

Analisis Penggunaan *Fluid Viscous Damper* (FVD) pada Struktur Gedung***Analysis of the Use of Fluid Viscous Dampers (FVD) in Building Structures*****Aryoseno Putra Wahyu¹, Resti Nur Arini²**^{1,2}Program Studi Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Pancasila

Alamat korespondensi : Jl. Lenteng Agung Raya No.56agakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta

email: ¹senoa32@gmail.com*; ²resti.nurarini@univpancasila.ac.id**Abstract**

Earthquake-resistant building structures are a solution in structural design. To be able to reduce the impact of earthquakes, it is necessary to increase the stiffness and strength of the structure. The solution used to improve structural performance in this study is the application of Fluid Viscous Damper (FVD). With the damper, it is expected that the damper can work optimally by resisting the earthquake force that will be received by the building, so that structural damage during an earthquake can be reduced. One of the efforts to improve the performance of building structures is to reduce earthquake forces by using a passive control system in the form of a Fluid Viscous Damper (FVD). FVD is a tool that can reduce dynamic forces acting on a structure such as earthquake loads, wind and machine vibrations. In its application in the field, the FVD placement pattern varies greatly depending on the needs and considering the aesthetics of the building. Generally, in building structures, FVDs are assembled as diagonal bracing. In this research, a simulation was carried out to compare the structural system using FVD and Fixed base on the building structure. The analysis shows that the building structure using FVD can reduce the vibration time by 18% compared to the fixed base, in addition to the use of FVD in the structure can reduce energy more and FVD can make the building more ductile compared to the fixed base.

Keywords: *Fixed Base; FVD; Deviation; Performance Level; Ductility***Abstrak**

Struktur bangunan tahan gempa menjadi solusi dalam perencanaan struktur. Untuk dapat mengurangi dampak gempa maka perlu dilakukan peningkatan kekakuan dan kekuatan struktur. Solusi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja struktur pada penelitian ini adalah dengan pemasangan *Fluid Viscous Damper* (FVD). Dengan peredam tersebut diharapkan peredam dapat bekerja secara optimal dengan menahan gaya gempa yang akan diterima bangunan, sehingga kerusakan struktur saat terjadi gempa dapat dikurangi. Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja struktur gedung adalah dengan mereduksi gaya gempa dengan memasang sistem kendali pasif berupa *Fluid Viscous Damper* (FVD). FVD merupakan alat yang dapat mereduksi gaya dinamis yang bekerja pada suatu struktur seperti beban gempa, angin dan getaran mesin. Dalam penerapannya di lapangan, pola penempatan FVD sangat bervariasi tergantung kebutuhan dan mempertimbangkan estetika bangunan. Umumnya pada struktur bangunan, FVD dipasang sebagai penguat diagonal. Pada penelitian ini dilakukan simulasi terhadap perbandingan pemasangan sistem struktur menggunakan FVD dan *Fixed base* pada struktur bangunan. Dari hasil analisa yang diperoleh menunjukkan bahwa struktur bangunan yang menggunakan FVD dapat mereduksi waktu getar sebesar 47,2% dibandingkan dengan fixed base, selain itu penggunaan FVD pada struktur mampu meredam energi lebih besar dan FVD mampu membuat bangunan lebih daktil dibandingkan dengan fixed base.

Kata kunci: *Fixed Base; FVD; Simpangan; Kinerja Struktur; Daktilitas***PENDAHULUAN**

Struktur bangunan tahan gempa menjadi solusi dalam perencanaan struktur. Untuk dapat mengurangi pengaruh gempa tersebut,

maka diperlukan peningkatan kekakuan dan kekuatan struktur. Ada beberapa cara yang bisa digunakan, salah satunya adalah pemasangan peredam getaran. Solusi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja

Please cite this article as:

Wahyu, A. P., & Arini, R. N., (2024). Analisa Penggunaan Fluid Viscous Damper (FVD) pada struktur Gedung. *Media Teknik Sipil*, 22(2), 51-58. <https://doi.org/10.22219/jmts.v22i2.28781>

struktur pada penelitian ini adalah dengan pemasangan *Fluid Viscous Damper* (FVD). Dengan adanya peredam tersebut diharapkan peredam dapat bekerja secara maksimal dengan menahan gaya-gaya gempa yang akan diterima oleh bangunan, sehingga kerusakan struktur pada saat terjadi gempa dapat dikurangi (Praja et al., 2022).

Fluid Viscous Damper (FVD) merupakan suatu alat yang digunakan untuk meredam gaya dinamik yang bekerja pada suatu struktur seperti beban gempa, beban angin dan beban getaran pada mesin atau peralatan. FVD berfungsi sebagai peredam tambahan pada struktur dengan cara mereduksi tegangan dan mendeteksi bila terjadi pembebanan, serta mereduksi gaya pada saat terjadi pembebanan (Praja & Avanti, 2022). Tujuan pemasangan FVD ini adalah untuk mengurangi defleksi lateral dan mengurangi simpangan antar lantai. Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja suatu bangunan pada kondisi pembebanan dinamis adalah dengan mengurangi beban dengan memasang sistem kendali pasif berupa FVD (Almajhali et al., 2018; De Domenico et al., 2019; Hajati & Hanif, 2018). FVD telah terbukti dapat mengurangi respon struktural akibat getaran gempa, secara signifikan meningkatkan keamanan dan stabilitas struktur (Trivedi et al., 2023). Studi menunjukkan bahwa struktur dengan FVD mengalami penurunan perpindahan lateral dan timbulnya sendi plastis selama peristiwa gempa (Conti & Viggiani, 2023).

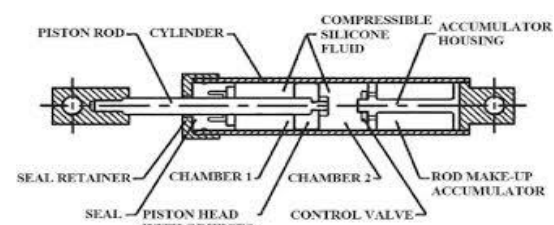
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pola penempatan FVD dengan melihat kinerja struktur yang meliputi aspek waktu getaran struktur, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan tingkat daktilitas, analisis struktural ini dilakukan hingga tahap analisis *pushover*.

METODE PENELITIAN

Terdapat beberapa peraturan perencanaan terhadap gempa bumi, antara lain pedoman perencanaan yang berlaku di Indonesia yang menetapkan tingkat beban gempa rencana yang dapat menjamin suatu struktur, agar struktur tersebut tidak rusak akibat gempa kecil, sedang, atau berat. Struktur tersebut mampu berperilaku daktil dengan mengeluarkan energi gempa sekaligus membatasi beban gempa yang terjadi pada

struktur (Conti & Viggiani, 2023; Mei et al., 2023). Apabila terjadi gempa yang cukup kuat, maka struktur yang direncanakan berperilaku elastis harus mampu menahan beban gempa. Jika struktur mampu berperilaku daktil dengan membuat engsel plastis, maka tingkat pembebanan gempa cukup untuk memikul beban tersebut. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, pembentukan sambungan plastis yang dapat menyalurkan energi gempa dan membatasi beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan, beban tersebut harus dikontrol sedemikian rupa agar struktur tidak runtuh pada saat terjadi gempa kuat. Pengendalian terbentuknya sendi – sendi plastis pada lokasi yang telah direncanakan dapat dilakukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa tersebut.

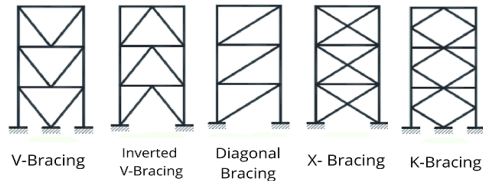
Penelitian ini akan melakukan metode analisis *pushover*. Penelitian ini membandingkan dua bangunan dengan menggunakan peredam tipe *Fluid Viscous Damper* (FVD) dan *Fixed Base. Fluid Viscous Damper* (FVD) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mereduksi/meredam gaya dinamis yang bekerja pada suatu struktur seperti beban gempa, beban angin, dan beban getaran mesin. FVD ini mempunyai fungsi sebagai peredam tambahan pada struktur dengan cara mengurangi tegangan dan defleksi pada saat pembebanan serta mengurangi gaya-gaya yang terjadi (Hajati & Hanif, 2018).



Gambar 1. Skema potongan memanjang Fluid Viscous Damper (Hajati & Hanif, 2018)

Peredam jenis *Fluid Viscous Damper* (FVD) mengubah energi kinetik atau energi gerak menjadi energi panas, kemudian panas tersebut dilepaskan dan menghilang di udara (atmosfer). Pada saat piston FVD dalam tekanan, fluida mengalir dari *chamber 2* ke *chamber 1*, sebaliknya saat piston dalam keadaan tegang, fluida mengalir dari *chamber 1* ke *chamber 2*. Perbedaan tekanan yang besar

akan melewati lubang menciptakan gaya redaman (Hajati & Hanif, 2018). Dalam mengaplikasikan dilapangan, pola penempatan FVD sangat beragam tergantung pada kebutuhan dan mempertimbangkan estetika bangunan. Umumnya pada struktur gedung, FVD dipasang sebagai diagonal bracing (Nasution, 2017).



Gambar 2. Pola penempatan FVD (Nasution, 2017)

Gedung yang digunakan dalam penelitian adalah gedung Rumah Sakit dengan lokasi gempa di area Jakarta Selatan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Luas bangunan gedung ini adalah 2.528 m² dengan tinggi gedung 31,5 m. tipe struktur gedung adalah beton bertulang tipe SPRMK. Jenis tanah pada lokasi gedung ini adalah tanah sedang. Spesifikasi material yang digunakan pada gedung tercantum pada Tabel 1. Data untuk damper pada penelitian ini berdasarkan Perusahaan Taylor Devices. FVD yang akan digunakan pada penelitian ini adalah FVD 250 KN. Spesifikasi damper disajikan pada Tabel 2.



Gambar 3. Lokasi gedung yang diteliti

Tabel 1. Spesifikasi material gedung

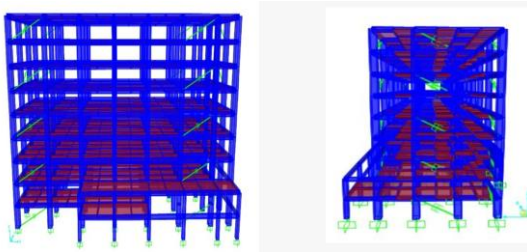
Lantai	Elemen	Material
Lantai 1 – Lantai 3	Balok	$f_c'30 \text{ MPa}$
	Pelat	$f_c'30 \text{ MPa}$
	Kolom	$f_c'35 \text{ MPa}$
Lantai 4 – Lantai	Balok	$f_c'25 \text{ MPa}$
	Atap	Pelat $f_c'25 \text{ MPa}$
	Kolom	$f_c'30 \text{ MPa}$
Mutu Tulangan		
BJTS 420B, ($F_y = 420 \text{ Mpa}$)		
BJTS 280, ($F_y = 280 \text{ Mpa}$)		

Tabel 2. Spesifikasi FVD 250 KN (Taylor Devices)

Spesifikasi	
Force (KN)	250
Taylor Devices Model Number	17120
Spherical Bearing Bore Diameter (mm)	38,1
Mid Stroke Length (mm)	787
Stroke (mm)	± 75
Clevis Thickness (mm)	43
Maximum Clevis Width (mm)	100
Clevis Depth (mm)	83
Bearing Thickness (mm)	33
Maximum Cylinder Diameter (mm)	114
Weight (kg)	44

Struktur akan dimodelkan seperti yang tergambar pada Gambar 4. Dalam melakukan analisis penggunaan FVD, posisi penempatan FVD terletak dapat dilihat pada Gambar 4. Penelitian ini akan menganalisa terkait perilaku struktur paska diberi beban gempa berupa Pushover. Analisis pushover merupakan analisis yang berfungsi untuk mengetahui tingkat kinerja struktur bangunan yang ditinjau akibat beban gempa yang terjadi (Badaoui et al., 2024; Jafar & Sachin, 2023). Analisis ini digunakan untuk mengetahui letak struktur yang meleleh atau runtuh akibat beban gempa sehingga dapat dijadikan pedoman dalam perkuatan struktur. Analisis pushover juga dikenal sebagai analisis nonlinier yang digunakan untuk rekayasa gempa berbasis kinerja (Kuria & Keyges-Brassai, 2024). Analisis pushover disajikan dalam bentuk kurva kapasitas dan kurva permintaan. Permintaan merupakan visualisasi pergerakan tanah atau gempa bumi dan kapasitas merupakan kekuatan struktur dalam menerima beban gempa yang terjadi. Oleh karena itu, kinerja struktur diartikan sebagai kemampuan struktur gedung untuk memenuhi kebutuhannya. Struktur harus mampu menahan kapasitas yang diberikan, agar kinerja bangunan sesuai dengan yang direncanakan (Siswanto & Prijasambada, 2022).

Setelah dilakukan pembebanan dengan menggunakan metode pushover, struktur akan dianalisa terhadap simpangan yang terjadi setelah terjadi gempa, termasuk simpangan antar lantainya, performa struktur, serta daktilitasnya.



Gambar 4. Lokasi pemasangan FVD pada penelitian yang dalam modelling bangunan

Simpangan *drift* adalah perpindahan antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan atau perpindahan mendatar di setiap tingkat bangunan. Simpangan lateral dari suatu sistem struktur akibat beban gempa sangat penting sehingga dalam perencanaan perlu dilihat dari tiga pandangan yang berbeda, yaitu aspek kestabilan struktur (*structure stability*), aspek kesempurnaan arsitektural (*architectural integrity*), aspek potensi kerusakan pada komponen non – struktur, serta kenyamanan manusia (*human comfort*), baik sewaktu terjadinya gempa bumi maupun sesudah bangunan mengalami gerakan gempa.

Simpangan antar tingkat didesain tidak boleh melebihi batas izin. Kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (*drift*) bangunan, semakin kecil simpangan struktur tersebut maka bangunan akan semakin kaku.

Kinerja pada struktur gedung merupakan kriteria persyaratan struktur gedung dalam mencapai kapasitas (kinerja) maksimal. Dalam hal ini dapat dilihat bagaimana struktur mencapai titik maksimumnya dalam mengatasi kebutuhan gaya gempa. Desain seismik berbasis kinerja adalah proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun penguatan bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman realistis mengenai risiko keselamatan, kesiapan penggunaan, dan kerugian harta benda yang mungkin terjadi akibat gempa bumi (Hutama, 2021; Zebua et al., 2023). Sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan dan taraf kerusakan yang diijinkan dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut.

Mengacu pada FEMA-440 yang menjadi acuan bagi perencanaan berbasis kinerja maka kategori level kinerja struktur dimulai dari Operasional (*O*), dimana pada level ini struktur terjadi pelelehan. Terdapat kerusakan kecil pada struktur dan non struktur, dan gedung dapat dipakai seperti semula. Level

kinerja kedua adalah Life Safety (*LS*) dimana pada level ini, terjadi kerusakan pada tingkat menengah pada komponen struktur dan non struktur gedung. Kekakuan struktur berkurang namun masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan. Bangunan dapat berfungsi kembali jika terjadi perbaikan yang cukup besar.

Selain simpangan dan level kinerja, salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi besar kecilnya efek beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan adalah daktilitas struktur (μ). Beberapa standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung Menggunakan asumsi *constant maximum displacement rule*, yang digunakan untuk mendefinisikan tingkat daktilitas struktur. Asumsi yang dianut diaplikasikan dalam diagram beban – simpangan (δ). Asumsi ini menyatakan bahwa struktur gedung yang daktail dan struktur gedung yang elastis penuh akibat pengaruh gempa rencana akan menunjukkan perpindahan maksimum yang sama pada ambang keruntuhan. Asumsi ini bersifat konservatif, karena pada kondisi sebenarnya suatu struktur bangunan yang bersifat ulet mempunyai perpindahan maksimum (δ_m) yang relatif lebih besar dibandingkan dengan struktur bangunan gedung yang elastis, sehingga memiliki faktor daktilitas struktur yang relatif lebih besar dari pada yang diasumsikan. Nilai faktor daktilitas struktur gedung μ di dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan, tetapi tidak boleh diambil lebih besar dari nilai faktor daktilitas maksimum μ_m yang dapat dikerahkan oleh masing-masing sistem atau subsistem struktur gedung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

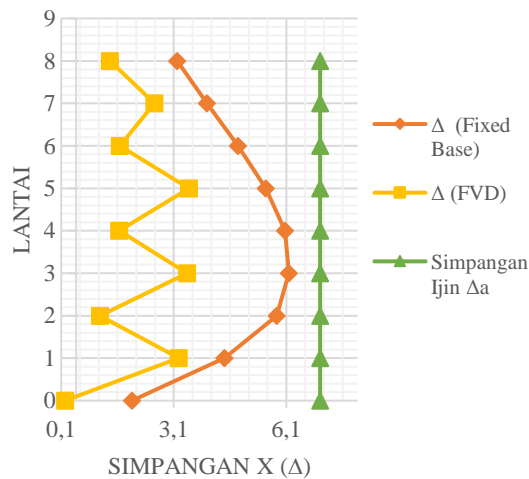
Analisis Perhitungan Pembebanan

Pembebanan pada struktur ini, dihitung sesuai dengan ketentuan yang berlaku dimana perhitungan pembebanan dilakukan dengan menghitung beban mati, beban hidup, serta beban gempa yang terjadi pada gedung. Beban adalah suatu gaya atau aksi lain yang diperoleh dari berat seluruh bangunan, penghuni, barang-barang di dalam bangunan, pengaruh lingkungan, perbedaan perpindahan dan gaya penahan akibat perubahan dimensi. Beban mati pada lantai 1 – 7 yang dihitung yaitu berat pelat lantai, berat balok memanjang, berat balok melintang,

kolom, dan dinding, sementara beban pada atap tidak menghitung beban dinding. Pada beban hidup yang bekerja pada lantai 1 – 7 untuk rumah sakit adalah 300 Kg/m², koefisien direduksi untuk beban hidup sebesar 25% sesuai dengan SNI 1726 – 2020 pasal 7.7.2, sementara pada atap, beban hidup 100 kg/m² pada tiap pelat lantai. Sehingga hasil dari perhitungan total beban pada gedung ini dengan total berat keseluruhan adalah 5.332.723,2 Kg atau 5332,7232 Ton.

Simpangan Pada Gedung FVD dan Gedung Fixed Base

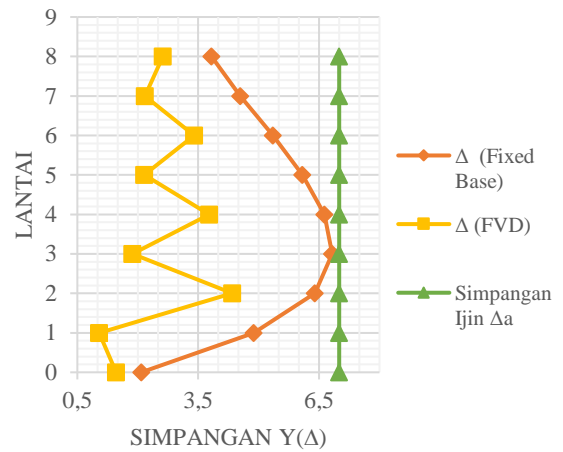
Dengan diberikannya dua perlakuan yaitu gedung dengan *Fixed Base* dengan FVD, didapat hasil perbandingan simpangan antar lantai yang mana dengan menggunakan FVD, simpangan antar tingkat lebih terduksi nilai simpangannya. Dapat dilihat hasil perbandingan simpangan untuk arah X pada Gambar 5



Gambar 5. Kurva Perbandingan Simpangan antar lantai arah X

Pada Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa gedung yang Menggunakan FVD mampu mengurangi simpangan antar lantai. Pada lantai ke 8, struktur yang menggunakan FVD menghasilkan simpangan antar lantai sebesar 1,40 sedangkan struktur menggunakan fixed base sebesar 3,19. Dari hasil simpangan untuk arah X, FVD mampu mereduksi simpangan sebesar 56%. Sedangkan untuk lantai paling bawah, hasil simpangan FVD sebesar 0,21 dan fixed base sebesar 1,9, dapat disimpulkan bahwa FVD mampu mereduksi simpangan sebesar 90%

untuk lantai paling bawah, dari hasil tersebut menunjukkan bahwa FVD mampu mengurangi simpangan antar lanate efektif.



Gambar 6. Kurva Perbandingan Simpangan antar lantai arah Y

Pada Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa gedung yang Menggunakan FVD mampu mengurangi simpangan antar lantai. Hasil simpangan antar lantai arah Y pada lantai 8, struktur dengan FVD menghasilkan simpangan sebesar 2,62 sedangkan struktur dengan fixed base sebesar 3,83. Simpangan tersebut mampu tereduksi sebesar 32%. Sedangkan untuk struktur pada lantai paling dasar, FVD menghasilkan simpangan sebesar 1,46 dan fixed base sebesar 2,08, dari hasil tersebut FVD mampu mereduksi sebesar 30%. Dari hasil penelitian tentang penggunaan FVD pada sistem struktur untuk simpangan, sejalan dengan penelitian yang dilakukan Demonicco 2019 bahwa pemasangan FVD mampu mereduksi simpangan sebesar 50% yang dapat mengurangi percepatan dibandingkan dengan *fixed base* (De Domenico et al., 2019).

Waktu Getar Struktur

Dari hasil Analisa program SAP 2000, didapat periode struktur gedung dengan *Fluid Viscous Damper* (FVD) mengalami penurunan dari periode gedung dengan *Fixed Base* tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan perbandingan periode struktur bangunan *Fixed Base* menggunakan FVD. Dapat disimpulkan bahwa bangunan yang menggunakan FVD mengalami pengurangan periode struktur, yang berarti FVD berhasil mengurangi redaman gempa hingga 47,2%. Pada saat

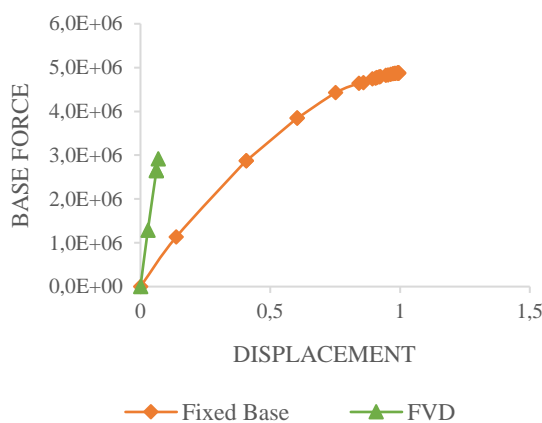
struktur gedung memiliki nilai periode pendek ($T = 0$), dapat dikatakan bahwa gedung tersebut sangat kaku, sehingga getaran gedung akan sepenuhnya mengikuti gerakan tanah yang mentransfer gaya gempa ke struktur.

Tabel 2. Perbandingan Periode Struktur *Fixed Base* dan FVD

Mode	<i>Fixed Base</i> (s)	FVD (s)	(%)
1	1.70275	1.39415	18.1%
2	1.578334	0.91028	42.3%
3	1.371284	0.724649	47.2%
4	0.507178	0.418286	17.5%
5	0.45954	0.285861	37.8%
6	0.401435	0.257876	35.8%
7	0.257971	0.234409	9.1%
8	0.248516	0.209748	15.6%
9	0.222121	0.154931	30.2%
10	0.151427	0.147619	2.5%
11	0.147634	0.14693	0.5%
12	0.146952	0.145702	0.9%

Hasil Analisa Pushover

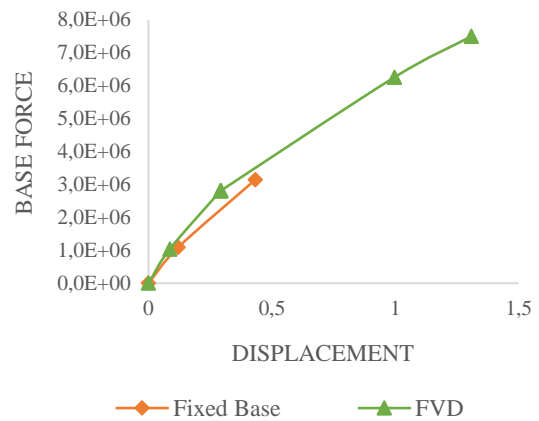
Dari hasil pemodelan yang dilakukan diperoleh perbandingan kurva pushover untuk *Fixed Base* dan bangunan FVD untuk arah X pada Gambar 7 dan Gambar 8 untuk arah Y.



Gambar 7. Kurva perbandingan Pushover *Fixed Base* dan FVD arah X

Pada Gambar 7, diperoleh hasil analisis *Pushover* pada gedung yang menggunakan FVD lebih daktail dibandingkan dengan *Fixed Base*, namun *Pushover* FVD tidak mencapai target *displacement*.

Gambar 8. Kurva perbandingan Pusover



Fixed base dan FVD arah Y

Sedangkan pada Gambar 8 untuk arah Y diperoleh hasil analisis *Pushover* FVD lebih efektif dalam meredam gaya gempa pada gedung sehingga meningkatkan kinerja struktur dibandingkan dengan menggunakan *Fixed Base*. kurva FVD yaitu kenaikan nilai *base force* dan *displacement*. Namun *displacement* pada FVD lebih besar dengan *base force* yang besar, hal ini menunjukkan bahwa FVD yang digunakan sudah efektif.

Dari hasil penelitian untuk *displacement* pada struktur yang menggunakan FVD sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yingfei, 2024 yang menyatakan bahwa penerapan FVD dapat mengoptimalkan *displacement* yang terjadi sehingga dapat mengurangi kerusakan pada struktur karena gaya geser pada lantai yang dihasilkan lebih kecil daripada *fixed base* (Guo et al., 2024).

Performance Level Struktur

Hasil dari Analisa *pushover* dapat dihitung *Drift Ratio* untuk dapat menentukan level kinerja struktur dengan pergeseran /*displacement* dibagi dengan tinggi bangunan. Didapat hasil nilai *drift ratio* pada gedung FVD dan *Fixed Base* untuk arah X dan Y pada Tabel 3

Tabel 3. Tabel hasil *Drift Ratio*

Tipe Struktur	<i>Drift Ratio</i>	
	X	Y
Fixed Base	0,00746	0,0067
FVD	0,0003	0,006

Berdasarkan Tabel 3, *drift ratio* pada FEMA 440, struktur gedung dengan *Fixed Base* dan FVD masuk kedalam kategori IO

(*Immediate Occupancy*), yaitu tidak terjadinya kerusakan pada komponen struktur namun hanya mengalami kerusakan pada *non* struktur. Nilai dari drift ratio pada struktur dengan FVD memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur *fixed base*.

Daktilitas Struktur

Berdasarkan hasil *performance level* yang didapat, maka dapat diketahui nilai leleh pertama (δy) dan nilai ambang keruntuhan maksimum (δm), sehingga nilai tersebut dapat dihitung untuk mengetahui nilai dari pada daktilitas struktur gedung. rumus yang menghitung daktilitas struktur yaitu nilai ambang keruntuhan maksimum dibagi dengan nilai leleh pertama. Sehingga didapat hasil dari daktilitas gedung *Fixed Base* dan FVD pada tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 1. Daktilitas Struktur Gedung

Jenis Gedung	δy	δm	Daktilitas (μ)
<i>Fixed Base</i>	0.407	0.990	2.432
FVD	0.293	1.308	4.464

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa Hasil perbandingan waktu getar struktur diperoleh waktu getar struktur menggunakan FVD dapat mereduksi waktu getar lebih banyak dibandingkan dengan *Fixed Base*. Struktur dengan FVD mampu mereduksi waktu getar hingga 47,2%.

Selain itu, ditemukan bahwa FVD mengurangi nilai penghematan dari *Fixed Base* dengan proporsi redaman terbesar pada lantai basement sebesar 90% pada arah X. Didapatkan bahwa FVD mengurangi nilai penghematan *Fixed Base* dengan proporsi redaman terbesar pada lantai 1 sebesar 30% pada arah Y. Penelitian juga menunjukkan bahwa bangunan yang menggunakan FVD mampu mengurangi simpangan antar lantai.

Struktur yang menggunakan FVD menerima gaya gempa dan disalurkan ke struktur bangunan. Gaya gempa yang terjadi pada bangunan telah diredam terlebih dahulu oleh FVD. Struktur dengan FVD dinilai lebih daktail dibandingkan dengan *Fixed Base*, gedung tersebut masuk kedalam klasifikasi kelas sedang pada saat Menggunakan *Fixed*

Base dan menuju kuat dengan Menggunakan FVD.

Sedangkan untuk *performance level* struktur, FVD dan *fixed base* menunjukkan tingkat kinerja struktur pada *Immediate Occupancy* (IO).

DAFTAR PUSTAKA

Almajhali, K. Y. M., Xu, B. & Meng, Q. (2018). Seismic Response Evaluation of High-Rise Building with and Without Fluid Viscous Damper. *American Journal of Civil Engineering*, 6(5), 167. <https://doi.org/10.11648/j.ajce.20180605.15>

Badaoui, M., Rahmani, A. Y., Bourahla, N., Hachi, S. & Benyagoub, M. (2024). A Pushover analysis approach considering structural and loading uncertainties for seismic performance assessment. *Studies in Engineering and Exact Sciences*, 5(1), 634–648. <https://doi.org/https://doi.org/10.54021/seesv5n1-036>

Conti, R. & Viggiani, G. M. B. (2023). On the performance-based seismic design of yielding retaining structures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108172>

De Domenico, D., Ricciardi, G. & Takewaki, I. (2019). Design strategies of viscous dampers for seismic protection of building structures: A review. In *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* (Vol. 118). <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.12.024>

Guo, Y., Wang, S. & Zhang, S. (2024). Seismic performance of building structures based on improved viscous damper seismic design. *Journal of Vibroengineering*, 26(5), 1082–1100. <https://doi.org/https://doi.org/10.21595/jve.2024.23988>

Hajati, N. L. & Hanif, A. N. (2018). Kajian Kinerja Struktur Gedung Simetris Menggunakan Peredam Tipe Fluid Viscous Damper. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(2). <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i2.2391>

Hutama, B. P. (2021). Evaluasi Kinerja Bangunan Rumah Sakit Santa Maria

- Pemalang dengan Non-linier Static Pushover Analysis Metode ATC-40 dan FEMA 440. *INERSIA Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(2). <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i2.25511>
- Jafar, K. M. & Sachin, V. (2023). Performance Evaluation of Fire Exposed RC Structure Using Pushover Analysis. *International Conference on Interdisciplinary Approaches in Civil Engineering for Sustainable Development*, 455–468.
- Kuria, K. K. & Kegyes-Brassai, O. K. (2024). Pushover Analysis in Seismic Engineering: A Detailed Chronology and Review of Techniques for Structural Assessment. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/app14010151>
- Mei, A., Gusella, F. & Orlando, M. (2023). A steel bracing system dissipating energy through moment-rotation hysteresis loops. *Engineering Structures*, 280. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.115640>
- Nasution, Z. (2017). PERENCANAAN FVD (Fluid Viscous Damper) PADA STRUKTUR BANGUNAN BAJA. *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Praja, B. A. & Avanti, J. B. (2022). Waktu Getar Struktur Bangunan Gedung Dengan Peredam Getar Eksternal Fluid Viscous Damper. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 6(2), 117–123. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v6i2.7945>
- Siswanto, S. & Prijasambada, P. (2022). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Pushover. *IKRAITH-Teknologi*, 7(1). <https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v7i1.2319>
- Trivedi, A., Shrivastava, D. G. & Patil, K. (2023). Seismic Analysis of Irregular Diaphragm Reinforced Concrete Building with Fluid Viscous Dampers. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(7). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.55029>
- Zebua, D., Putra, A. 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*, 14(2). <https://doi.org/10.33736/jcest.5326.2023>