Journal Transformation of Mandalika
https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jtm
Vol. 7, No. 10, 2026
e-ISSN: 2745-5882, p-ISSN: 2962-2956
pp. 1110-1127

Analisis pengaruh penambahan *shear wall* terhadap kinerja struktur ruko pada proyek citraland sampali

Toni Wili Simamora[1] and Hermansyah[2]
[1,2]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Medan, Indonesia
*Corresponding Author e-mail: toniwili@gmail.com

Abstract

The need for commercial buildings such as houses and shop-houses has increased significantly. This study aims to analyze the effect of adding a shear wall on the structural performance of a shop-house building in the Citraland Sampali Project. The problem is focused on comparing the structural response to seismic loads before and after adding a shear wall based on pushover analysis. To approach this problem, theoretical references from SNI 1726:2019 on seismic resistance planning for buildings and the ATC-40 method for determining structural performance levels were used. Data were collected through field observation, technical building data from the developer, and a literature review of related journals and theses, then analyzed quantitatively using SAP2000 software. The results show that the structure without a shear wall produced a maximum displacement of 0.177016 m in the X direction and 0.152827 m in the Y direction, with story drift values of 0.011494 and 0.009923, while the structure with a shear wall produced displacements of 0.130567 m and 0.133305 m, with story drift values of 0.00847 and 0.00865. Both models fall within the Immediate Occupancy (IO) performance level according to ATC-40. This study concludes that adding a shear wall significantly increases lateral stiffness, reduces deformation, and optimizes the seismic performance of the shop-house structure compared to without a shear wall.

Keywords: *shear wall; pushover analysis; structural performance; story drift; atc-40*

Abstrak

Kebutuhan akan bangunan komersial berupa Rumah dan Ruko mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan shear wall terhadap kinerja struktur ruko pada Proyek Citraland Sampali. Masalah difokuskan pada perbandingan respons struktur akibat beban gempa sebelum dan sesudah penambahan shear wall berdasarkan analisis pushover. Guna mendekati masalah ini dipergunakan acuan teori dari SNI 1726:2019 tentang perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan metode ATC-40 untuk menentukan tingkat kinerja struktur. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, pengambilan data teknis bangunan dari pihak pengembang, serta kajian pustaka berupa jurnal dan skripsi terkait, kemudian dianalisis secara kuantitatif menggunakan perangkat lunak SAP2000. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur tanpa *shear wall* menghasilkan *displacement* maksimum sebesar 0,177016 m pada arah X dan 0,152827 m pada arah Y dengan *story drift* sebesar 0,011494 dan 0,009923, sedangkan struktur dengan *shear wall* menghasilkan displacement sebesar 0,130567 m dan 0,133305 m dengan *story drift* 0,00847 dan 0,00865. Kedua model berada pada level kinerja *Immediate Occupancy* (IO) menurut ATC-40. Kajian ini menyimpulkan bahwa penambahan *shear wall* secara signifikan meningkatkan kekakuan lateral, menurunkan deformasi, serta mengoptimalkan kinerja seismik struktur ruko dibandingkan tanpa shear wall.

Kata Kunci: *shear wall*; analisis pushover; kinerja struktur; *story drift*; atc-40

PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi di wilayah Deli Serdang, terutama di kawasan Proyek Citraland Sampali, kebutuhan akan bangunan komersial berupa Rumah dan Ruko mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Ruko merupakan tipe bangunan fungsional yang menggabungkan fungsi hunian dan tempat usaha dalam satu unit, menjadikannya sebagai investasi properti yang sangat produktif di era modern. Gedung-gedung ruko di kawasan ini umumnya dibangun dengan struktur beton bertulang bertingkat rendah hingga menengah yang didesain menggunakan sistem portal terbuka (Altatri, 2022).

Namun demikian, desain portal terbuka pada bangunan ruko seringkali memiliki kelemahan struktural yang cukup krusial. Kekuatan bangunan terhadap beban lateral (*lateral load*), seperti angin atau getaran tanah akibat gempa bumi, menjadi berkurang secara signifikan. Citraland Sampali adalah proyek pengembangan perumahan vertikal dan horizontal yang sedang berlangsung di Medan, dengan fokus pada bangunan tinggi yang rentan terhadap gaya lateral akibat gempa. Struktur bangunan seperti ini sering kali mengalami deformasi, retak, atau bahkan keruntuhan jika tidak dirancang dengan baik untuk menahan beban seismik. *shear wall*, atau dinding geser, merupakan elemen struktural yang efektif untuk meningkatkan kekakuan lateral, kekuatan geser, dan kapasitas redaman energi selama gempa. Penambahan *shear wall* secara rekayasa yaitu melalui perencanaan strategis berdasarkan analisis numerik dan simulasi dapat mengoptimalkan kinerja seismik tanpa menambah biaya konstruksi secara berlebihan. Namun, analisis mendalam diperlukan untuk memahami bagaimana penambahan ini mempengaruhi parameter seperti periode alami struktur, koefisien respons spektral, dan tingkat kerusakan pada elemen *non-struktural* (Jefri, 2023).

Fenomena terkini di bidang rekayasa seismik menyoroti penerapan teknologi seperti *Building Information Modeling* (BIM) dan analisis dinamik *non-linier* untuk memperkirakan respons struktur terhadap beban gempa. Dengan diperkenalkannya

Copyright ©2026, Author (s)
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.
https://doi.org/10.36312/jtm.v7i10.6830

standar terbaru seperti SNI 1726:2019 mengenai Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, serta kecenderungan global ke arah konstruksi ramah lingkungan dan tahan bencana setelah peristiwa seperti gempa Turkiye-Suriah 2023, penelitian ini penting untuk menggabungkan praktik rekayasa mutakhir dengan kondisi lokal di Indonesia. Pada proyek Citraland Medan Sampali, yang mencakup bangunan setinggi 20 lantai, evaluasi dampak dinding geser dapat menghasilkan data empiris tentang pengurangan risiko seismik, sehingga meminimalkan kerugian finansial dan korban manusia (Pratama, 2024).

Penelitian ini bertujuan mengkaji secara kuantitatif efek penambahan dinding geser pada performa seismik bangunan, dengan menggunakan teknik seperti analisis respons spektral dan simulasi gempa masa lalu. Hasilnya diantisipasi dapat meningkatkan desain bangunan di zona rentan gempa, mendorong pembangunan yang berkelanjutan, dan menyediakan saran praktis untuk para insinyur sipil di Indonesia. Oleh karena itu, skripsi ini tidak hanya bernilai akademis tetapi juga bermanfaat bagi sektor konstruksi domestik (Almajid, 2024).

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu pendekatan yang terstruktur dan sistematis untuk mengumpulkan, menganalisis, serta menginterpretasikan data dalam sebuah penelitian. Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dan analitis untuk mengevaluasi kinerja seismik pada bangunan bertingkat melalui analisis *pushover*. Pendekatan kuantitatif dilakukan dengan perhitungan matematis untuk memahami respons struktur terhadap beban gempa. Simulasi struktur dilaksanakan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Objek penelitian adalah Proyek Pembangunan Ruko Citraland yang terletak di JL. Kusuma Desa Sampali, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara.

Proyek Pembangunan Gedung Ruko Citraland berlokasi di Jl. Kusuma Desa Sampali, Kec. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, waktu pelaksanaan penelitian selama 60 hari. Dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 1. Lokasi Proyek (Google Maps, 2026)

Metode Pengumpulan Data

Dalam proses penyusunan laporan ini supaya lebih jelas maka dalam penelitian ini diterapkan beberapa langkah dalam pengumpulan data, yaitu:

1. Metode Observasi
   Metode ini merupakan teknik pengumpulan data yang diperoleh langsung dari lokasi pembangunan yang diteliti, bertujuan untuk mendapatkan data yang akurat dan faktual sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan.
2. Pengambilan Data
   Pengambilan data dilakukan dengan cara peneliti secara langsung mengunjungi lokasi penelitian untuk mengumpulkan data yang diperlukan. Data ini diperoleh dari PT. Mitra Hoki Nusantara sebagai sumber informasi utama.
3. Membaca Study Keputusan
   Dalam proses pengumpulan data, peneliti melakukan kajian pustaka dengan membaca berbagai sumber seperti jurnal, skripsi, dan artikel yang relevan dengan topik penelitian sebagai dasar dan pembanding laporan penelitian.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pembebanan

Dalam tahapan analisis struktur Pembebanan merupakan tahapan penting karena menentukan respons bangunan terhadap gaya yang bekerja. Dalam penelitian ini, beban yang diperhitungkan terdiri dari beban mati, beban mati berasal dari berat sendiri elemen struktural maupun non-struktural yang bersifat permanen, dan beban hidup, beban hidup merupakan beban akibat aktivitas penghuni yang sifatnya sementara. Seluruh pembebanan ditetapkan mengacu pada SNI 1727:2020 agar sesuai dengan standar perencanaan di Indonesia.

Perhitungan Beban Mati Tambahan Pada Balok

1. Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 1-4

a. Tinggi Lantai 1-4 = 4 m
b. Ketebalan Dinding = 0,15 m
c. Bj Dinding/Tembok = 2.400 kg/m³

Tabel 5. Perhitungan Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 1-4

Beban	Lebar Dinding (m)	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Volume Dinding (m³)	Total (kg/m)
Pada Lantai 1-4	0,25	0,50	3,5	3,500	14.00

2. Beban Mati Tambahan Dinding Atap
a. Tinggi Lantai Atap = 3,4 m
b. Ketebalan Dinding = 0,15 m
c. Bj Dinding/Tembok = 2.400 kg/m³

Tabel 6. Perhitungan Beban Mati Tambahan Dinding Atap

Beban	Lebar Dinding (m)	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Volume Dinding (m³)	Total (kg/m)
Pada atap	0,20	0,40	3	0,450	108,00

Berat Total Bangunan

Perhitungan berat total bangunan setiap lantai akan diuraikan pada tabel- tabel berikut ini:

1. Berat Lantai 1

Tabel 7. Perhitungan berat lantai 1

Jenis Struktur	Lebar (b) (m)	Tinggi (h) (m)	Panjang (L) (m)	Jumlah	BJ (kN/m^2)	Total (kN)
Beban Mati PL1	5		4.425	6	4.45	590.74
Beban Mati PL2	5		4.5	6	4.45	600.75
BI-1	0.25	0.5	5	17	24	255.00
BI-2	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-3	0.25	0.5	4.5	7	24	94.50
BI-4	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-5	0.25	0.5	5	6	24	90.00
K1	0.30	0.5	-	21	24	75.60
K2	0.20	0.20	-	7	24	6.72
Dinding BI-1			5	17	24.00	2040.00
Dinding BI-2			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-3			4.5	7	24.00	756.00
Dinding BI-4			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-5			5	6	24.00	720.00
Beban Hidup PL1	5		4.425	6	2.50	331.88
Beban Hidup PL2	5		4.5	6	2.50	337.50
				S berat (Wi) lantai 1		8166.68

2. Berat Lantai 2

Tabel 8. Perhitungan berat lantai 2

Jenis Struktur	Lebar (b) (m)	Tinggi (h) (m)	Panjang (L) (m)	Jumlah	BJ (kN/m^2)	Total (kN)
Beban Mati PL1	5		4.425	6	4.45	590.74
Beban Mati PL2	5		4.5	6	4.45	600.75
BI-1	0.25	0.5	5	17	24	255.00

BI-2	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-3	0.25	0.5	4.5	7	24	94.50
BI-4	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-5	0.25	0.5	5	6	24	90.00
KI	0.30	0.5	0	21	24	75.60
Dinding BI-1			5	17	24.00	2040.00
Dinding BI-2			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-3			4.5	7	24.00	756.00
Dinding BI-4			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-5			5	6	24.00	720.00
Beban Hidup PL1	5		4.425	6	2.50	331.88
Beban Hidup PL2	5		4.5	6	2.50	337.50
				S berat (Wi) lantai 2		8159.96

3. Berat Lantai 3

Tabel 9. Perhitungan Lantai 3

Jenis	Lebar (b)	Tinggi (h)	Panjang (L)	Jumlah	BJ	Total
Struktur	(m)	(m)	(m)		(kN/m^2)	(kN)
Beban Mati PL1	5		4.425	6	4.45	590.74
Beban Mati PL2	5		4.5	6	4.45	600.75
BI-1	0.25	0.5	5	17	24	255.00
BI-2	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-3	0.25	0.5	4.5	7	24	94.50
BI-4	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-5	0.25	0.5	5	6	24	90.00
KI	0.30	0.5	0	21	24	75.60
Dinding BI-1			5	17	24.00	2040.00
Dinding BI-2			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-3			4.5	7	24.00	756.00
Dinding BI-4			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-5			5	6	24.00	720.00
Beban Hidup PL1	5		4.425	6	2.50	331.88
Beban Hidup PL2	5		4.5	6	2.50	337.50
				S berat (Wi) lantai 3		8159.96

4. Berat Lantai 4

Tabel 10. Perhitungan Berat Lantai 4

Jenis	Lebar (b)	Tinggi (h)	Panjang (L)	Jumlah	BJ	Total
Struktur	(m)	(m)	(m)		(kN/m^2)	(kN)
Beban Mati PL1	5		4.425	6	4.45	590.74
Beban Mati PL2	5		4.5	6	4.45	600.75

BI-1	0.25	0.5	5	17	24	255.00
BI-2	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-3	0.25	0.5	4.5	7	24	94.50
BI-4	0.25	0.5	6	7	24	126.00
BI-5	0.25	0.5	5	6	24	90.00
KI	0.30	0.5	0	21	24	75.60
Dinding BI-1			5	17	24.00	2040.00
Dinding BI-2			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-3			4.5	7	24.00	756.00
Dinding BI-4			6	7	24.00	1008.00
Dinding BI-5			5	6	24.00	720.00
Beban Hidup PL1	5		4.425	6	2.50	331.88
Beban Hidup PL2	5		4.5	6	2.50	337.50
				S berat (Wi) lantai 4		8159.96

1. Berat Lantai Atap

Tabel 11. Perhitungan Berat Lantai Atap

Jenis Struktur	Lebar (b) (m)	Tinggi (h) (m)	Panjang (L) (m)	Jumlah	BJ (kN/m^2)	Total (kN)
Beban Mati PL1	2.2		4.425	6	2.89	168.69
Beban Mati PL2	2.2		4.5	6	2.89	171.55
BI-1	0.20	0.4	2.2	18	24	76.03
BI-2	0.20	0.4	4.425	9	24	76.46
BI-3	0.20	0.4	4.5	9	24	77.76
Dinding BI-1			2.2	18	24.00	950.40
Dinding BI-2			4.425	9	24.00	955.80
Dinding BI-3			4.5	9	24.00	972.00
Beban Hidup PL1	2.2		4.425	6	0.96	56.07
Beban Hidup PL2	2.2		4.5	6	0.96	57.02
				S berat (Wi) lantai Atap		3561.79

Perhitungan Beban Gempa Statik *Eqivalen* Pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726:2019

1. Menentukan parameter percepatan batuan dasar, yaitu Ss (pada periode pendek) dan SI (pada periode 1 detik). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017 Peta spektrum respons percepatan periode 0,2 detik (Ss) dengan redaman 5 %
   dibatuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampauai 2% dalam 50 tahun.
   Ss = 0,6 - 0,7 g digunkan Ss = 0.65 g
   Peta spektrum respons percepatan perioda 1,0 detik (SI) dengan redaman 5 %
   dibatuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampauai 2% dalam 50 tahun
   SI = 0,3 - 0,4 g digunkan SI = 0.35 g

2. Menentukan koefisien Situs, Fa dan Fv Fa adalah faktor amplifikasi periode pendek 0,2 detik
   Ss = 0.65 g
   Kondisi Tanah = Tanah Keras (SC)
   Fa = 1.24
   Fv adalah faktor amplifikasi periode pendek 1,0 detik
   SI = 0.35 g
   Kondisi Tanah = Tanah Keras (SC)
   Fv = 1.50

1. Menentukan Parameter Respon Spektrum Desain Spektrum respons

percepatan di permukaan.
Parameter respon spektrum pada perioda pendek (SMs)
SMs = Fa x Ss
= 0.806 g
Parameter respon spektrum pada perioda 1 detik (SM1)
SM1 = Fv x SI
= 0.525 g
Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (SDS)
SDS = 2/3 x SMs
= 0.54 g
Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik (SD1)
SD1 = 2/3 x SM1
= 0.35 g

4. Menentukan Kategori Desain Seismik
Kategori resiko bangunan = II (Perumahan/RUKO)
Faktor keutamaan gempa (I) = 1.0
Kategori Desain Seismik (KDS) = D
Sistem struktur = Rangka Beton Pemikul Momen Khusus
Koefisien modifikasi respon (R) = 8

5. Menghitung Waktu Getar Alami Struktur
Jumlah lantai = 4 lantai
Tinggi Total (h) = 15,4 m
Sistem struktur = Rangka Beton Pemikul Momen Khusus
SD1 = 0.35 g
Ct = 0.0466
X = 0.9
Cu = 1.4
Waktu getar (periode) alami struktur (T)
Ta = Ct*(h^x) = 0.55 detik
Tmax = Cu*Ta = 0.73 detik
Tc 1 (Mode 1) = 0,41739 detik
Tc 2 (Mode 2) = 0,35426 detik
Syarat periode struktur (T) yang digunakan :
Jika Tc > Tmax maka, gunakan T = Tmax
Jika Ta ≤ Tc ≤ Tmax maka, gunakan T = Tc (terbesar)
Jika Tc < Ta maka, gunakan T = Ta
Maka T pakai = 0.55 detik

6. Gaya Geser Dasar
T periode panjang (TL) = 20 detik
T pakai (T) = 0.55 detik
SI = 0.35 g
a) Menentukan nilai Koefisien Respon Seismik (Cs)
Dengan 3 cara dan digunakan nilai terbesar
Cs ditentukan dengan persamaan:
Cs = SDS / (R/I) = 0.067
Syarat 1 : apabila T ≤ TL, maka Cs tidak perlu melebihi:
Cs max = SD1 / (T*(R/I)) = 0.080
Syarat 2 : apabila T > TL , maka Cs tidak perlu melebihi:
Cs max = (SD1*TL) / (T^2)*(R/I) = 2.936
Syarat 3: untuk nilai SI ³ 0,6 g, maka Cs harus lebih dari:
Cs min = (0,5*SI) / (R/I) = 0.022
Cs harus lebih dari:
Cs min = 0,044*SDS*I = 0.024> 0,01
Maka Cs pakai = 0.067
b) Menentukan Gaya Geser Dasar (V)
Berat Total (Wt) = 36208.36 kN
V = Cs*Wt = 2431.99 kN

Menghitung Gaya Horizontal Gempa Statik Ekivalen (Fi)

$$Fi = \frac{Wi \,.\, hi^k}{\sum Wi \,.\, hi^k} V$$

dimana :

Fi = Gaya horizontal gempa tiap lantai
Wi = Berat perlantai bangunan gedung tiap lantai
hi = Tinggi (m) bangunan tiap lantai
k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

· Untuk struktur dengan T < 0.5 detik ; k = I
· Untuk struktur dengan T > 2.5 detik ; k = 2
· Untuk struktur dengan nilai 0,5 < T < 2,5 ; k = 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier T (waktu getar

T (waktu getar alami) = 0.55 detik k = Perlu di Interpolasi
k = I

Maka k = 1.02 (Hasil interpolasi)

Tabel 12. Distribusi Gaya Gempa Statik Ekivalen Bangunan Perlantai

Lantai	Wi	Hi	Hi^k	Wi*(Hi^k)	Fi
(i)	(kN)	(m)	(m)	(kNm)	(kN)
dak/Atap	3561.79	3.4	3.497	12455.42	206
4	8159.96	4	4.129	33696.22	556
3	8159.96	4	4.129	33696.22	556
2	8159.96	4	4.129	33696.22	556
I	8166.68	4	4.129	33723.97	557
			S	147268.03	2431.99

Kontrol : V = S Fi
2431.99 = 2431.99 kN OK

Hasil Simulasi Analisis Pushover Dengan Menggunakan SAP2000

Melalui simulasi analisis *pushover* menggunakan perangkat lunak SAP2000, respons *nonlinier* struktur terhadap beban lateral dapat dipetakan hingga mencapai batas keruntuhan. Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas struktural dalam memikul beban gempa, mendeteksi titik-titik lemah pada komponen, serta mengukur tingkat kinerja struktur merujuk pada standar seismik FEMA 356, ATC-40, dan SNI 1726:2019.

Salah satu luaran utama yang dihasilkan oleh SAP2000 dalam proses ini adalah kurva kapasitas (*pushover curve*), yang menggambarkan korelasi antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan atap (*roof displacement*). Struktur awalnya menunjukkan perilaku elastis linier saat menerima beban awal. Kendati demikian, peningkatan beban secara bertahap mendorong struktur masuk ke fase plastis, yang diindikasikan oleh kemunculan sendi plastis pada elemen kritis seperti hubungan balok-kolom dan bagian dasar dinding geser.

Selain itu, SAP2000 juga menampilkan penyebaran sendi plastis pada setiap tahapan pembebanan, yang sangat berguna untuk memahami mekanisme kegagalan struktur. Apabila sendi plastis terkonsentrasi pada satu tingkat tertentu, misalnya akibat fenomena *soft story*, maka struktur berpotensi mengalami kegagalan lokal hingga keruntuhan progresif. Oleh karena itu, hasil analisis ini menjadi dasar penting dalam menentukan kebutuhan perkuatan struktur guna meningkatkan kinerja seismik bangunan.

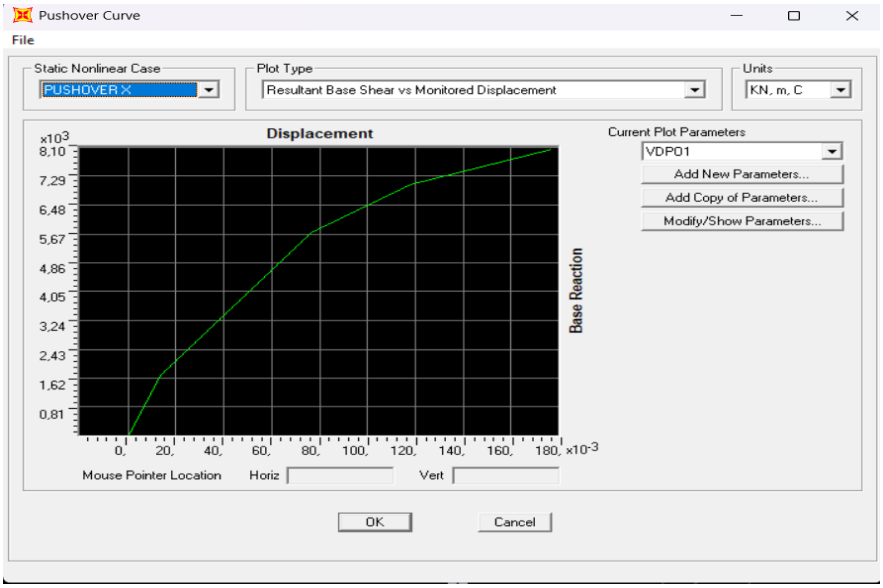
Selain itu, hasil analisis menunjukkan story *displacement* dan *story drift*, yang mengukur perpindahan horizontal dan deformasi relatif antar lantai. Jika nilai *story drift ratio* melebihi batas yang diizinkan oleh standar seismik, maka perlu dilakukan perbaikan desain, seperti penambahan elemen peredam energi, peningkatan kekakuan lateral, atau redistribusi massa dan kekuatan struktur

Kurva Kapasitas

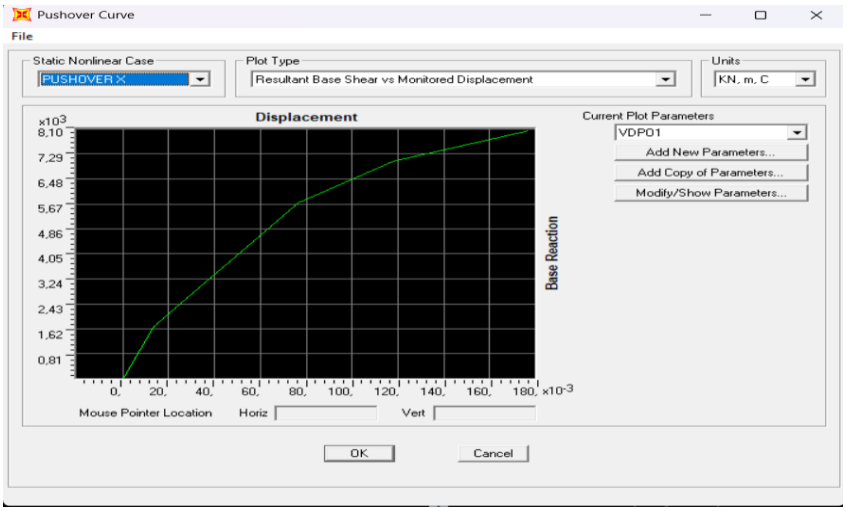
Kurva kapasitas (*pushover curve*) merupakan keluaran analisis statik nonlinier yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan struktur. Grafik ini dipakai untuk menilai bagaimana struktur bereaksi terhadap peningkatan beban lateral secara bertahap, misalnya akibat gempa. Analisis *pushover* penting untuk menentukan kapasitas struktur dan mengevaluasi kinerja bangunan saat diguncang. Apabila pada tahap lanjut muncul ketidaklinieran yang signifikan, hal tersebut dapat mengindikasikan mulai terjadinya perilaku plastis pada elemen struktur, sehingga perlu pemeriksaan lebih lanjut untuk menilai tingkat keselamatan dan kemungkinan perlunya perkuatan. Analisis ini sangat berguna dalam menetapkan titik kinerja bangunan sesuai pedoman seperti ATC-40 dan FEMA 356. Jika kurva memperlihatkan titik nonlinier yang nyata atau tanda-tanda pelelehan elemen, maka evaluasi tambahan wajib dilakukan untuk menentukan kebutuhan perkuatan.

1. Kurva Kapasitas (*Pushover Curve*) Arah X

Gambar 38 memperlihatkan kurva pushover dari analisis statik *nonlinier* untuk arah dorong (PUSH X) pada struktur tanpa *shear wall*, sedangkan, Gambar 39 menunjukkan kurva *pushover* pada struktur yang dilengkapi *shear wall*. Kedua grafik mengilustrasikan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan terpantau (*monitored displacement*) yang digunakan untuk menilai respons struktur terhadap peningkatan beban lateral secara bertahap. Pada struktur tanpa *shear wall*, hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan masih cenderung linier, menunjukkan perilaku elastis di mana kenaikan perpindahan diikuti oleh peningkatan gaya geser dasar sehingga struktur masih mampu menahan beban lateral tanpa mengalami kegagalan dini. Sebaliknya, struktur dengan *shear wall* memperlihatkan kurva dengan kapasitas lebih besar mampu menahan gaya geser dasar lebih tinggi pada nilai perpindahan tertentu yang mengindikasikan peningkatan kekakuan dan kekuatan serta kinerja lateral yang lebih baik.



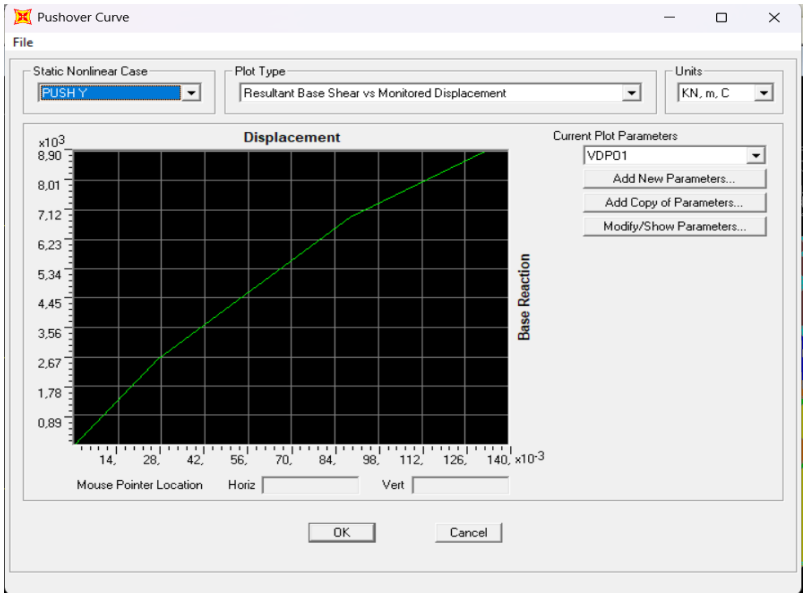
Gambar 41. Kurva Kapasitas (*Pushover Curve*) Final POA X Struktur Tanpa Menggunakan *Shearwall* (SAP2000)



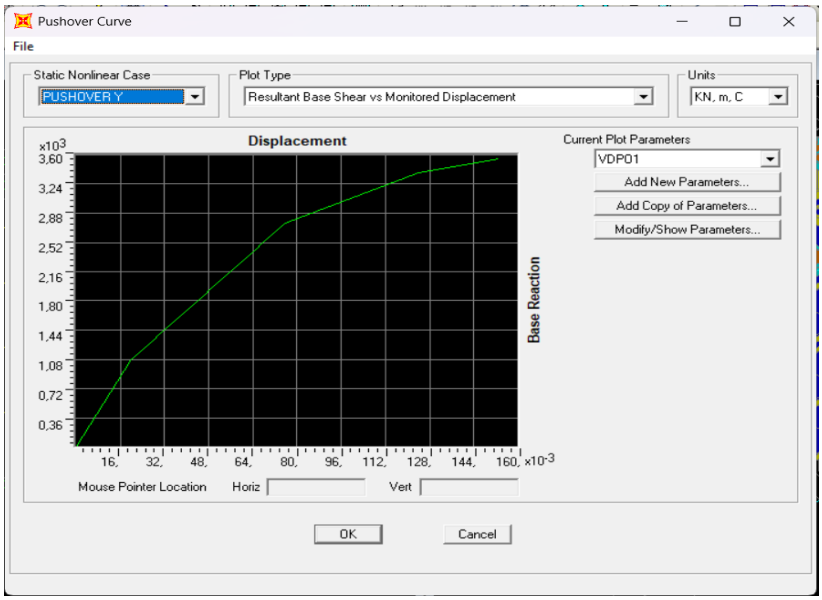
Gambar 42. Kurva Kapasitas (*Pushover Curve*) Final POA X Struktur Dengan Menggunakan *Shearwall* (SAP2000)

2. Kurva Kapasitas (*Pushover Curve*) Arah Y

Gambar 41 memperlihatkan kurva pushover hasil analisis statik nonlinier untuk arah dorong (PUSH Y) pada struktur tanpa *shear wall*, sedangkan Gambar 42 memperlihatkan kurva pushover pada struktur yang sama setelah diberi *shear wall*. Kedua grafik menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan terpantau (*monitored displacement*) untuk mengevaluasi respons struktur terhadap beban lateral yang bertambah secara bertahap. Pada struktur tanpa *shear wall*, hubungan gaya geser dasar dan perpindahan masih cenderung linier, menandakan perilaku elastis di mana peningkatan perpindahan sejalan dengan kenaikan gaya geser dasar sehingga struktur masih mampu menahan beban lateral tanpa mengalami keruntuhan dini. Sebaliknya, struktur dengan *shear wall* menunjukkan kurva dengan kapasitas lebih besar mampu menahan gaya geser dasar yang lebih tinggi pada nilai perpindahan tertentu yang mengindikasikan peningkatan kekakuan dan kekuatan serta kinerja yang lebih baik terhadap beban lateral arah Y.



Gambar 43. Kurva Kapasitas (*Pushover Curve*) Final POA Y Struktur Tanpa Menggunakan *Shearwall* (SAP2000)



Gambar 44. Kurva Kapasitas (*Pushover Curve*) Final POA Y Struktur Dengan Menggunakan *Shearwall* (SAP2000)

Perkembangan Pembentukan Sendi Plastis

Perkembangan pembentukan sendi plastis dalam suatu struktur terjadi secara bertahap seiring dengan peningkatan beban lateral, seperti yang disimulasikan dalam analisis pushover. Pada tahap awal, struktur masih berada dalam kondisi elastis, di mana gaya yang diterima sebanding dengan deformasi yang terjadi. Dalam kondisi ini, semua elemen struktur masih mampu kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan.

1. Kurva Kapasitas (Pushover Curve) Arah X

Tabel 13 dan Tabel 14 menunjukkan perkembangan respons struktur terhadap beban gempa berdasarkan metode *pushover* arah X.

Tabel 1. *Pushover Curve*- Final POA X Struktur Tanpa *Shearwall* (SAP 2000, 2026)

Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	Beyond E	Total
	m	KN									
0	-6.68E-14	0,00	760	0	0	0	0	0	0	0	760
1	13,558,149	1707648,69	760	0	0	0	0	0	0	0	760
2	76,772,889	5712235,72	648	52	60	0	0	0	0	0	760

3	117,756,241	7061807,26	589	75	72	2	0	22	0	0	760
4	177,015,775	8046789,02	560	70	71	24	0	35	0	0	760

Step 0 (*Displacement* = 0,000000 m, *Base Force* = 0,000 kN)

Struktur masih berada dalam kondisi awal tanpa adanya beban lateral yang bekerja secara signifikan. Seluruh elemen struktur sebanyak 760 elemen masih berada pada kondisi elastis (A–B), sehingga belum terjadi deformasi permanen maupun kerusakan pada struktur.

Step 1 (*Displacement* = 0,013558 m, *Base Force* = 1.707,649 kN)

Struktur mulai mengalami perpindahan awal akibat peningkatan beban lateral. Seluruh 760 elemen masih berada pada kondisi elastis (A–B), sehingga respons struktur masih sepenuhnya linier dan belum menunjukkan indikasi terbentuknya sendi plastis. Kinerja struktur masih berada pada kondisi Immediate Occupancy (IO).

Step 2 (*Displacement* = 0,076773 m, *Base Force* = 5.712,236 kN)

Seiring bertambahnya beban lateral, perpindahan struktur meningkat secara signifikan. Jumlah elemen yang masih berada pada kondisi elastis (A–B) berkurang menjadi 648 elemen, sementara 52 elemen telah mencapai tahap B–IO dan 60 elemen telah berada pada tahap IO–LS. Hal ini menunjukkan bahwa plastisitas mulai berkembang pada beberapa bagian struktur. Namun secara umum struktur masih mampu mempertahankan kestabilannya dan berada pada tingkat kinerja antara *Immediate Occupancy* (IO) dan menuju *Life Safety* (LS).

Step 3 (*Displacement* = 0,117756 m, *Base Force* = 7.061,807 kN)

Perilaku nonlinier struktur semakin terlihat dengan bertambahnya jumlah elemen yang mengalami kerusakan. Elemen pada kondisi A–B berkurang menjadi 589 elemen, sedangkan 75 elemen berada pada tahap B–IO, 72 elemen pada tahap IO–LS, dan 2 elemen telah mencapai tahap LS–CP. Selain itu, terdapat 22 elemen yang telah berada pada tahap C–D, yang menunjukkan terjadinya kerusakan yang lebih serius pada beberapa bagian struktur. Secara keseluruhan, struktur berada pada tingkat kinerja *Life Safety* (LS).

Step 4 (*Displacement* = 0,177016 m, *Base Force* = 8.046,789 kN)

Struktur mengalami deformasi yang lebih besar dengan perkembangan kerusakan yang semakin signifikan. Jumlah elemen elastis (A–B) menurun menjadi 560 elemen, sementara 70 elemen berada pada tahap B–IO, 71 elemen pada tahap IO–LS, dan 24 elemen telah mencapai tahap LS–CP. Selain itu, terdapat 35 elemen yang berada pada tahap C–D, menunjukkan bahwa sebagian elemen telah mengalami kerusakan berat dan mendekati kondisi kehilangan kapasitas. Kinerja struktur pada tahap ini berada pada tingkat *Life Safety* (LS) dan mulai mendekati kondisi *Collapse Prevention* (CP).

Tabel 2. *Pushover Curve*- Final POA X Struktur Dengan *Shearwall* (SAP2000, 2026)

Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	m	KN									
0	-9.88E-14	0,00	760	0	0	0	0	0	0	0	760
1	9,265,662	3009605,67	759	1	0	0	0	0	0	0	760
2	72,499,358	17667746,55	621	75	56	4	0	4	0	0	760
3	130,567,496	25290121,90	550	96	74	1	0	39	0	0	760

Step 0 (*Displacement* = -0,000000 mm, *Base Force* = 0,00 N)

Struktur masih berada pada kondisi awal tanpa adanya pembebanan lateral yang signifikan. Seluruh elemen, yaitu sebanyak 760 elemen, masih berada pada tahap elastis (A–B), sehingga belum terjadi deformasi maupun kerusakan pada struktur.

Step 1 (Displacement = 0,9266 mm, *Base Force* = 3.009.605,67 N)

Struktur mulai merespons pembebanan lateral dengan perpindahan yang masih relatif kecil. Sebagian besar elemen masih berada dalam kondisi elastis, yaitu sebanyak 759 elemen pada tahap A–B, sementara 1 elemen telah memasuki tahap B–IO yang menandakan awal terbentuknya sendi plastis. Secara keseluruhan, struktur masih berada pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

Step 2 (Displacement = 0,72499 mm, Base Force = 17.667.746,55 N)

Perpindahan dan gaya geser dasar meningkat secara signifikan, menunjukkan berkembangnya perilaku *nonlinier* pada struktur. Jumlah elemen elastis berkurang menjadi 621 elemen, sementara 75 elemen berada pada tahap B–IO dan 56 elemen mencapai tahap IO–LS. Selain itu, terdapat 4 elemen pada tahap LS–CP dan 4 elemen pada tahap C–D. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian elemen telah mengalami plastisitas yang cukup berkembang, namun secara umum struktur masih berada pada rentang kinerja antara *Immediate Occupancy* (IO) dan *Life Safety* (LS).

Step 3 (*Displacement* = 0,130567 mm, *Base Force* = 25.290.121,90 N)

Pada tahap ini, struktur mengalami peningkatan deformasi yang cukup besar disertai kenaikan gaya geser dasar. Jumlah elemen yang masih elastis menurun menjadi 550 elemen, sedangkan elemen yang mengalami plastisitas meningkat menjadi 96 elemen pada tahap B–IO dan 74 elemen pada tahap IO–LS. Selain itu, terdapat 1 elemen pada tahap LS–CP dan 39 elemen telah mencapai tahap C–D yang menunjukkan kerusakan yang lebih lanjut pada beberapa bagian struktur. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perilaku

nonlinier telah berkembang secara signifikan dan kinerja struktur mulai mendekati tingkat *Life Safety* (LS) dengan beberapa elemen kritis menuju kondisi yang lebih parah.

2. Kurva Kapasitas (Pushover Curve) Arah Y

Tabel 15 dan 16 menunjukkan perkembangan respons struktur terhadap beban gempa berdasarkan metode pushover arah Y.

Tabel 3. *Pushover Curve*- Final POA Y Struktur Tanpa *Shearwall* (SAP2000, 2026)

Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	m	KN									
0	0,029755	0,00	760	0	0	0	0	0	0	0	760
1	19,999,308	1070627,40	760	0	0	0	0	0	0	0	760
2	75,652,059	2761342,86	672	60	28	0	0	0	0	0	760
3	123,980,205	3376577,65	621	64	55	14	0	6	0	0	760
4	152,826,696	3555481,40	597	73	52	23	0	15	0	0	760

Step 0 (*Displacement* = 0,000030 m, *Base Force* = 0,000 kN)

Struktur masih berada dalam kondisi awal tanpa adanya beban lateral yang signifikan. Seluruh 760 elemen masih berada pada kondisi elastis (A–B), sehingga belum terjadi deformasi permanen maupun kerusakan pada struktur. Respons struktur masih sepenuhnya linier dan seluruh elemen bekerja dalam batas elastisnya.

Step 1 (*Displacement* = 0,019999 m, *Base Force* = 1.070,627 kN)

Struktur mulai mengalami perpindahan awal akibat peningkatan beban lateral. Namun, seluruh 760 elemen masih berada pada kondisi elastis (A–B), sehingga belum terbentuk sendi plastis maupun kerusakan pada elemen struktur. Kinerja struktur masih berada pada level *Immediate Occupancy* (IO) dengan kemampuan kembali ke kondisi semula setelah beban dilepaskan.

Step 2 (*Displacement* = 0,075652 m, *Base Force* = 2.761,343 kN)

Perpindahan struktur meningkat seiring bertambahnya gaya lateral. Jumlah elemen yang masih berada pada kondisi elastis (A–B) berkurang menjadi 672 elemen, sementara 60 elemen telah mencapai tahap B–IO dan 28 elemen telah berada pada tahap IO–LS. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku plastis mulai berkembang pada beberapa bagian struktur. Meskipun demikian, sebagian besar elemen masih berada dalam kondisi aman dan struktur secara umum masih berada pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO) menuju *Life Safety* (LS).

Step 3 (*Displacement* = 0,123980 m, *Base Force* = 3.376,578 kN)

Perilaku nonlinier struktur semakin terlihat dengan meningkatnya jumlah elemen yang mengalami deformasi plastis. Elemen pada kondisi A–B berkurang menjadi 621 elemen, sedangkan 64 elemen berada pada tahap B–IO, 55 elemen pada tahap IO–LS, dan 14 elemen telah mencapai tahap LS–CP. Selain itu, terdapat 6 elemen yang telah berada pada tahap C–D, yang menunjukkan terjadinya kerusakan yang lebih signifikan pada beberapa bagian struktur. Secara keseluruhan, struktur berada pada tingkat kinerja *Life Safety* (LS) dan mulai menunjukkan penurunan kapasitas pada elemen-elemen tertentu.

Step 4 (*Displacement* = 0,152827 m, *Base Force* = 3.555,481 kN)

Struktur mengalami deformasi yang lebih besar dengan perkembangan kerusakan yang semakin meluas. Jumlah elemen elastis (A–B) menurun menjadi 597 elemen, sementara 73 elemen berada pada tahap B–IO, 52 elemen pada tahap IO–LS, dan 23 elemen telah mencapai tahap LS–CP. Selain itu, terdapat 15 elemen yang telah berada pada tahap C–D, yang menunjukkan bahwa sebagian elemen mengalami kerusakan berat dan mendekati kehilangan kapasitas dukungnya. Pada tahap ini, kinerja struktur berada pada tingkat *Life Safety* (LS) dan mulai mendekati kondisi *Collapse Prevention* (CP), meskipun struktur secara keseluruhan masih mampu menahan beban lateral yang bekerja.

Tabel 4. *Pushover Curve*- Final POA Y Struktur Dengan *Shearwall* (SAP2000, 2026)

Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	m	KN									
0	0,022812	0,00	760	0	0	0	0	0	0	0	760
1	26,897,905	2595921,99	759	1	0	0	0	0	0	0	760
2	89,158,189	6916781,49	661	61	38	0	0	0	0	0	760

3	132,590,507	8903946,98	619	65	62	13	0	1	0	0	760
4	132,591,092	8903954,11	619	65	62	13	0	1	0	0	760
5	133,305,072	8934716,81	618	66	61	14	0	1	0	0	760

Step 0 (*Displacement* = 0,022812 mm, *Base Force* = 0,00 N)

Struktur masih berada pada kondisi awal tanpa adanya pengaruh pembebanan lateral yang signifikan. Seluruh elemen, yaitu sebanyak 760 elemen, masih berada dalam kondisi elastis (A–B), sehingga belum terjadi deformasi maupun kerusakan pada struktur.

Step 1 (*Displacement* = 0,26898 mm, *Base Force* = 2.595.921,99 N) Struktur mulai menunjukkan respons awal terhadap pembebanan arah Y. Sebanyak 759 elemen masih berada pada tahap elastis (A–B), sedangkan 1 elemen telah memasuki tahap B–IO yang menandakan awal terbentuknya sendi plastis. Secara keseluruhan, struktur masih berada pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO) karena kerusakan yang terjadi masih sangat terbatas.

Step 2 (*Displacement* = 0,89158 mm, *Base Force* = 6.916.781,49 N)

Perpindahan struktur meningkat cukup signifikan seiring bertambahnya gaya geser dasar. Jumlah elemen elastis berkurang menjadi 661 elemen, sementara 61 elemen berada pada tahap B–IO dan 38 elemen mencapai tahap IO–LS. Kondisi ini menunjukkan mulai berkembangnya perilaku nonlinier pada struktur, meskipun belum terdapat elemen yang mencapai kondisi kerusakan berat. Secara umum, struktur masih berada pada rentang kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

Step 3 (*Displacement* = 0,132591 mm, *Base Force* = 8.903.946,98 N)

Pada tahap ini, deformasi struktur terus meningkat dan plastisitas mulai berkembang pada lebih banyak elemen. Terdapat 65 elemen pada tahap B–IO, 62 elemen pada tahap IO–LS, serta 13 elemen telah mencapai tahap LS–CP. Selain itu, terdapat 1 elemen yang berada pada tahap C–D yang menunjukkan terjadinya kerusakan lebih lanjut pada elemen tertentu. Meskipun sebagian besar elemen masih berada dalam kondisi elastis, kinerja struktur mulai bergerak menuju tingkat *Life Safety* (LS).

Step 4 (*Displacement* = 0,132591 mm, *Base Force* = 8.903.954,11 N)

Kondisi struktur pada tahap ini relatif sama dengan tahap sebelumnya. Distribusi tingkat kinerja elemen tidak mengalami perubahan, yaitu 619 elemen pada tahap A–B, 65 elemen pada tahap B–IO, 62 elemen pada tahap IO–LS, 13 elemen pada tahap LS–CP, dan 1 elemen pada tahap C–D. Hal ini menunjukkan bahwa struktur telah mencapai kondisi yang hampir stabil dengan perkembangan kerusakan yang sangat kecil. Kinerja struktur masih berada pada rentang *Life Safety* (LS).

Step 5 (*Displacement* = 0,133305 mm, *Base Force* = 8.934.716,81 N)

Pada tahap akhir analisis, perpindahan struktur mengalami sedikit peningkatan disertai kenaikan gaya geser dasar. Jumlah elemen elastis berkurang menjadi 618 elemen, sementara elemen pada tahap B–IO meningkat menjadi 66 elemen dan elemen pada tahap IO–LS menjadi 61 elemen. Jumlah elemen pada tahap LS–CP meningkat menjadi 14 elemen, sedangkan 1 elemen tetap berada pada tahap C–D. Kondisi ini menunjukkan bahwa plastisitas terus berkembang secara bertahap, namun kerusakan berat masih sangat terbatas. Secara keseluruhan, struktur berada pada tingkat kinerja *Life Safety* (LS) dan masih mampu mempertahankan stabilitas globalnya.

4.2.3 *Story Displacement*

Hasil *Story Displacement* pada arah X dan arah Y menunjukkan adanya perbedaan perilaku deformasi struktur antara model tanpa *shear wall* dan model dengan *shear wall*. Pada model tanpa *shear wall*, perpindahan antar tingkat bangunan cenderung lebih besar dan meningkat secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan lateral yang lebih rendah, sehingga lebih mudah mengalami deformasi akibat beban gempa.

Sebaliknya, pada model dengan *shear wall*, nilai *displacement* yang terjadi pada setiap tingkat bangunan relatif lebih kecil dibandingkan model tanpa *shear wall*. Meskipun pola peningkatan *displacement* tetap terjadi secara bertahap seiring bertambahnya tahapan pembebanan, namun besarnya perpindahan dapat dikendalikan dengan lebih baik. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan *shear wall* mampu meningkatkan kekakuan struktur secara signifikan, sehingga respons deformasi menjadi lebih kecil dan lebih stabil.

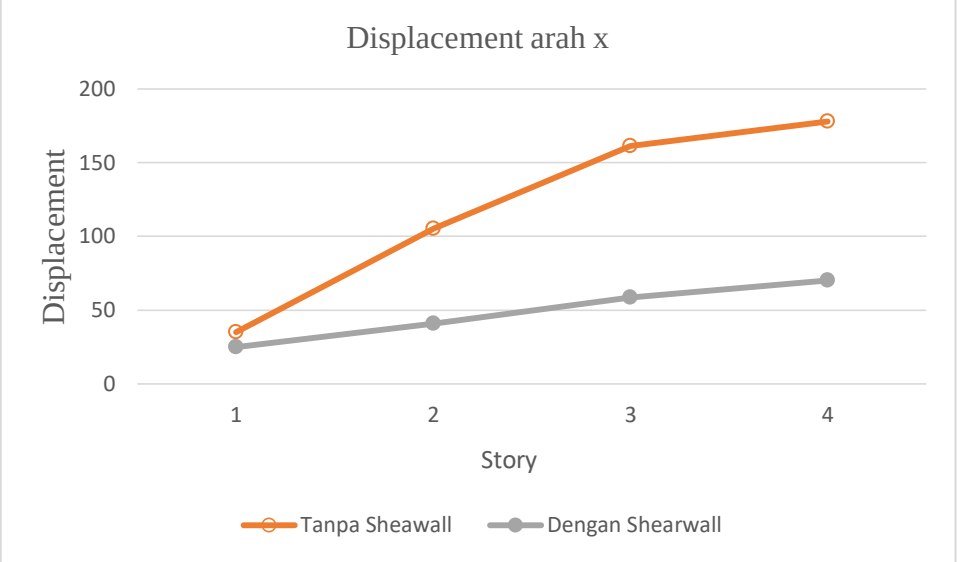
Jika dibandingkan berdasarkan arah pembebanan, baik pada arah X maupun arah Y, model dengan *shear wall* menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam menahan beban lateral. Pengurangan *displacement* yang terjadi menunjukkan bahwa *shear wall* berperan efektif dalam membatasi simpangan antar lantai (*story drift*), serta meningkatkan stabilitas struktur secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, grafik *Story Displacement* pada kedua model memberikan gambaran yang jelas bahwa penggunaan *shear wall* mampu meningkatkan kinerja struktur terhadap beban gempa. Struktur dengan *shear wall* memiliki deformasi yang lebih kecil dan distribusi kekakuan yang lebih merata, sehingga lebih aman dibandingkan struktur tanpa *shear wall*. Tabel 17 menyajikan nilai *displacement* pada arah X dan Y untuk kedua model, sedangkan Gambar 45 dan Gambar 46 masing-masing menunjukkan grafik *Story Displacement* arah X dan arah Y sebagai perbandingan kinerja struktur.

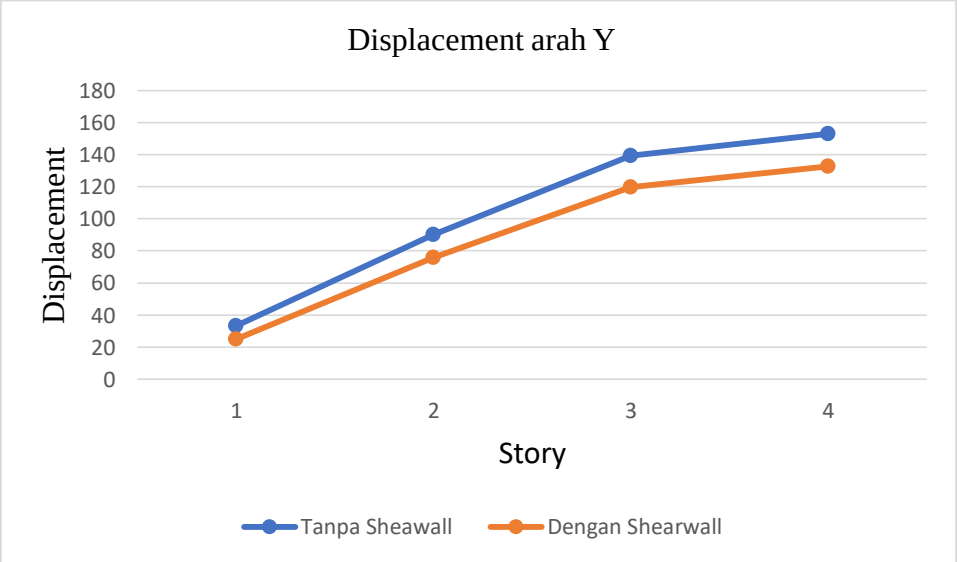
Tabel 5. Nilai *Displacement* Arah X dan Y (Excel V20, 2026)

	Tanpa Shearwalll		Dengan Shearwalll	
story	Displacement x (mm)	Displacement y (mm)	Displacement x (mm)	Displacement y (mm)

4	177.81	152.82	70.36	132.59
3	161.06	139.36	58.53	119.54
2	105.23	90.21	41.01	75.66
1	35.12	33.44	20.12	25.00



Gambar 45. Grafik *Story Displacement* Arah X (Excel V20, 2026)



Gambar 46. Grafik *Story Displacement* Arah Y (Excel V20, 2026)

Story Drift Ratio

Story drift didefinisikan sebagai perbedaan perpindahan relatif antar lantai yang timbul akibat pengaruh beban gempa dan digunakan sebagai salah satu indikator utama dalam mengevaluasi kinerja deformasi struktur. Nilai *story drift* disajikan pada tabel untuk setiap tingkat, mulai dari Story 1 hingga Story 4, sehingga pola deformasi sepanjang tinggi bangunan dapat dianalisis secara sistematis.

Berdasarkan hasil analisis Final POA arah X, terlihat bahwa pada model tanpa *shear wall* nilai *story drift* cenderung lebih besar dan menunjukkan peningkatan dari lantai atas menuju lantai bawah. *Drift* maksimum umumnya terjadi pada lantai bawah (*Story* 1), sedangkan nilai minimum berada pada lantai paling atas (*Story* 5). Pola ini mengindikasikan bahwa deformasi lateral lebih terkonsentrasi pada bagian bawah struktur akibat akumulasi gaya geser dan keterbatasan kekakuan lateral. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa adanya *shear wall*, struktur lebih rentan mengalami simpangan yang besar, terutama pada lantai bawah.

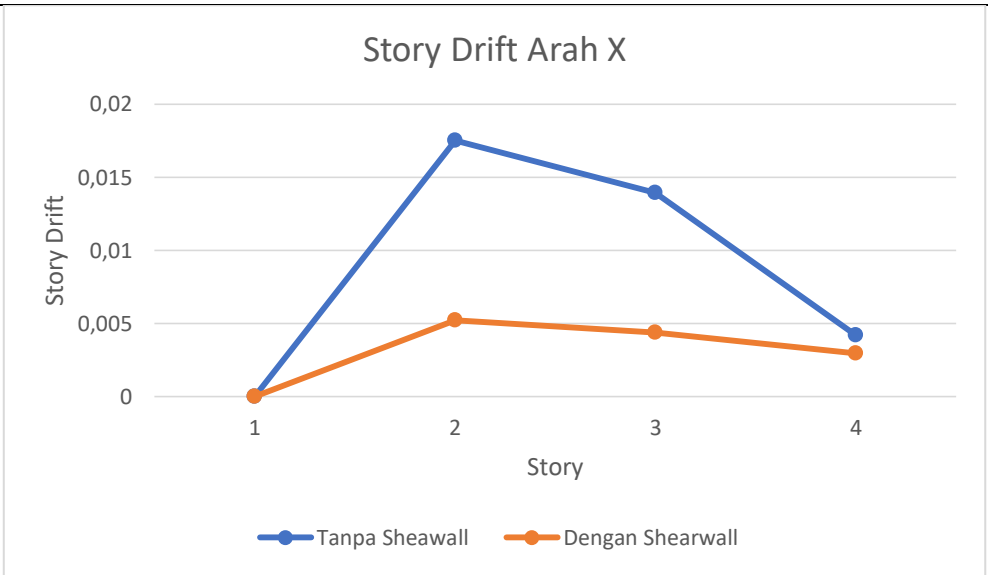
Sebaliknya, pada model dengan *shear wall*, nilai *story drift* yang dihasilkan pada arah X menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dibandingkan model tanpa *shear wall*. Meskipun pola distribusi *drift* masih serupa, yaitu lebih besar pada lantai bawah, namun besarnya simpangan relatif antar lantai dapat dikendalikan dengan lebih baik. Keberadaan *shear wall* meningkatkan kekakuan struktur sehingga mampu mereduksi deformasi lateral dan mendistribusikan gaya gempa secara lebih merata.

Pada analisis Final POA arah Y, perbandingan antara kedua model juga menunjukkan kecenderungan yang sama. Model tanpa *shear wall* menghasilkan nilai *story drift* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan model yang menggunakan *shear wall*. Hal ini menunjukkan bahwa struktur tanpa elemen penahan gaya lateral tambahan memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi terhadap beban gempa. Sementara itu, penggunaan *shear wall* pada arah Y terbukti mampu menurunkan nilai *drift* secara signifikan, sehingga respons struktur menjadi lebih kaku dan stabil.

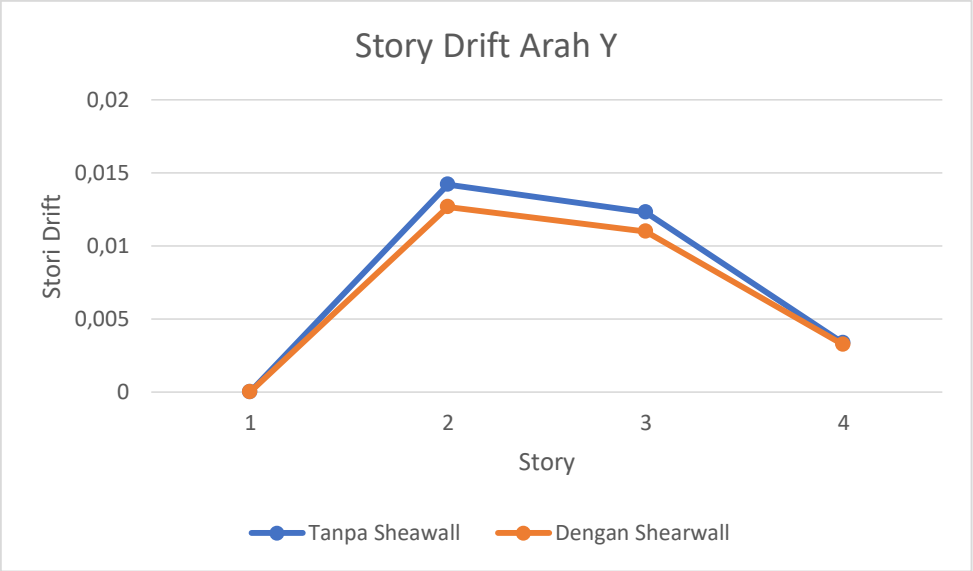
Secara keseluruhan, perbandingan hasil *story drift* pada kedua model menunjukkan bahwa penggunaan *shear wall* memberikan pengaruh yang sangat signifikan dalam meningkatkan kinerja struktur terhadap beban gempa. Struktur dengan *shear wall* memiliki nilai *drift* yang lebih kecil dan lebih terkontrol dibandingkan struktur tanpa *shear wall*. Nilai *story drift* yang dihasilkan pada kedua model masih berada dalam batas yang diizinkan berdasarkan kriteria kinerja struktur, namun model dengan *shear wall* menunjukkan tingkat keamanan yang lebih tinggi karena mampu membatasi deformasi lateral secara lebih efektif. . Tabel 18 menyajikan nilai *Story drift* pada arah X dan Y untuk kedua model, sedangkan Gambar 47 dan Gambar 48 masing-masing menunjukkan grafik *Story Drift* arah X dan arah Y sebagai perbandingan kinerja struktur.

Tabel 6. Nilai *Story Drift* X dan Y (Excel V20, 2026)

	Tanpa Shearwalll		Dengan Shearwalll	
Story	Story drift X (mm)	Story drift Y (mm)	Story drift X (mm)	Story drift Y (mm)
4	0.00419	0.00336	0.00296	0.00326
3	0.01396	0.01229	0.00438	0.01097
2	0.01753	0.01419	0.00522	0.01267
I	0	0	0	0



Gambar 47. Grafik *Story Drift* Arah X (Excel V20, 2026)



Gambar 48. Grafik *Story Drift* Arah Y (Excel V20, 2026)

Pembahasan

Evaluasi Kapasitas Strukur Berdasarkan Pushover Curve

Berdasarkan hasil evaluasi kurva *pushover*, dapat diketahui bahwa baik struktur tanpa *shear wall* maupun dengan *shear wall* sama-sama menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam menahan beban lateral hingga mencapai batas kapasitasnya. Kedua model struktur telah memasuki tahap perilaku plastis yang ditandai dengan terbentuknya sendi plastis pada elemen-elemen tertentu, yang menunjukkan adanya mekanisme disipasi energi akibat pembebanan gempa. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua struktur masih mampu berperilaku sesuai dengan konsep daktilitas yang diharapkan dalam perencanaan struktur tahan gempa.

Namun demikian, terdapat perbedaan kinerja yang cukup signifikan antara kedua model tersebut. Struktur dengan *shear wall* menunjukkan respons yang lebih baik dibandingkan struktur tanpa *shear wall*, terutama dalam hal kekakuan dan pengendalian deformasi. Hal ini terlihat dari kurva pushover yang memiliki kemiringan lebih besar pada tahap awal, yang menandakan bahwa struktur dengan *shear wall* memiliki kekakuan yang lebih tinggi dan mampu menahan beban lateral dengan perpindahan yang lebih kecil.

Selain itu, perkembangan sendi plastis pada struktur dengan *shear wall* cenderung lebih terkontrol dan tidak menyebar secara berlebihan pada elemen rangka utama. Sebaliknya, pada struktur tanpa *shear wall*, sendi plastis lebih cepat terbentuk dan cenderung lebih menyebar, meskipun masih dalam batas kinerja yang dapat diterima. Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur tanpa *shear wall* tetap memiliki kapasitas yang memadai, namun kurang optimal dalam mengendalikan kerusakan dibandingkan dengan struktur yang menggunakan *shear wall*.

Secara keseluruhan, kedua model struktur masih memenuhi kriteria kinerja yang diharapkan dan dapat dikategorikan aman dalam menahan beban lateral. Akan tetapi, penggunaan *shear wall* terbukti memberikan peningkatan kinerja yang lebih baik, terutama dalam meningkatkan kekakuan, mengurangi deformasi, serta mengendalikan distribusi kerusakan. Oleh karena itu, struktur dengan *shear wall* dapat dikatakan lebih unggul dan lebih direkomendasikan dalam perencanaan bangunan tahan gempa, khususnya untuk meningkatkan keamanan dan stabilitas struktur secara keseluruhan.

Analisis Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan *ATC*-40

ATC-40 (Applied Technology Council-40) merupakan pedoman yang mengembangkan konsep perencanaan struktur tahan gempa berbasis kinerja (*performance-based seismic design*). Pendekatan ini menggunakan analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) untuk menilai respons struktur terhadap beban gempa secara bertahap, mulai dari kondisi elastis hingga mencapai *fase inelastis*. Melalui metode ini, perilaku struktur dapat diamati secara lebih realistis, termasuk terbentuknya sendi plastis dan redistribusi gaya dalam elemen struktur.

Dalam *ATC-40*, tingkat kinerja struktur diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, seperti *Immediate Occupancy* (IO), *Life Safety* (LS), dan *Collapse Prevention* (CP). Penentuan level kinerja ini didasarkan pada nilai simpangan antar lantai (*story drift*) yang terjadi pada saat struktur mencapai target perpindahan (target displacement). Nilai *story drift* yang diperoleh dari hasil analisis *pushover* kemudian dibandingkan dengan batasan yang telah ditetapkan dalam ATC-40 untuk menentukan apakah struktur masih berada dalam kondisi aman, mengalami kerusakan terbatas, atau mendekati kondisi runtuh.

Secara lebih lanjut, pendekatan ini memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kapasitas deformasi struktur serta kemampuan disipasi energi akibat beban gempa. Dengan demikian, perancang tidak hanya berfokus pada kekuatan struktur, tetapi juga pada kinerja dan tingkat kerusakan yang dapat diterima, sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih efisien, ekonomis, dan sesuai dengan tingkat risiko yang direncanakan. Berikut hasil penentuan level kinerja struktur tanpa dan dengan *Shear wall*

1. Tingkat kinerja struktur tanpa *Shear wall*

   Arah X

   Displacement (D) = 0,177016 m

Tinggi Struktur (H) = 15,4 m
Maka, *Drift* $= \frac{D(m)}{H(m)} = \frac{0,177016}{15,4} = 0,011494$
Arah Y
Displacement (D) = 0,152827 m
Tinggi Struktur (H) = 15,4 m
Maka, *Drift* $= \frac{D(m)}{H(m)} = \frac{0,152827}{15,4} = 0,009923$

Tabel 19. Hasil Penentuan Kinerja Struktur tanpa *Shearwall* (Excel V20, 2026)

Metode	Elevasi Gedung	Story Drift	Level Kinerja
Spektrum	(m)		
Arah X	15,4 m	0,011494 mm	IO
Arah Y	15,4m	0,009923 mm	IO

Hasil nilai *story drift* tanpa *Shearwall* pada tabel 20 menunjukkan besaran kurang dari 1%, sehingga dapat disimpulkan bahwa, berdasarkan batas simpangan menurut *ATC-40*, tingkat kinerja gedung pada saat tercapainya target perpindahan berada pada level *IO (Immediate Occupancy)*.

2. Tingkat kinerja struktur dengan *Shear wall*

Arah X
Displacement (D) = 0,130567 m
Tinggi Struktur (H) = 15,4 m
Maka, *Drift* $= \frac{D(m)}{H(m)} = \frac{0.130567}{15,4} = 0,00847$
Arah Y
Displacement (D) = 0,133305 m
Tinggi Struktur (H) = 15,4 m
Maka, *Drift* $= \frac{D(m)}{H(m)} = \frac{0,133305}{15,4} = 0,00865$

Tabel 20. Hasil Penentuan Kinerja Struktur dengan *Shearwall* (Excel V20, 2026)

Metode	Elevasi Gedung	Story Drift	Level Kinerja
Spektrum	(m)		
Arah X	15,4 m	0,00847 mm	IO
Arah Y	15,4 m	0,00865 mm	IO

Hasil nilai *story drift* dengan *Shearwall* pada tabel menunjukkan besaran kurang dari 1%, sehingga dapat disimpulkan bahwa, berdasarkan batas simpangan menurut *ATC-40*, tingkat kinerja gedung pada saat tercapainya target perpindahan berada pada level *IO (Immediate Occupancy)*.

Implikasi Hasil Penelitian Terhadap Kedua Model

Berdasarkan hasil analisis pushover terhadap kedua model struktur, yaitu tanpa dan dengan penambahan *shear wall*, diperoleh bahwa keduanya masih memenuhi kriteria keselamatan berdasarkan metode ATC-40 dengan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO). Pada struktur tanpa *shear wall*, nilai *displacement* maksimum sebesar 0,177016 m pada arah X dan 0,152827 m pada arah Y, dengan nilai *story drift* sebesar 0,011494 pada arah X dan 0,009923 pada arah Y, yang masih berada di bawah batas 1%. Hal ini menunjukkan bahwa struktur telah mengalami perilaku nonlinier, namun masih memiliki kapasitas deformasi yang cukup serta mampu mempertahankan fungsi operasionalnya.

Sementara itu, pada struktur dengan penambahan *shear wall*, terjadi peningkatan kinerja yang signifikan dengan nilai *displacement* maksimum menurun menjadi 0,130567 m pada arah X dan 0,133305 m pada arah Y. Nilai *story drift* juga mengalami penurunan menjadi 0,00847 pada arah X dan 0,00865 pada arah Y, yang tetap berada dalam kategori *Immediate Occupancy*.

Secara keseluruhan, penambahan *shear wall* memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kekakuan lateral struktur dan mengoptimalkan distribusi gaya dalam elemen struktur. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan deformasi yang drastis serta respons struktur yang menjadi lebih terkendali, sehingga potensi kerusakan pada elemen balok dan kolom dapat diminimalkan. Dengan demikian, meskipun kedua model masih memenuhi batas kinerja yang dipersyaratkan, struktur dengan *shear wall* menunjukkan performa seismik yang lebih optimal, stabil, dan efisien dalam menahan beban lateral.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis *pushover* pada struktur gedung eksisting Gedung Ruko 4 Lantai Sampali tanpa penambahan *shear wall*, struktur menunjukkan perilaku nonlinier dalam merespons beban lateral dengan nilai *displacement* maksimum sebesar 0,177016 m pada arah X dan 0,152827 m pada arah Y. Nilai *story drift* maksimum sebesar 0,011494 pada arah X dan 0,009923 pada arah Y, serta *story drift ratio* masing-masing sebesar 1,19115% dan 1,0709%. Berdasarkan kriteria level kinerja, nilai *story drift* sebesar 0,01191 pada arah X dan 0,01070 pada arah Y masih berada di bawah batas 1%, sehingga struktur termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO), yang menunjukkan bahwa struktur masih memiliki kekakuan dan stabilitas yang baik serta mampu mempertahankan fungsi operasionalnya setelah menerima beban lateral.

Berdasarkan hasil analisis *pushover* setelah penambahan *shear wall* pada Gedung Ruko 4 Lantai Sampali, struktur menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam merespons beban lateral. Nilai *displacement* maksimum menjadi 0,130567 m pada arah X dan 0,133305 m pada arah Y, sedangkan nilai *story drift* maksimum sebesar 0,00847 pada arah X dan 0,00865 pada arah Y, dengan *story drift ratio* masing-masing sebesar 0,12205% dan 0,1834%. Dibandingkan dengan kondisi eksisting, terjadi penurunan *displacement* sebesar 89,76% pada arah X dan 82,89% pada arah Y, penurunan *story drift* maksimum sebesar 92,16% pada arah X dan 96,91% pada arah Y, serta penurunan *story drift ratio* maksimum sebesar 89,75% pada arah X dan 87,79% pada arah Y. Pada level kinerja, nilai *story drift* maksimum setelah penambahan *shear wall* tetap berada dalam batas aman, yaitu 0,00122 pada arah X dan 0,00183 pada arah Y, sehingga struktur masih berada pada kategori *Immediate Occupancy* (IO). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *shear wall* sangat efektif dan unggul dalam meningkatkan kekakuan struktur dan mengoptimalkan kinerja seismik bangunan.

SARAN

Untuk memperoleh hasil evaluasi struktur yang lebih akurat, analisis dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan metode *time history* supaya mendapatkan hasil analisis yang optimal, sebelum menjalankan proses *running*, nilai *null steps* dan *total steps* pada parameter nonlinier perlu ditingkatkan agar proses iterasi lebih stabil dan mampu menangkap perilaku struktur secara lebih menyeluruh. Perlu dilakukan perhatian yang lebih cermat terhadap parameter-parameter yang digunakan dalam analisis pushover dengan bantuan perangkat lunak, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Disarankan untuk melakukan perbandingan dengan variasi konfigurasi struktur lainnya, seperti perubahan dimensi atau penempatan *shear wall*, guna mengetahui pengaruhnya secara lebih komprehensif terhadap kinerja seismik bangunan

DAFTAR PUSTAKA

1. Almajid, M. A. (2024). *Studi respon struktur atas gedung bertingkat dengan sistem dinding geser beton bertulang khusus* [Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia].
2. Altatri, D. (2022). *Identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi rumah toko (RUKO) dari sudut pandang pengguna ruko dan pengaruhnya terhadap sosial ekonomi masyarakat (Studi kasus: Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak)* [Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau].
3. Asfarina, S., Apriansyah, M., & Putra, B. E. (2025). Simulasi dan analisis dinamis struktur bangunan tinggi terhadap beban gempa menggunakan software SAP2000 dan ETABS. *Jurnal Pengembangan Sains dan Teknologi, 1*(2), 91–100.
4. Cando, M. A., Hube, M. A., Parra, P. F., & Arteta, C. A. (2020). Effect of stiffness on the seismic performance of code-conforming reinforced concrete shear wall buildings. *Engineering Structures, 219*, 110724. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110724
5. Çavdar, Ö., Çavdar, A., & Bayraktar, E. (2018). Earthquake performance of reinforced-concrete shear-wall structure using nonlinear methods. *Journal of Performance of Constructed Facilities, 32*(1). https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001117
6. Cheng, Y., Cao, Q., & colleagues. (2024). In-plane and out-of-plane seismic performance and damage evaluation of reinforced concrete shear wall structures subjected to mainshock-aftershock sequences. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. https://doi.org/10.1002/eqe.4180
7. Firdausiyah, N. (2022). *Analisis percepatan getaran tanah maksimum untuk menentukan kerentanan seismik dan tingkat resiko gempa bumi di Jawa Timur* [Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim].
8. Firdha, R. A., Isneini, M., Husni, H. R., & Widyawati, R. (2021). Analisis kinerja struktur gedung bertingkat terhadap beban gempa dengan metode pushover analysis (Studi kasus: Gedung Rawat Inap Non-Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain, 9*(4). https://doi.org/10.23960/jrsdd.v9i4.2201
9. Haryanto, E. Z. (2022). *Analisis perilaku struktur terhadap penempatan shearwall pada The Palace Appartement & Condotel Yogyakarta (Analysis of structural behavior on shearwall placement at The Palace Appartement & Condotel Yogyakarta)*.
10. Hidayati, N., Zarkasi, A., Hariyadi, & Sahlinda, R. (2025). Analysis of shear wall placement configuration on building structure behavior. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 10*(1). https://doi.org/10.33366/rekabuana.v10i1.6197
11. Jefri, M. (2023). *Pengaruh kekuatan struktur shear wall pada proyek Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan*.
12. Madlazim, M., & Lestari, N. I. D. (2022). Analisis seismisitas dan potensi bahaya bencana seismik Pulau Sumatera berdasarkan data gempa 1970–2020. *Inovasi Fisika Indonesia, 11*(2), 1–11.
13. Mangalathu, S., Jang, H., Hwang, S. H., & Jeon, J. (2020). Data-driven machine-learning-based seismic failure mode identification of reinforced concrete shear walls. *Engineering Structures, 208*, 110331. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110331
14. Mushoffa, Z. A., & Sabariman, B. (2025). Shear wall layout variations effect analysis on structural ductility using performance based design method: Studi kasus gedung perkantoran 24 lantai di Kota Surabaya. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, 13*(1), 179–192. https://doi.org/10.26740/rekats.v13n01.p179-192
15. Nugroho, F., Tanjung, J., Maidiawati, & Kurniawan, R. (2024). Seismic performance evaluation of reinforced concrete building in Palu City. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 12*(2). https://doi.org/10.33558/bentang.v12i2.9570
16. Ozkul, T. A., Kurtbeyoglu, A., Borekci, M., Zengin, B., & Kocak, A. (2019). Effect of shear wall on seismic performance of RC frame buildings. *Engineering Failure Analysis, 100*, 60–75. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.02.032

17. Pratama, H. I. (2024). *Analisis non linear static procedure berdasarkan FEMA 356 guna evaluasi kinerja struktur pada Gedung The Alton Apartment* [Master's thesis, Universitas Islam Sultan Agung].
18. Pudjisuryadi, P., Prayogo, V. S., Oetomo, S. I., & Lumantarna, B. (2021). Seismic performance of a three-story reinforced concrete building with masonry infill walls and friction base support. *Civil Engineering Dimension, 23*(1), 35–43. https://doi.org/10.9744/ced.23.1.35-43
19. Putri, M. R. (2022). *Analisis respons ketidakberaturan horizontal vertikal pada gedung apartemen tingkat tinggi dengan menggunakan SNI 1726-2019*.
20. Raharja, S., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2017). Analisis tegangan bidang (plane stress) dinding geser (shear wall) gedung bertingkat. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil, 3*(2). https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.381
21. Rais, L. N. (2021). Analisis bencana gempa bumi dan mitigasi bencana di daerah Kertasari. *Jurnal Samudra Geografi, 4*(2), 14–19.
22. Sangadji, S. (2025). *Hidup berdampingan dengan gempa bumi: Menakar kinerja (performance) dan kerapuhan (fragility) infrastruktur, mereduksi risiko bencana gempa*.
23. Usmat, I., Anggraini, N., Imran, I., & Sultan, M. A. (2019). Analisa letak dinding geser (shear wall) terhadap perilaku struktur gedung akibat beban gempa. *Techno, 8*(2), 297–307.
24. Wardi, S., & Ramadhani, U. (2023). Analisis kinerja seismik gedung dengan pushover analysis (Studi kasus: Gedung Perkantoran Tiga Tingkat yang Runtuh Akibat Gempa Palu 2018). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil, 12*(1). https://doi.org/10.35139/cantilever.v12i1.190
25. Zebua, D., Putra, A. S., Wibowo, L. S. B., & Alfiani, S. (2023). Evaluation of seismic performance of hospital building using pushover analysis based on ATC-40. *Journal of Civil Engineering, Science and Technology*. https://doi.org/10.33736/jcest.5326.2023