



PERBANDINGAN KINERJA ANTARA SISTEM STRUKTUR GEDUNG MENGGUNAKAN *SHEAR WALL* DENGAN SISTEM STRUKTUR GEDUNG MENGGUNAKAN *FLUID VISCOUS DAMPER* (STUDI KASUS GEDUNG RESEARCH CENTER UPN “VETERAN” JAWA TIMUR)

Immanuel Mada Galih Pakarti¹, Edi Santoso², B Sri Umniati³, Nindyawati⁴

¹Universitas Negeri Malang, email: immanuel.mada.1905236@students.um.ac.id

²Universitas Negeri Malang, email: edi.santoso.ft@um.ac.id

³Universitas Negeri Malang, email: b.sri.umniati.ft@um.ac.id

⁴Universitas Negeri Malang, email: nindyawati.ft@um.ac.id

Abstrak: Salah satu metode tradisional yang sering digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur bangunan yaitu dengan menggunakan *shear wall*. Namun, cara ini berpotensi memerlukan elemen struktur yang relatif besar. Pendekatan desain alternatif untuk mengatasi beban gempa yaitu dengan memasang perangkat peredam seperti *fluid viscous damper*. Metode ini tidak berfokus pada penguatan struktur bangunan, melainkan pada pengurangan gaya gempa yang memengaruhi bangunan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan metode tradisional dengan desain alternatif berdasarkan kinerja struktur yang terdiri dari periode fundamental, gaya geser dasar, partisipasi massa, perpindahan dan simpangan antar lantai. Tiga variasi pola penempatan peredam dibuat untuk mengetahui pola penempatan yang paling efektif, dengan metode yang digunakan berupa analisis dinamik respon spektrum menggunakan *software ETABS*. Simpangan antar lantai (*drift*) untuk lantai 7 dan top floor pada struktur dengan tambahan peredam FVD memiliki nilai yang lebih kecil dibanding struktur dengan *shear wall*. Pola 2 (FVD 2) merupakan pola penempatan peredam yang paling efektif dikarenakan *drift* terkecil banyak terjadi pada pola ini.

Kata kunci: Kinerja Struktur, *Shear Wall*, *Fluid Viscous Damper*, Beban Gempa

1. PENDAHULUAN

United States Geological Survey (USGS) dan sumber lainnya mencatat bahwa Indonesia memiliki lebih dari 160 gempa bumi berkekuatan 7.0+ dalam skala magnitudo dari periode 1900–2019. Sejak 1900–2016 total korban meninggal akibat gempa bumi di Indonesia mencapai 198.487 jiwa, dimana 17 gempa diantaranya menimbulkan tsunami yang merusak dan memakan korban jiwa lebih banyak (Statista Research Department, 2016). Karena dampak gempa dapat merusak struktur bangunan dan membahayakan jiwa manusia, maka diperlukan perencanaan struktur bangunan yang memiliki ketahanan terhadap gempa (Purnama, dkk., 2021).

Metode tradisional untuk meningkatkan kekuatan struktur bangunan supaya tahan terhadap beban gempa yaitu dengan memperbesar dimensi kolom, balok, menambah elemen *shear wall*, atau elemen lainnya. Namun hal ini justru akan meningkatkan beban gempa karena terjadi penambahan massa pada struktur. Dengan berkembangnya teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, maka diperkenalkan pendekatan desain alternatif untuk mengurangi risiko kerusakan akibat gempa dan menjaga integritas komponen struktural dan non-struktural pada gempa yang kuat. Fokus dari pendekatan desain alternatif ini bukan

pada penguatan struktur bangunan, melainkan pada pengurangan gaya gempa yang memengaruhi bangunan yaitu dengan mengaplikasikan perangkat *Fluid Viscous Damper* (FVD) pada struktur. Perangkat FVD ditambahkan ke dalam sistem struktur untuk memberikan gaya yang bersifat resistif terhadap gerakan, yang pada gilirannya menyediakan sarana disipasi energi (Berquist, dkk., 2022). Cara kerjanya yaitu dengan menyerap energi yang masuk ke dalam elemen struktur tanpa memerlukan sumber daya dalam penggunaannya.

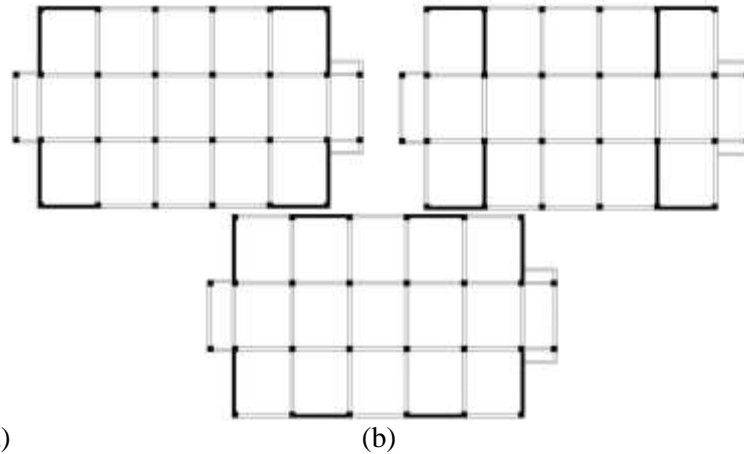
Miyamoto, Amir, dkk., (2017) meneliti terkait penguatan menggunakan *fluid viscous damper* pada gedung 14 lantai yang memiliki lantai lunak di lantai dasar. Simpangan yang terjadi pada lantai dasar gedung eksisting sebelum diberi FVD lebih tinggi sekitar 50% dari lantai-lantai di atasnya. Setelah dilakukan penguatan menggunakan 8 buah FVD pada setiap lantai di lantai dasar dan lantai 2, didapat hasil yang signifikan dimana *drift* berkurang sekitar 30% pada lantai dasar. Rasio *drift* arah Y pada lantai dasar yang awalnya lebih dari 2% berkurang menjadi 1.2% setelah mengaplikasikan peredam.

Artikel ini membahas tentang perbandingan kinerja antara sistem struktur gedung yang menggunakan *shear wall* dengan sistem struktur gedung yang menggunakan *fluid viscous damper*. Kinerja struktur yang ditinjau diantaranya yaitu periode fundamental, gaya geser dasar (*base shear*), partisipasi massa, perpindahan (*displacement*), dan simpangan antar lantai (*drift*). Tiga variasi pola penempatan peredam dieksplorasi untuk mengetahui pola penempatan FVD yang paling efektif.

2. METODE ANALISIS

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode respon spektrum. Dimulai dengan mengumpulkan data seperti *shop drawing* gedung dan melakukan studi literatur terkait penerapan *fluid viscous damper* pada struktur bangunan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap struktur gedung dimulai dari memodelkan struktur dan melakukan kontrol terhadap struktur berdasarkan periode fundamental, *base shear*, partisipasi massa, *displacement*, dan *drift*. Tahap analisis ini dibagi menjadi tiga tahapan.

- Analisis Tahap 1, yaitu tahap analisis yang pertama dimana dilakukan identifikasi terhadap struktur gedung eksisting (dengan *shear wall*) dan dilakukan kontrol struktur.
- Analisis Tahap 2, yaitu tahap analisis setelah analisis tahap 1 dimana dilakukan modifikasi terhadap struktur eksisting dengan menghilangkan *shear wall*. Jadi hanya menyisakan struktur rangkanya saja untuk kemudian dilakukan kontrol struktur.
- Analisis Tahap 3, yaitu dibuat tiga variasi pola penempatan peredam dan diaplikasikan pada struktur rangka setelah analisis tahap 2 dan kemudian dilakukan kontrol struktur kembali. Berikut ini tiga pola penempatan FVD yang diterapkan pada struktur ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Pola Penempatan *Fluid Viscous Damper*, (a) Pola 1, (b) Pola 2, (c) Pola 3

Desain setiap pola penempatan FVD dipertimbangkan agar tidak mengganggu fungsi ruang dari bangunan eksisting. FVD sesuai masing-masing pola diterapkan di setiap lantai dari lantai 1 hingga lantai 7.

Setelah itu dilakukan rekapitulasi hasil kontrol dari setiap jenis struktur yang diperoleh untuk kemudian dibahas dan diambil kesimpulan bagaimana perbandingan antara struktur yang menggunakan *shear wall* dan struktur yang menggunakan *fluid viscous damper*. Juga variasi pola penempatan peredam yang paling efektif.

Pada penelitian ini penentuan kapasitas *fluid viscous damper* menggunakan metode *stiffness proporsional damping* atau redaman proporsional berdasarkan kekakuan. Jadi gaya redaman dari FVD dicari berdasarkan kekakuan struktur tiap lantai dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Melakukan *preliminary* untuk mendapatkan gaya redaman (F) yang dibutuhkan. Pada langkah pertama ini nilai koefisien redaman (C) dicari menggunakan rumus berikut.

$$C_j = \zeta \times \frac{k_i}{n_i} \times \frac{T}{\pi} \times \frac{1}{\cos^2 \theta_j}$$

pers.1

(Ref: Berquist, dkk., 2022)

Keterangan:

ζ = rasio *viscous damping* atau rasio redaman (direncanakan 20%)

k_i = kekakuan tiap lantai yang diperoleh dari analisis statis bangunan

n_i = jumlah peredam di setiap arah

T = Periode bangunan

θ_i = Sudut *Fluid Viscous Damper* (diasumsikan sama pada semua perletakan)

Kemudian mencari nilai kecepatan peredam atau *damper velocity* (V) menggunakan rumus berikut.

$$V = \frac{2\pi}{T} d$$

pers.2

(Ref: Berquist, dkk., 2022)

Keterangan:

d = perpindahan peredam (*damper displacement*)
 = SDR x tinggi rantai x $\cos\theta$

Sehingga nilai gaya redaman (F) dapat dicari menggunakan rumus berikut.

$$F = CV^\alpha$$

pers.3

(Ref: Berquist, dkk., 2022)

Karena nilai α direncanakan sama dengan satu ($\alpha=1$), maka α dapat diabaikan sehingga persamaan 3 berubah menjadi $F=CV$.

- Setelah nilai F didapat, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan gaya redaman sesuai ukuran dan dimensi yang tersedia pada katalog milik *damper devices.inc* yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *Fluid Viscous Damper*

FORC E (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	MID- STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)
250	17120	787	±75	114	44
500	17130	997	±100	146	98
750	17140	1016	±100	184	168
1000	17150	1048	±100	210	254
1500	17160	1105	±100	241	306
2000	17170	1346	±125	292	503
3000	17180	1441	±125	350	805
4000	17190	1645	±125	425	1088
6500	17200	1752	±125	515	1930
8000	17210	1867	±125	565	2625

- Langkah terakhir yaitu menghitung kembali nilai koefisien redaman (C) dan kekakuan peredam (K) sebelum diinputkan ke *software* ETABS. Untuk nilai kekakuan (K) dapat dicari menggunakan Tabel 2 kekakuan maxwell untuk FVD milik Taylor Devices seperti berikut.

Tabel 2. *Maxwell Stiffness* Untuk *Fluid Viscous Damper* Milik Taylor Devices

Taylor Devices Model Number	Rated Force (kip)	Stroke (in)	Maxwell Stiffness, Kd (kips/in)
--------------------------------	----------------------	----------------	------------------------------------

17120	55	±3	625
17130	110	±4	940
17140	165	±4	1400
17150	220	±4	1875
17160	330	±4	2800
17170	440	±5	3000
17180	715	±5	4800
17190	900	±5	6000
17200	1450	±5	9750
17210	1800	±5	12000

Parameter-parameter tersebut kemudian diinputkan pada *software* ETABS untuk mendefinisikan perangkat FVD dengan langkah-langkah sebagai berikut: Define, Section Properties, Link/Support Properties.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kapasitas FVD

1. Mencari nilai koefisien redaman (C)

Tabel 3. Perhitungan Koefisien Redaman (C)

Floor Level	ki	θi	ni	Cj
	kN/m	(derajat)		kN-sec/m
Lantai Top Floor	66658,51	27	4	2940,081
Lantai 7	116650,5	27	4	5145,058
Lantai 6	131214,1	27	4	5787,409
Lantai 5	136196,9	27	4	6007,183
Lantai 4	141494,5	27	4	6240,842
Lantai 3	154645,5	27	4	6820,888
Lantai 2	165476,7	27	4	7298,616

Nilai Cj pada Tabel 3 di atas didapat sesuai perhitungan dari persamaan 1. Diambil salah satu contoh perhitungan pada Lantai 3.

$$C_j = \zeta \times \frac{k_i}{n_i} \times \frac{T}{\pi} \times \frac{1}{\cos^2 \theta_j}$$

$$= 20\% \times \frac{154645,5}{4} \times \frac{2,199}{3,14} \times \frac{1}{\cos^2 27}$$

$$= 6820,888 \text{ kN-sec/m}$$

Mencari nilai *Damper Velocity* (V) menggunakan persamaan 2

$$V = \frac{2\pi}{T} d$$

$$\begin{aligned} \text{damper displacement (d)} &= \text{SDR} \times \text{tinggi lantai} \times \cos \theta \\ &= 1\% \times 4 \text{ m} \times \cos 27^\circ \\ &= 0,03564 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Damper velocity (V)} &= \frac{2(3,14)}{2,199} 0,03564 \\ &= 0,10178 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Sehingga nilai kebutuhan gaya redaman pada peredam dapat dihitung dengan mengalikan koefisien redaman (C) dengan *damp velocity* (V) sebagai berikut.

$$F = CV$$

$$= 6820,888 \times 0,10178$$

$$= 694,25 \text{ kN}$$

2. Sesuai Tabel 1 maka dipilih kapasitas damper dengan spesifikasi sebagai berikut.

Nama Katalog	= Taylor Devices FVD - 17140
Gaya damping (F)	= 750 kN
Panjang FVD	= 1016 mm
Berat FVD (w)	= 168 kg
Modulus elastisitas (E)	= 200000 N/mm ²
Kecepatan (V)	= 101,78 mm/s
Kekakuan (K)	= 1400 kips/in = 245176,378 kN/m
Koefisien redaman (C)	= $\frac{F}{V\alpha} = \frac{750}{101,78^1} = 7368,615 \text{ kNs/m}$

Periode Fundamental (T)

Periode fundamental struktur merupakan waktu yang diperlukan suatu bangunan untuk kembali ke posisi semula setelah menerima gaya gempa (Pramesiti, 2018). Hasil perhitungan periode untuk masing-masing pemodelan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Periode Fundamental Arah X

No	Tipe Struktur	T _a (detik)	T _{max} (detik)	T _c (detik)
1	Struktur Eksisting	0,6643	0,930	0,765
2	Struktur Rangka	1,0693	1,497	2,199
3	FVD 1	1,0693	1,497	1,073
4	FVD 2	1,0693	1,497	1,067
5	FVD 3	1,0693	1,497	1,081

Periode yang diambil untuk dibandingkan adalah periode pada mode pertama karena mode pertama merupakan pola pergoyangan yang pertama menerima gempa dan umumnya periode terbesar adalah pada mode pertama (Effendi, dkk., 2018). Hasil analisis periode getar menunjukkan bahwa waktu getar pada struktur rangka direduksi hingga sebesar 51% saat FVD ditambahkan pada struktur. Namun nilai periode fundamental pada struktur dengan peredam FDV masih lebih besar dibandingkan struktur eksisting. Hal ini disebabkan struktur eksisting memiliki *shear wall* yang membuat struktur menjadi lebih kaku dan memiliki nilai periode getar yang kecil. Praja, dkk., (2022) melakukan penelitian pada struktur gedung tanpa FVD dan dengan FVD, hasilnya penggunaan FVD memberikan penurunan periode getar struktur hingga 56% lebih rendah dari sistem struktur gedung tanpa FVD pada mode ke-1 dan mode ke-2.

Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Soelarso, dkk. (2016) menjelaskan bahwa gaya geser dasar adalah representasi atau penyederhanaan dari getaran gempa bumi yang bekerja di dasar bangunan. Gaya ini kemudian digunakan sebagai gaya gempa rencana yang harus diperiksa dalam perencanaan dan evaluasi struktur gedung. Perbandingan *base shear* setiap konfigurasi struktur disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil *Base Shear* Arah X dan Y

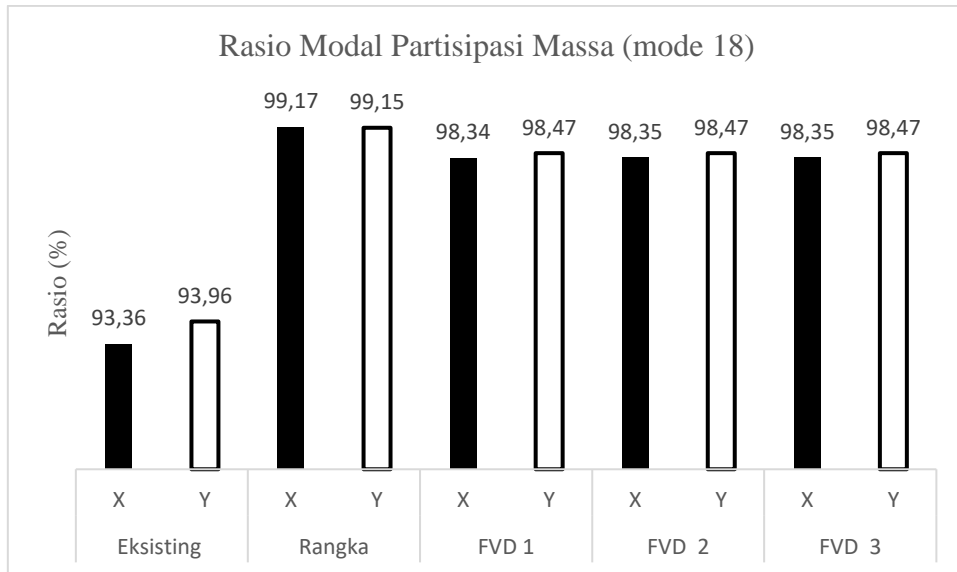
Konfigurasi Struktur	Base Shear Arah X (kN)	Base Shear Arah Y (kN)
Struktur Eksisting	8852,99	8852,99
Struktur Rangka	4132,26	4132,26
FVD 1	5775,30	5795,53
FVD 2	5795,53	5795,53
FVD 3	5732,56	5795,53

Gaya geser dasar pada struktur berperedam FVD menurun sekitar 34% dibanding gaya geser dasar struktur eksisting. Hal ini disebabkan oleh adanya *shear wall* pada struktur eksisting. *Shear wall* memberikan kontribusi beban yang cukup berat pada struktur. Sebagaimana yang dirumuskan oleh SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1, bahwa gaya geser (V) memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan berat seismik efektif atau berat total struktur (W). Nilai gaya geser (V) akan menjadi lebih besar ketika berat total strukturnya besar, namun akan bernilai lebih kecil apabila berat total strukturnya kecil (Baehaki, dkk., 2018). Nilai gaya geser dasar pada struktur dengan FVD mengalami penurunan dibandingkan dengan gaya geser pada struktur eksisting dikarenakan berkurangnya berat total struktur bangunan karena tidak adanya *shear wall*.

Perbandingan gaya geser juga dilakukan antara struktur berperedam dengan struktur rangka. Tabel 5 menunjukkan gaya geser dasar yang lebih besar 18,5% pada struktur berperedam dibanding struktur rangka. Pribadi, dkk. (2020) melakukan penelitian mengenai respon struktur gedung menggunakan *fluid viscous damper* dengan tiga variasi jumlah lantai (12 lantai, 16 lantai, dan 20 lantai). Hasilnya, gaya geser dasar pada setiap variasi jumlah lantai mengalami peningkatan. Penggunaan FVD dapat meningkatkan gaya geser dasar yang terjadi sebesar 28,79% untuk struktur gedung 12 lantai, 28,87% untuk struktur gedung 16 lantai, dan 24,41% untuk struktur gedung 20 lantai.

Partisipasi Massa

Partisipasi massa adalah jumlah massa bangunan yang diperhitungkan oleh tiap pola ragam getar (*mode*) (Nursani, dkk., 2023). Nilai partisipasi massa pada setiap pemodelan ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Rasio Modal Partisipasi Massa (Mode 18)

Gambar 2 di atas menampilkan rasio partisipasi massa masing-masing jenis struktur pada mode ke-18, dimana pada mode ini struktur eksisting baru mencapai partisipasi massa lebih dari 90% pada kedua arah. Partisipasi massa lebih dari 90 % pada struktur rangka dicapai pada mode ke 5, struktur FVD 1 pada mode ke 6, struktur FVD 2 pada mode ke 7, dan struktur FVD 3 pada mode ke 6. Terdapat peningkatan jumlah partisipasi massa pada struktur rangka ataupun struktur dengan FVD dibanding struktur eksisting. Artinya struktur dengan FVD membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan struktur eksisting dalam mencapai partisipasi massa sesuai peraturan yaitu minimal 90%.

Hasil analisis partisipasi massa menunjukkan bahwa nilai partisipasi massa semua jenis struktur gedung untuk arah X maupun arah Y sudah melebihi 90%, sehingga telah memenuhi syarat SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1. Menurut Nursani, dkk. (2023) adanya ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal dapat membuat distribusi kekakuan yang tidak merata. Distribusi kekakuan yang tidak merata pada struktur gedung membuat kebutuhan jumlah ragam (*mode shape*) yang lebih banyak saat proses analisis. Selain itu distribusi kekakuan yang tidak merata juga bisa terjadi karena adanya struktur *shear wall* yang penempatannya tidak simetris. Maka dari itu, pada struktur eksisting membutuhkan lebih banyak mode dibanding struktur rangka ataupun struktur dengan FVD.

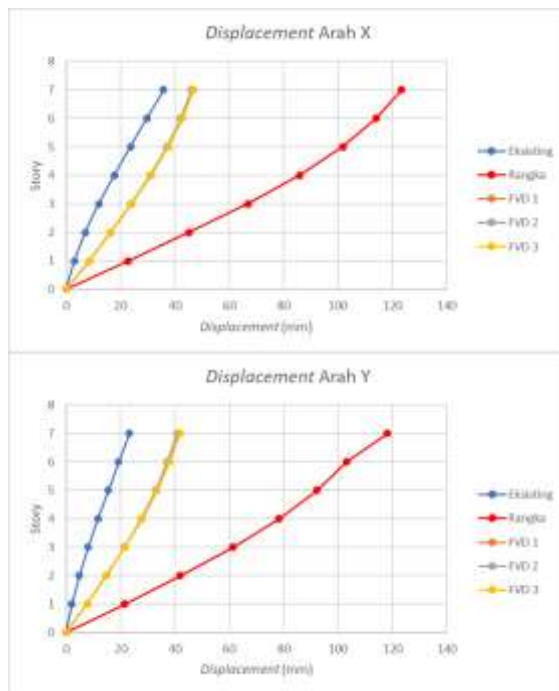
Perpindahan (*Displacement*)

Displacement adalah simpangan suatu lantai yang diukur dari lantai dasar bangunan. Analisis *displacement* ditentukan menggunakan metode respon spektrum. Hasil *displacement* setiap konfigurasi struktur disajikan oleh Tabel 6 dan grafik pada Gambar 3 sebagai berikut.

Tabel 6. *Displacement* Akibat Beban Gempa Arah X dan Y

Lantai	Struktur Eksisting		Struktur Rangka		FVD 1		FVD 2		FVD 3	
	UX (mm)	UY (mm)	UX (mm)	UY (mm)	UX (mm)	UY (mm)	UX (mm)	UY (mm)	UX (mm)	UY (mm)

Top Floor	35,872	23,331	123,349	118,081	46,297	40,86	46,001	41,201	46,881	41,819
7	29,766	19,345	114,02	103,017	42,367	37,202	42,068	37,097	42,85	37,92
6	23,713	15,553	101,798	92,229	37,345	33,021	37,069	32,965	37,651	33,545
5	17,717	11,746	86,004	78,312	31,143	27,714	30,901	27,695	31,296	28,057
4	12,035	8,104	66,835	61,33	24,045	21,527	23,842	21,534	24,078	21,718
3	6,998	4,832	45,163	41,934	16,405	14,767	16,247	14,789	16,363	14,844
2	2,969	2,162	22,825	21,531	8,582	7,758	8,481	7,782	8,525	7,769



Gambar 3. Displacement Arah X dan Y

Berdasarkan hasil analisis, *displacement* pada struktur gedung eksisting lebih kecil dibandingkan semua struktur lainnya. Sedangkan *displacement* yang paling besar terjadi pada struktur rangka. Hal ini terjadi karena adanya *shear wall* yang membuat struktur menjadi lebih kaku. Penambahan *shear wall* dapat meningkatkan kekakuan struktur sehingga dapat memperkecil terjadinya perpindahan (*displacement*) akibat beban lateral (Nursani, dkk., 2023). Asoma (2016) juga mengonfirmasi bahwa dinding geser (*shear wall*) dapat meningkatkan kinerja struktur dengan menjadikan struktur lebih kaku. Pada penelitiannya mengenai perbandingan perilaku struktur tanpa *shear wall* dan dengan *shear wall*, hasilnya pada bangunan dengan *shear wall* sangat meminimalisir pergerakan geser bangunan yang diakibatkan oleh gaya gempa, sedangkan pada bangunan tanpa *shear wall* sangat tinggi pergerakan bangunan akibat gaya gempa.

Grafik pada Gambar 3 di atas juga menunjukkan pengurangan nilai *displacement* pada struktur berperedam FVD terhadap struktur rangka. Hal ini juga ditemukan pada penelitian Sahu (2019) yang membandingkan efek *base isolator* dan *fluid viscous damper* pada struktur beton bertulang. *Displacement* pada struktur berperedam *fluid viscous damper* mengalami penurunan dibanding dengan struktur tanpa *fluid viscous damper*. De Domenico, dkk. (2019) juga mengungkapkan bahwa pada struktur dengan FVD yang memiliki rasio redaman 20% mampu memberikan pengurangan nilai *displacement* sekitar 50% dari struktur tanpa FVD. Perbandingan

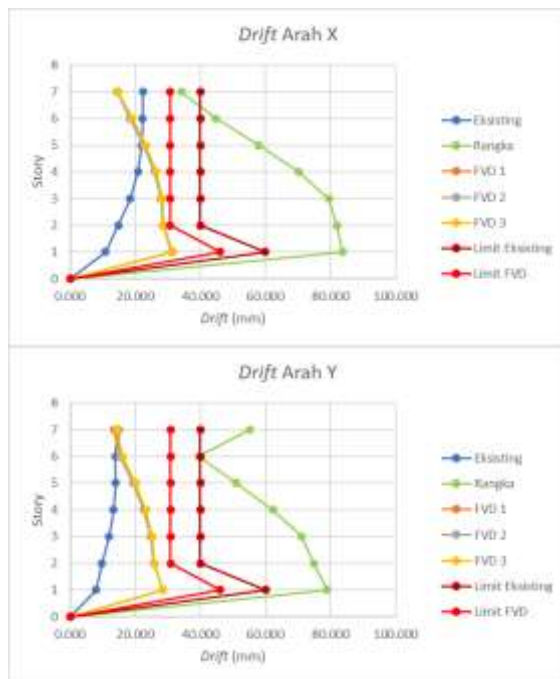
nilai *displacement* pada struktur FVD 1, FVD 2 dan FVD 3 sangatlah kecil, namun secara umum *displacement* terkecil terjadi pada pola 2 (FVD 2).

Simpangan (Drift)

Simpangan antar tingkat (*story drift*) merupakan perpindahan lateral relatif antar tingkat bangunan secara berturut-turut atau simpangan mendatar setiap tingkat bangunan yang diukur dari lantai di bawahnya (Ivan & Leo, 2019).

Tabel 7. *Drift* Akibat Beban Gempa Arah X dan Y

Lantai	Struktur Eksisting		Struktur Rangka		FVD 1		FVD 2		FVD 3	
	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)
Top Floor	22,389	14,615	34,206	55,235	14,410	13,413	14,421	15,048	14,780	14,296
7	22,194	13,904	44,814	39,556	18,414	15,330	18,330	15,151	19,063	16,042
6	21,985	13,959	57,911	51,029	22,741	19,459	22,616	19,323	23,302	20,123
5	20,834	13,354	70,286	62,267	26,026	22,686	25,883	22,590	26,466	23,243
4	18,469	11,997	79,464	71,119	28,013	24,787	27,848	24,732	28,288	25,205
3	14,773	9,790	81,906	74,811	28,684	25,700	28,475	25,692	28,739	25,942
2	10,886	7,927	83,692	78,947	31,467	28,446	31,097	28,534	31,258	28,486



Gambar 4. *Drift* Arah X dan Y

Berdasarkan Tabel 7 dan grafik pada Gambar 4, *drift* (simpangan) pada struktur eksisting, FVD 1, FVD 2 dan FVD 3 masih di bawah batas limit simpangannya. Artinya baik struktur eksisting maupun struktur dengan peredam FVD telah memenuhi ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1. Sedangkan pada stuktur rangka, *drift* masih melebihi batas simpangannya. Nilai *drift* untuk struktur dengan peredam memiliki perbedaan yang sangat kecil, ditandai oleh grafik yg berdempet satu sama lain. Tabel 7 dan grafik pada Gambar 4 juga menampilkan *drift* pada struktur eksisting yang lebih kecil pada lantai 2 hingga lantai 6 dari pada semua struktur

dengan FVD. Namun pada lantai 7 dan top floor *drift* pada semua struktur dengan FVD lebih baik daripada struktur eksisting. Ini berarti *shear wall* baik dalam menahan simpangan namun pada elevasi tertentu struktur dengan FVD memberikan hasil yang lebih baik daripada struktur dengan *shear wall*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Periode fundamental pada struktur eksisting merupakan yang paling kecil dibanding tipe struktur lainnya.
2. Struktur dengan peredam dapat mereduksi gaya geser dasar pada gedung hingga 35% dibanding struktur eksisting.
3. Partisipasi massa terbesar terjadi pada struktur rangka. Sedangkan partisipasi massa terkecil terjadi pada struktur eksisting. Terdapat peningkatan jumlah partisipasi massa pada struktur gedung dengan FVD dibanding struktur eksisting.
4. *Displacement* pada struktur eksisting adalah yang paling baik dibanding semua tipe struktur lainnya. Terjadi pengurangan *displacement* yang signifikan yaitu sebesar 62% hingga 65% pada struktur dengan FVD dibanding struktur rangka.
5. Struktur dengan *shear wall* lebih baik dalam menahan simpangan pada lantai 2 hingga lantai 6 sedangkan pada lantai 7 hingga Top Floor simpangan milik struktur berperedam FVD lebih baik dibanding struktur dengan *shear wall*.
6. Pola konfigurasi peredam tipe FVD yang paling efektif dalam menahan beban gempa dinilai berdasarkan kontrol struktur yang berlaku yaitu pada konfigurasi pola 2 (FVD 2). Karena hampir di setiap kontrol struktur, pola 2 adalah yang paling baik dibanding pola 1 dan pola 3.

5. DAFTAR RUJUKAN

- Asoma, T Mandra. (2016). Perencanaan Dinding Geser Berdasarkan Tata Cara SNI 03-2847-2002 Pada Gedung FMIPA Universitas Negeri Surabaya. *Rekayasa Teknik Sipil Vol.03 Nomor 03/rekat/16(2016)*, 236 - 241
- Baehaki, Budi Bagus Kuncoro, H., & Cahya Kumala, I. (2018). Perbandingan Simpangan Horizontal Pada Struktur Gedung dengan Efisiensi Elemen Struktur Balok dan Kolom. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa | 71. Dalam *Jurnal Fondasi* (Vol. 7, Nomor 2).
- Berquist, M., et al. (2022). *Fluid Viscous Dampers General Guidelines for Engineers Including a Brief History*. New York: Taylor Devices, Inc.
- De Domenico, D., Ricciardi, G., & Takewaki, I. (2019). Design strategies of viscous dampers for seismic protection of building structures: A review. Dalam *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* (Vol. 118, hlm. 144–165). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.12.024>
- Effendi, F., Wesli, W., Chandra, Y., & Akbar, S. J. (2018). Studi Penempatan Dinding Geser Terhadap Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung. *Teras Jurnal*, 7(2), 274. <https://doi.org/10.29103/tj.v7i2.133>
- Ivan, L., & Leo, D. E. (2019). Analisis Dinamik Perilaku Gedung Dengan Ketidakberaturan Massa Pada Masing-Masing Tingkat Terhadap Beban Gempa. *Jurnal Mitra Teknik Sipil* (Vol. 2, Issue 3).

Live and Applied Science, Volume 5

- Miyamoto, K., Amir, S. E., Gilani, S. J., & Determan, L. (2017). Seismic Retrofit and FEMA P-58 Risk Assessment of Mid-Rise Soft-Story Concrete Towers. SEAOC Convention Proceedings.
- Nursani, R. Noor, Dheni E. (2023). Analisis Pengaruh Penambahan Dinding Geser terhadap Perilaku Struktur Gedung Sistem Ganda. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, (Online) 8 (2): 105-114., <https://doi.org/10.29244/jstil.8.2.105-114>
- Praja, B. A., Avanti, J. B., Atma, U., & Yogyakarta, J. (2022). Waktu Getar Struktur Bangunan Gedung Dengan Peredam Getar Eksternal Fluid Viscous Damper. *JCEBT*, 6(2). <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- Pramesti, N.A. (2018). Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Horizontal Dengan Variasi Dimensi Kolom Terhadap Gempa. Skripsi tidak diterbitkan. Jakarta: FT UNJ.
- Pribadi, A., Desmaliana, E., & Fadlisha, D. T. (2020). Studi Perbandingan Respon Struktur Gedung Menggunakan Fluid Viscous Damper dengan Variasi Jumlah Lantai. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, (Online), (Vol. 6, Nomor 1).
- Purnama Putra, M., Isneini, M., & Noorhidana, V. A. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Analisis Time History (Studi Kasus: Apartemen Kingland Avenue Serpong) (Vol. 9, Nomor 1).
- Sahu, G., & Sahu, P. (2019). Comparative Analysis of Effects of Base Isolator & Fluid Viscous Damper on Response of a RCC Structure. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net.
- Soelarso, Baehaki, & Novtikania, F. (2016). Analisis Perbandingan Simpangan Horizontal (Drift) Pada Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Menggunakan Pengaku Lateral (Bracing) Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012. *Jurnal Fondasi*, (Volume 5, No 1).
- Statista Research Department. 2016. Countries with the most earthquake fatalities 1900-2016. (Online). (<https://www.statista.com/statistics/269649/earthquake-deaths-by-country/>)