekanisme keruntuhan struktur secara menyeluruh.

Tabel 6. Distribusi sendi plastis berdasarkan arah pembebanan

LOAD CASE	A-B	IO	IO-LS	LS	CP	>CP
PUSH X	0	2193	51	0	0	0
PUSH Y	0	2201	39	4	4	0
JUMLAH	0	4394	90	4	4	0

Sumber: Data Olahan (2026)

Tabel 6 menunjukkan bahwa sebagian besar sendi plastis berada pada level Immediate Occupancy (IO) sebanyak 4.394 titik, dengan 90 titik pada level IO–LS, serta masing-masing 4 titik pada level LS dan CP. Tidak terdapat elemen yang berada pada level >CP.

Tabel 7. Tingkat Kinerja Struktur

Kondisi Hinge	LEVEL	JUMLAH TITIK	PERSENTASE
Elastis	A - B	0	0.00 %
Awal Plastis	IO	4394	97.82 %
Mulai Rusak	IO - LS	90	2.00 %
Batas Keselamatan	LS	4	0.09 %
Hampir Runtuh	CP	4	0.09 %
Gagal	>CP	0	0.00 %
TOTAL		4492	100 %

Sumber: Data Olahan (2026)

Hasil analisis pada Tabel 7 menunjukkan bahwa sebagian besar sendi plastis berada pada kategori Immediate Occupancy (IO), sedangkan sendi plastis pada kondisi kritis hanya merupakan sebagian kecil dari total titik pengamatan. Hasil tersebut menunjukkan kecenderungan kinerja struktur berada pada kategori Immediate Occupancy. Namun, penetapan tingkat kinerja global bangunan masih bersifat indikatif dan harus dikonfirmasi menggunakan performance point FEMA 440 yang valid, terutama pada arah Y.

Displacement Dan Base Shear

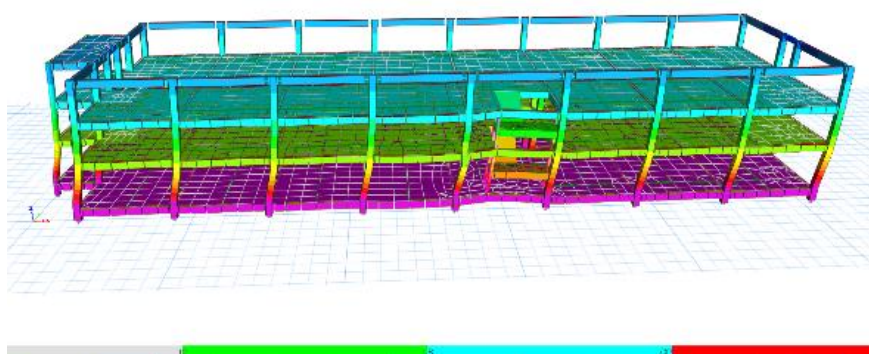
Pada analisis *Pushover* pembebanan lateral tidak langsung diberikan sekaligus, tetapi diterapkan secara bertahap sampai struktur mencapai kapasitas maksimumnya. Setiap penambahan beban tersebut akan menghasilkan perubahan respons pada struktur yang kemudian dicatat oleh program analisis sebagai step atau tahapan analisis

Tabel 8. Displacement dan Base shear Hasil Analisis Pushover Arah X

Step	Displacement mm	Base Force kN
0	0	0
1	25,59	3186,74
2	75,95	8966,52
3	126,42	12644,18
4	176,72	14663,45
5	181,039	14805,9722
6	181,184	14809,161
7	183,078	14872,4403
8	184,607	14921,3855
9	184,753	14924,3883
10	186,446	14979,5224

Sumber: Data Olahan (2026)

Seiring meningkatnya displacement dari 0 mm hingga 186,45 mm, nilai gaya geser maksimum tercapai sebesar 14.979,52 kN pada displacement 186,45 mm. Keadaan pada tabel 8 ini menunjukkan bahwa struktur dapat menahan peningkatan beban lateral secara bertahap tanpa mengalami kegagalan.



Gambar 6. Analisis Pushover Arah X

Sumber: Etabs (2026)

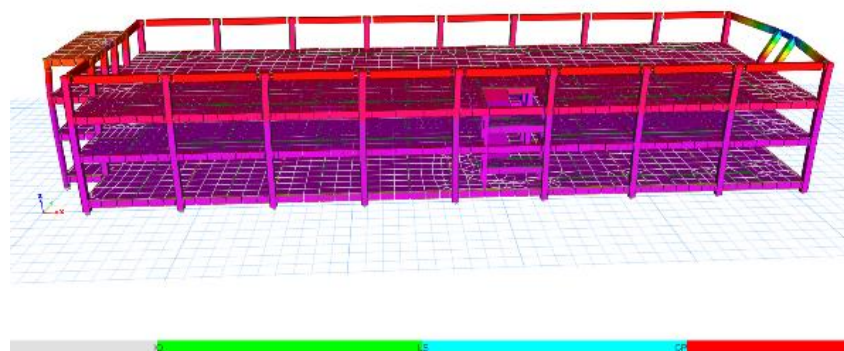
Gambar 6. menunjukkan perkembangan pembentukan sendi plastis akibat pembebanan lateral secara bertahap pada analisis *pushover* arah X.

Tabel 9. Displacement dan Base shear Hasil Analisis Pushover Arah Y

Step	Displacement mm	Base Force kN
0	0	0
1	7,42	2131,42
2	26,09	6562,14
3	40,53	7798,93
4	43,20	7909,12
5	43,75	7923,74
6	45,7	7945,437
7	60,458	8210,652
8	61,91	8224,837
9	61,915	8225,328
10	62,435	8230,138
11	62,436	8229,899
12	62,436	8229,899

Sumber: Data Olahan (2026)

Pada tabel 9 perkembangan sendi plastis menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan tabel 8. Gaya geser maksimum arah Y tercatat sebesar 8.230,138 kN pada displacement 62,44 mm. Nilai ini lebih kecil dibanding arah X, menunjukkan kekakuan lateral struktur arah Y relatif berbeda.



Gambar 7. Analisis Pushover Arah Y

Sumber: Etabs (2026)

Gambar 7. menunjukkan perkembangan pembentukan sendi plastis akibat pembebanan lateral secara bertahap pada analisis *pushover* arah Y.

Tabel 10. Persebaran Sendi Plastis Arah X

PUSH X: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displ mm	Base Force kN	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	1122	0	0	0	0	1122	0	0	0	1122
1	25,59	3186,740	1121	1	0	0	0	1122	0	0	0	1122
2	75,95	8966,520	1058	63	1	0	0	1111	11	0	0	1122
3	126,42	12644,180	939	182	0	1	0	1081	41	0	0	1122
4	176,72	14663,450	885	236	0	1	0	1073	49	0	0	1122
5	181,039	14805,972	884	237	0	1	0	1072	50	0	0	1122
6	181,184	14809,161	884	237	0	1	0	1072	50	0	0	1122
7	183,078	14872,440	881	239	1	1	0	1071	51	0	0	1122
8	184,607	14921,385	881	239	1	1	0	1071	51	0	0	1122
9	184,753	14924,388	881	239	1	1	0	1071	51	0	0	1122
10	186,446	14979,522	880	240	1	1	0	1071	51	0	0	1122

Sumber: Etabs (2026)

Tabel 10. menunjukkan bahwa seiring bertambahnya *displacement* dari 0 mm hingga 186,446 mm, nilai *base shear* meningkat hingga mencapai maksimum sebesar 14.979,522 kN.

Tabel 11. Persebaran Sendi Plastis Arah Y
PUSH Y: Base Shear vs Monitored Displacement

Step	Displ mm	Base Force kN	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	1122	0	0	0	0	1122	0	0	0	1122
1	7,420	2131,420	1120	2	0	0	0	1122	0	0	0	1122
2	26,090	6562,140	1071	51	0	0	0	1112	10	0	0	1122
3	40,530	7798,930	1018	102	2	0	0	1089	33	0	0	1122
4	43,200	7909,120	1007	113	2	0	0	1080	42	0	0	1122
5	43,750	7923,740	1005	115	2	0	0	1080	42	0	0	1122
6	45,700	7945,437	1005	115	0	2	0	1080	40	2	0	1122
7	60,458	8210,652	1004	116	0	2	0	1079	39	4	0	1122
8	61,910	8224,837	1002	117	1	2	0	1079	39	4	0	1122
9	61,915	8225,328	1002	117	1	2	0	1079	39	4	0	1122
10	62,435	8230,138	1002	117	1	2	0	1079	39	4	0	1122
11	62,436	8229,899	1002	117	1	2	0	1079	39	4	0	1122
12	62,436	8229,899	1002	117	1	2	0	1079	39	4	0	1122

Sumber: Etabs (2026)

Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai base shear meningkat seiring bertambahnya displacement hingga mencapai nilai maksimum sebesar 8.230,138 kN pada displacement 62,435 mm.

Tabel 12. Transformasi Kurva Kapasitas

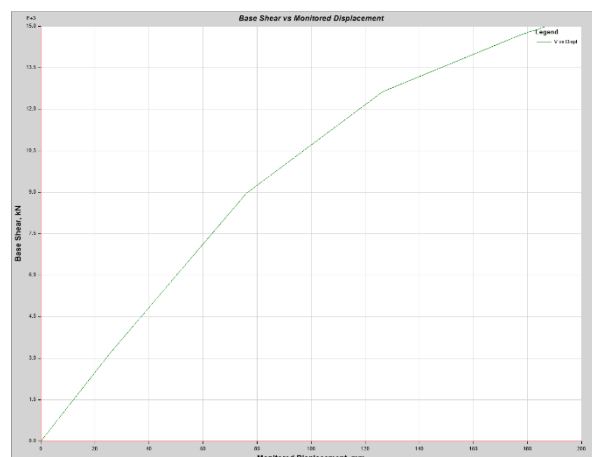
PUSH X : FEMA 440			PUSH Y : FEMA 440		
Sd mm	Sa g	Period sec	Sd mm	Sa g	Period sec
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
142,49	1,14	0,71	16,77	2,46	0,17
144,14	1,15	0,71	761,22	252,91	0,11
145,48	1,15	0,71	37794,44	430513,00	0,02
145,60	1,15	0,71			
147,08	1,16	0,72			

Sumber: Etabs (2026)

Tabel 12. menunjukkan bahwa hasil FEMA 440 pada arah X masih stabil dengan Sd maksimum 147,08 mm dan Sa 1,16 g. Sebaliknya, arah Y menghasilkan nilai Sd dan Sa yang sangat besar, sehingga mengindikasikan adanya ketidakstabilan analisis pada arah tersebut.

Kurva Kapasitas

Grafik dibawah ini merupakan hasil utama analisis *pushover* yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) sebagai representasi gaya lateral yang bekerja pada struktur dengan perpindahan atap (*roof displacement*) dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Kurva Kapasitas Arah X

Sumber: Etabs (2026)

Hasil analisis *pushover* pada gambar 8. diperoleh parameter kapasitas struktur sebagai berikut:

Gaya geser maksimum (V_{max}) = **1520 kN**

Perpindahan maksimum (Δ_{max}) = **180 mm**

Gaya leleh (V_y)

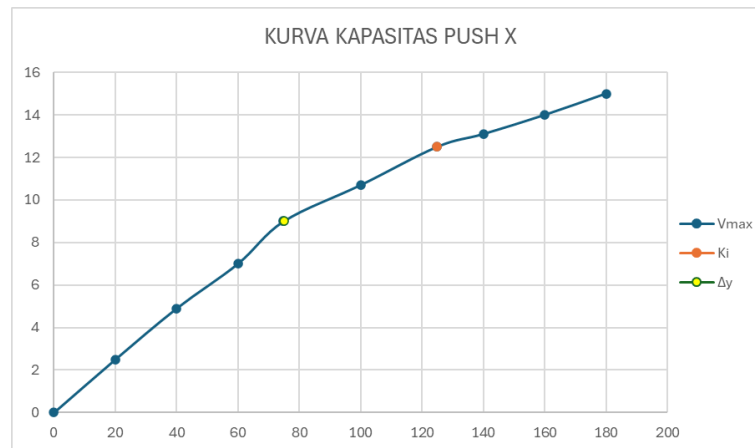
$V_y = 0,6 \times V_{max} = 0,6 \times 1520 = \mathbf{912 \text{ kN}}$

Perpindahan leleh (Δ_y) = **75 mm**

Titik ini menandai batas antara perilaku elastis dan plastis. Setelah melewati titik ini, elemen struktur mulai mengalami pelelehan dan terbentuk sendi plastis pertama.

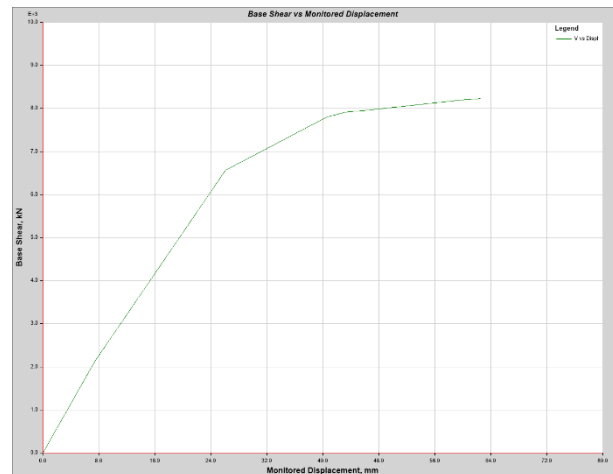
Kekakuan awal (K_i) = $\frac{V_y}{\Delta_y} = \frac{912}{75} = \mathbf{12,16 \text{ kN/mm}}$

Pada gambar 9. nilai ini menunjukkan tingkat kekakuan struktur pada tahap elastis awal. Semakin besar nilai K_i , semakin kaku struktur dalam menahan deformasi awal akibat beban lateral.



Gambar 9. Kekakuan Awal Arah X

Sumber: Data Olahan (2026)



Gambar 10. Kurva Kapasitas Arah Y

Sumber: Etabs (2026)

Hasil analisis *pushover* pada gambar 10. arah Y, diperoleh parameter kapasitas struktur sebagai berikut:

Gaya geser maksimum (V_{max}) = **8400 kN**

Perpindahan maksimum (Δ_{max}) = **62 mm**

Gaya leleh (V_y)

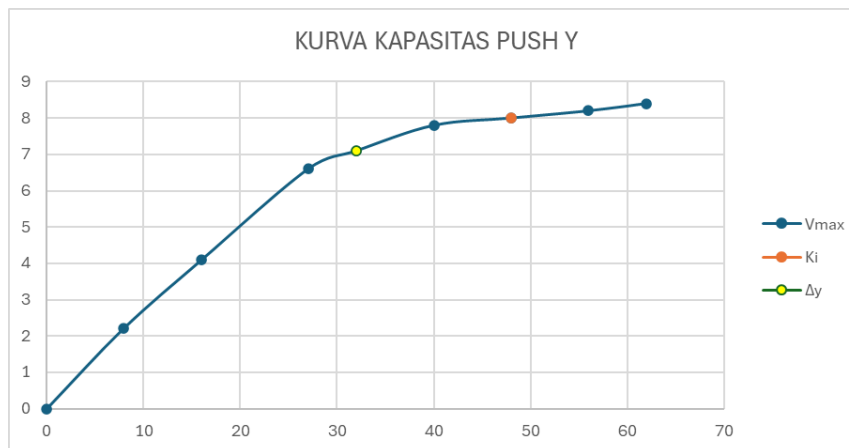
$V_y = 0,6 \times V_{max} = 0,6 \times 8400 = \mathbf{5040 \text{ kN}}$

Perpindahan leleh (Δ_y) = **32 mm**

Nilai ini menunjukkan bahwa kapasitas elastis arah Y jauh lebih besar dibandingkan arah X, yang berarti sistem penahan gaya lateral pada arah Y lebih kuat.

Kekakuan awal (K_i) = $\frac{V_y}{\Delta_y} = \frac{5040}{32} = \mathbf{157,50 \text{ kN/mm}}$

Nilai kekakuan awal pada gambar 11. arah Y lebih besar daripada arah X. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur lebih kaku dalam menahan beban lateral pada arah Y, sehingga deformasi awal yang terjadi relatif lebih kecil untuk setiap kenaikan gaya.



Gambar 11. Kekakuan Awal Arah Y

Sumber: Data Olahan (2026)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis statik nonlinier (analisis pushover) terhadap struktur menggunakan arah pembebanan X dan Y, diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut:

Distribusi sendi plastis menunjukkan bahwa sebagian besar titik, yaitu 4.394 titik (97,82%), berada pada kategori Immediate Occupancy (IO), sedangkan hanya sebagian kecil yang mencapai kategori Life Safety (LS) dan Collapse Prevention (CP), masing-masing 4 titik atau sekitar 0,18% dari total 4.492 titik pengamatan. Tidak ditemukan sendi plastis pada kondisi elastis penuh (A–B) maupun pada kondisi keruntuhan (>CP), yang menunjukkan bahwa struktur telah memasuki fase inelastik akibat beban lateral, namun deformasi yang terjadi masih terkendali dan tidak menyebar secara menyeluruh.

Hasil transformasi kurva kapasitas dengan Capacity Spectrum Method (FEMA 440) pada arah X menghasilkan nilai yang stabil dan wajar, dengan simpangan spektral maksimum (S_d) 147,08 mm, percepatan spektral (S_a) 1,16 g, dan perioda efektif 0,72 detik. Sebaliknya, pada arah Y diperoleh nilai S_d dan S_a yang tidak wajar secara fisik, sehingga hasil transformasi kurva kapasitas arah Y belum dapat dinyatakan valid dan memerlukan pengkajian ulang, baik dari sisi definisi sendi plastis maupun parameter analisis yang digunakan.

Dengan demikian, berdasarkan distribusi sendi plastis, struktur secara umum cenderung menunjukkan kinerja pada kategori Immediate Occupancy (IO), tanpa indikasi mekanisme keruntuhan global. Meskipun demikian, penetapan tingkat kinerja akhir struktur secara keseluruhan belum dapat disimpulkan secara final, mengingat performance point arah Y hasil FEMA 440 belum valid. Oleh karena itu, diperlukan validasi lebih lanjut terhadap analisis arah Y sebelum tingkat kinerja struktur dapat ditetapkan secara definitif.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI-318. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American : American Concrete Institute (ACI).
- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings V.1*. California: APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL.
- Doodala, S. (2024). Pushover Analysis Of G+14 Story Building By Using . *INDUSEDU*, 434-446.
- Hariadi, R. (2026). Perilaku Struktur Gedung Bertingkat Tinggi dengan Variasi Penempatan . *JURNAL TALENTA SIPIL*, 47-53. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v9i1.1061>
- Hutama, B. P. (2021). Evaluasi Kinerja Bangunan Rumah sakit Santa Maria Pemalang . *INERSIA*, 118-129. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i2.25511>
- Mustofa, R. A. (2024). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Analisis Pushover (Studi Kasus: Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung). *JRSDD*, 12(1), 27 - 38. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v12i1.4316>
- Nasution, I. (2024). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat di Jakarta Menggunakan Pushover Analysis. *JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN*, 9(2), 199 - 210. <https://doi.org/10.29244/jsil.9.2.199-210>
- Pangestu, S. F. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja (Studi Kasus: Gedung Pendidikan Rangka Beton Bertulang 7 Lantai). *Cantilever*, 10(2), 91 -100. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v10i2.110>

- Pattiwael, K. P. (2024). ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIC NON-LINEAR (STUDI KASUS : GEDUNG DPRD KABUPATEN MALUKU TENGAH). *JOURNAL AGREGATE*, 65-75.
- Putri, A. (2022). Analisis Kinerja Seismik Struktur 10 Lantai Beton Bertulang dengan Metode. *IJCEE* , 15-22. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v8i1.68037>
- Rachman, N. Z. (2014). ANALISIS KINERJA STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN ANALISIS PUSHOVER MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS (STUDI KASUS : BANGUNAN HOTEL DI SEMARANG). *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 681-687.
- Rumbyarso, Y. P. (2023). Analisis Kinerja Struktur Gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma Dengan Menggunakan Metode Pushover Analysis . *JURNAL SIPILKRISNA*, 9(2), 26 - 35.
- SNI:1726. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- SNI:1727. (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- SNI:2847. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Zebua, D. (2020). ANALYSIS PUSHOVER PADA BANGUNAN BERTINGKAT BETON . *SEMINAR NASIONAL ILMU TERAPAN*, C-50-7.