

STUDI ANALISIS STRUKTUR BAJA PADA GEDUNG GKB V UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG DENGAN *FLUID VISCOUS DAMPER (FVD)*

Chonis Tanaem¹, Ester Priskasari², dan Mohammad Erfan³

^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: Chonisorzet@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is located at the convergence of three major tectonic plates, making it highly vulnerable to earthquakes; therefore, earthquake-resistant structural design is essential. One of the seismic damping devices that can be applied is the *Fluid Viscous Damper (FVD)*, which functions to absorb seismic energy and reduce the design earthquake forces transmitted to structural elements. This study analyzes the performance of a steel structure in the GKB V Building at Universitas Muhammadiyah Malang with the application of three types of FVD, namely 500 kN, 750 kN, and 1000 kN capacity. The structural modeling was carried out using ETABS software, considering dead loads, live loads, and seismic loads in accordance with SNI 1726:2019. The FVDs were installed along the X-axis (longitudinal) and Y-axis (transverse) at the building's edges. The analysis results indicate that the use of FVDs reduces the structural period, base shear, and inter-story drift, thereby improving the stiffness and stability of the structure. Furthermore, the bending moment in beams decreased, while the axial compressive force and moment in columns increased compared to the structure without FVDs. Overall, the application of FVDs proved effective in enhancing the seismic performance of the structure.

Keywords: Fluid Viscous Damper, steel structure, earthquake

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah yang rawan gempa bumi karena berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, sehingga perencanaan struktur bangunan tahan gempa menjadi hal yang penting. Salah satu perangkat peredam gempa yang dapat digunakan adalah *Fluid Viscous Damper (FVD)*, yang berfungsi menyerap energi gempa dan mengurangi gaya gempa rencana yang diteruskan ke elemen struktur. Penelitian ini menganalisis kinerja struktur baja pada Gedung GKB V Universitas Muhammadiyah Malang dengan penerapan tiga tipe FVD, yaitu kapasitas 500 kN, 750 kN, dan 1000 kN. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan memperhitungkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai SNI 1726:2019. FVD dipasang pada sumbu X (memanjang) dan sumbu Y (melintang) di bagian tepi bangunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan FVD dapat menurunkan periode struktur, gaya geser dasar, dan simpangan antar lantai (*story drift*), sehingga meningkatkan kekakuan dan stabilitas struktur. Selain itu, momen lentur pada balok mengalami penurunan, sedangkan gaya aksial tekan dan momen pada kolom cenderung meningkat dibandingkan kondisi tanpa FVD. Secara keseluruhan, penerapan FVD terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan struktur terhadap beban gempa.

Kata kunci: Fluid Viscous Damper, struktur baja, gempa bumi

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang diakibatkan oleh pergeseran lempeng bumi. Fenomena ini dapat menjadi ancaman yang serius bagi Indonesia dikarenakan wilayah Indonesia yang beradapa 3 pertemuan lempeng yaitu, lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng pasifik. Gempa bumi dapat mengakibatkan kerusakan bangunan serta mengakibatkan korban jiwa. Oleh karena itu perencanaan struktur tahan gempa menjadi aspek penting yang harus dipertimbangkan terutama pada struktur bangunan bertingkat tinggi.

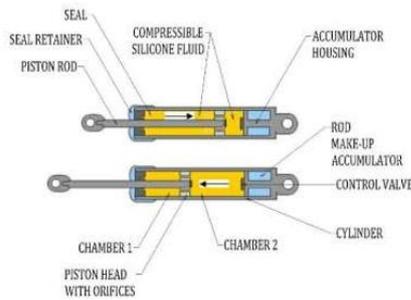
Fluid Viscous Damper (FVD) merupakan salah satu dari alat peredam gempa yang diaplikasikan pada struktur bangunan. FVD dapat menyerap energi gempa dan mengurangi gaya gempa rencana yang dibawa elemen struktur sehingga memungkinkan struktur bangunan untuk tetap bersifat elastis pada saat gempa terjadi dan mampu meredam guncangan gempa (Pribadi et al., 2020). Penggunaan alat ini tidak akan meningkatkan beban pada kolom akibat gaya yang ditimbulkan FVD karena saat terjadi gempa dan gaya damper maksimum, tegangan kolom justru menjadi minimum.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fluid Viscous Damper

Fluid viscous damper bekerja dengan cara memberikan gaya untuk meredam gerakan struktur saat terjadi gempa. Fluid Viscous Damper mendisipasi energi berdasarkan kecepatan gerak piston dan kekentalan cairan yang mengalir melalui lubang di piston. Cairan pekat yang biasa digunakan yaitu minyak silikon (silicone oil). FVD dipasang pada skeleton frame bangunan, biasanya sejajar dengan bracing.

Fluid viscous damper bekerja layaknya pegas yang dapat mereduksi tegangan dan defleksi yang terjadi pada struktur bangunan secara bersamaan. Gaya redaman yang bekerja sebanding dengan perubahan kecepatan stroke (stroking velocity). Cara kerja ini dianalogikan seperti suspensi atau shock absorber pada mobil. Viscous damper mendisipasi energi berdasarkan kecepatan gerak dari bagian damper. Bentuk umum dari gaya redaman atau damping dapat ditulis:



Gambar 1. Skema FVD

$$F_d = CV^\alpha$$

Dimana:

F_d = gaya damping

C = Konstanta damping

V = Kecepatan

α = Faktor penggunaan linear dan non linear

$\alpha = 1$ untuk linear

$\alpha < 1$ untuk non linear

Untuk menentukan kecepatan FVD dapat dihitung menggunakan kecepatan per lantai pada bangunan, dikarekan kecepatan yang dihasilkan peredam sejalan dengan kecepatan yang dihasilkan per lantai bangunan. Perhitungan kecepatan didefinisikan sebagai berikut.

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

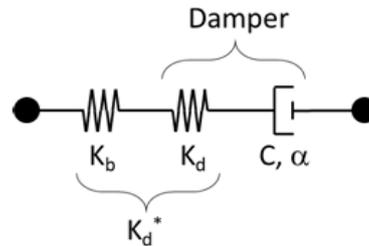
Dimana:

Δ = Displacement yang dihasilkan per lantai

T = Periode yang dihasilkan per lantai

π = 3,14

Kekakuan Fluid Viscous Damper (FVD)



Gambar 2. Model Peredam (Damper) yang Dipasang Seri dengan Extender Brace

Berdasarkan (Taylor Devices, 2024), kekakuan pada Fluid Viscous Damper harus digabungkan dengan kekakuan extender brace karena pada input di ETABS atau SAP2000 keduanya dimodelkan sebagai satu kesatuan elemen.

$$K_d = k_d + k_b$$

Dimana:

K_d = Maxwell stiffness

K_b = Kekakuan extender brace

Kekakuan extender brace didefinisikan sebagai berikut

$$K_b = \frac{AE}{L}$$

Dimana:

A = Luas penampang

E = Modulus elastisitas bahan

L = Panjang elemen

Pembebanan struktur

- **Beban mati**

Beban mati merupakan berat dari seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang pada gedung tersebut, termasuk berat atap, plafon, pat, dinding, lantai, tangga, finishing, dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan lain yang terpasang termasuk berat keran (SNI 1727:2020, 13:15).

- **Beban hidup**

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh beberapa faktor seperti penghuni dan bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban

konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban banjir, beban gempa dan beban mati (SNI 1727:2020. 13:18).

• **Beban gempa**

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau dengan menggunakan SNI 1726:2019. fungsi respon spektrum ditetapkan sesuai pada wilayah gempa sebagaimana ketentuan dalam SNI 1726:2019, serta mempertimbangkan kondisi tanah dilokasi rencana struktur bangunan.

Kombinasi pembebanan

Untuk komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai di bawah. Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban-beban angin dan seismik harus ditinjau, tetapi kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan. Berikut adalah kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 4.2.2 halaman 25-26:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr atau R)
5. 0,9D + 1,0W
6. 1,2D + Ev + Eh + L
7. 0,9D – Ev + Eh

Akan tetapi, berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.4.2 halaman 64-65, pada kombinasi terdapat beban gempa di dalam persamaannya harus didesain menggunakan pengaruh beban gempa yang ditentukan seperti berikut:

$$E_h = \rho Q E$$

$$E_v = 0,2 S_{DS} D$$

Nilai ρ merupakan faktor redundansi yang harus dikenakan pada sistem penahan gempa dalam masing-masing kedua arah orthogonal untuk semua struktur sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.3.4 halaman 63.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Data Perencanaan

1. Nama Gedung : Gedung GKB V UMM
2. Lokasi Gedung : Jl. Raya Karangploso

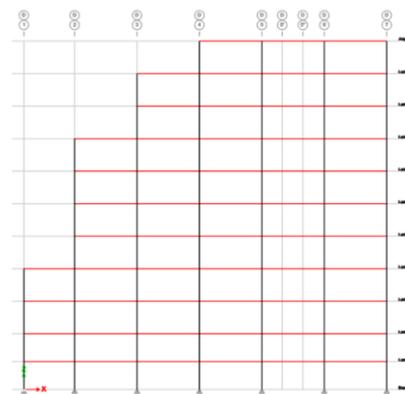
No. 45, Landungsari
 Kota Malang

3. Jumlah Lantai : 10 + Atap
4. Panjang Bangunan : 48,5 m
5. Lebar Bangunan : 31 m
6. Tinggi Bangunan : 45 m

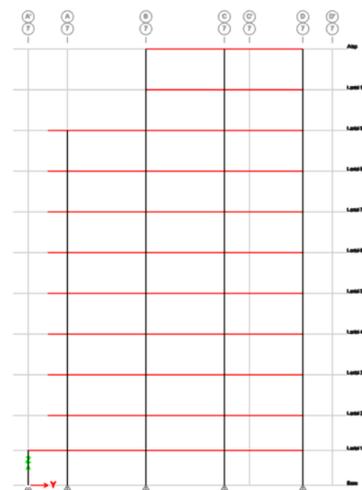
Data material

1. Profil Baja : WF & H-Beam
2. Mutu Baja : ASTM A572
 Grades 50
 SN 490 B
3. Tegangan Peleh (Fy) : 345 Mpa
4. Tegangan Putus (Fu) : 450 Mpa
5. Modulus Elastisitas Baja : 200000 Mpa
6. Modulus Geser Baja : 80000 Mpa

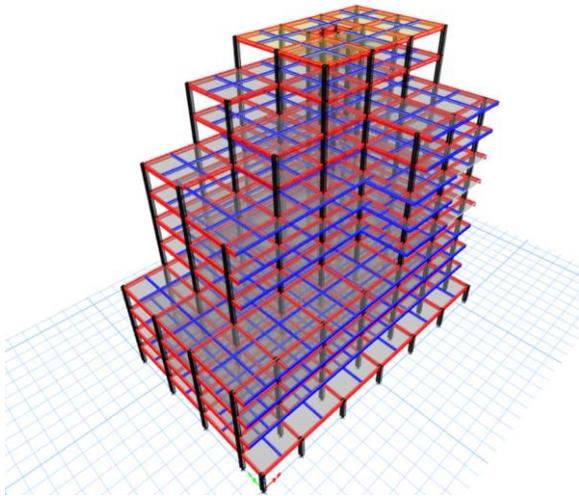
Data geometrik gedung GKB V Universitas muhammadiyah malang



Gambar 3. Potongan memanjang



Gambar 4 Potongan melintang



Gambar 5. Tampak 3D

- Balok induk = WF 500 x 300 x 16 x 25
- Balok anak = WF 300 x 150 x 6,5 x 9
- Kolom = H-Beam 428 x 407 x 30 x 40
- Extenter brace = Hss Circle \varnothing 216,3 mm
- Pelat lantai (t) = 130 mm

FVD seri nomor 17140

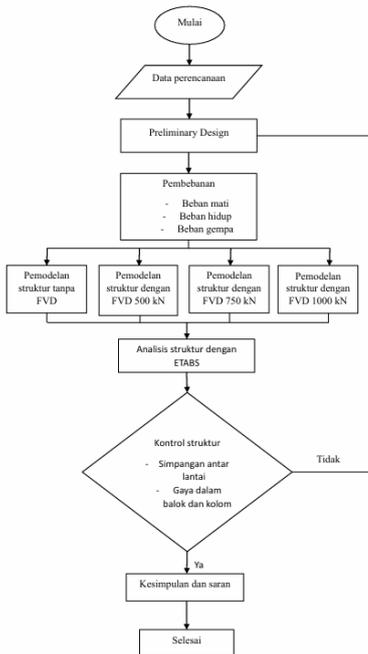
Penelitian ini menggunakan 3 tipe FVD, yaitu FVD 500 kN, FVD 750 kN dan 1000 kN. Spesifikasi Fluid Viscous Damper dapat dilihat pada table 1.1

Tabel 1. Spesifikasi Fluid Viscous Damper

Tipe FVD	Berat kN	Massa kg	Damping kN-s/m	Stiffnes kN/m
FVD 500 kN	0,961	98	1306,1329	296277,99
FVD 750 kN	1,648	168	1959,1994	376832,99
FVD 1000 kN	2,491	254	2612,2659	460014,99

Pada penelitian ini, FVD dipasang pada sumbu X (memanjang) dan sumbu Y (melintang) di bagian tepi bangunan.

Bagan alir



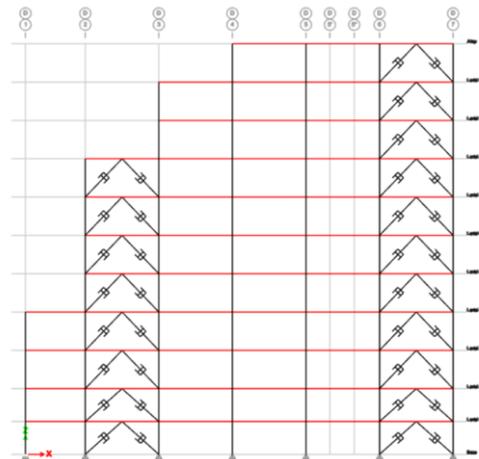
Gambar 6. Bagan alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

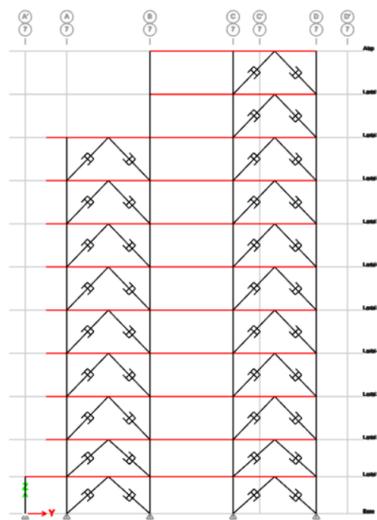
Data perencanaan

- Panjang bangunan = 48,5 m
- Lebar bangunan = 31 m
- Tinggi bangunan = 45 m

Preliminary Design



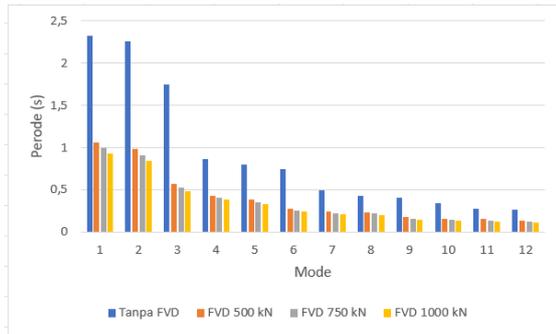
Gambar 7. Potongan memanjang



Gambar 8. Potongan melintang

Periode Struktur

Periode atau waktu getar struktur merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh struktur untuk menyelesaikan satu siklus getaran. Nilai periode ini harus memenuhi ketentuan agar struktur tidak memiliki tingkat fleksibilitas yang berlebihan. Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak ETABS diperoleh nilai periode struktur sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik periode struktur

Gaya Geser Dasar

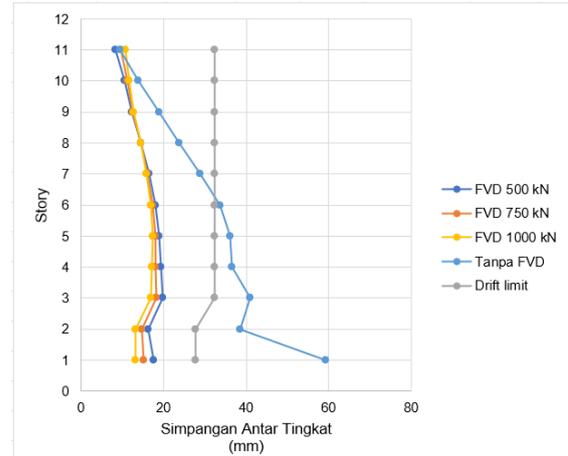
Gaya geser dasar merupakan representasi atau penyederhanaan dari pengaruh getaran gempa yang bekerja pada dasar bangunan. Nilai ini digunakan sebagai acuan gaya gempa rencana yang diperhitungkan dalam proses perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung. Hasil analisis gaya geser dasar dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Gaya geser dasar arah X dan Y

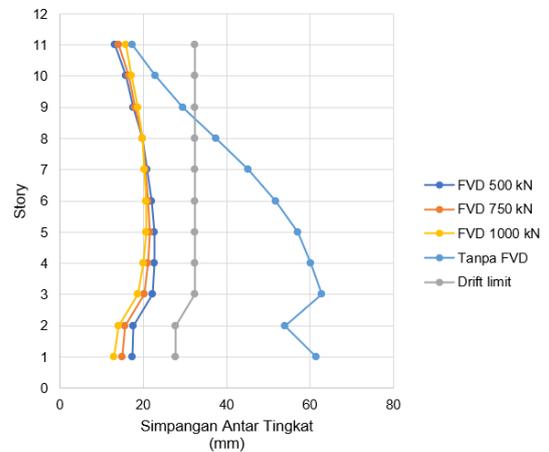
Tipe beban gempa		Tanpa FVD kN	FVD 500 kN kN	FVD 750 kN kN	FVD 1000 kN kN
Eqx	Statik	2988,5403	6470,0064	7020,5709	7572,8525
Eqy	Statik	2988,5403	6024,0097	6440,2414	6841,5272
Rsp _x	Dinamik	2521,0257	4643,0289	4869,8551	5060,7314
Rsp _y	Dinamik	2209,3193	4148,4899	4257,0179	4401,1818

Simpangan Antar Lantai

Hasil analisis simpangan antar lantai (*story drift*) pada gedung GKB V UMM menunjukkan bahwa penerapan tiga tipe FVD menghasilkan penurunan nilai simpangan antar lantai dibandingkan dengan kondisi tanpa peredam. Penurunan ini mengindikasikan peningkatan kekakuan dan kemampuan struktur dalam mereduksi deformasi akibat beban gempa. Hasil analisis simpangan antar lantai dapat dilihat pada gambar 10 untuk arah X dan 11 untuk arah Y.



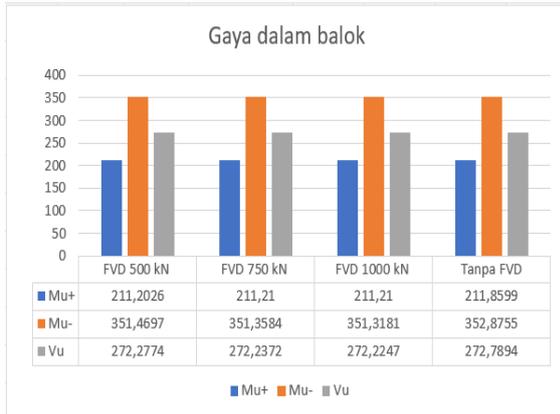
Gambar 10. Grafik simpangan antar lantai arah X



Gambar 11. Grafik simpangan antar lantai arah Y

Gaya dalam elemen struktur

Elemen struktur pada gedung terdiri dari balok sebagai elemen horizontal dan kolom sebagai elemen vertikal. Berdasarkan hasil analisis, penggunaan FVD pada struktur gedung menyebabkan penurunan momen lentur pada elemen balok. Sebaliknya, pada elemen kolom terjadi peningkatan gaya aksial tekan dan momen dibandingkan dengan kondisi tanpa FVD. Distribusi gaya dalam pada balok ditunjukkan pada Gambar 12, sedangkan gaya dalam pada kolom ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 12. Gaya dalam balok



Gambar 13. Gaya dalam kolom

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada Gedung GKB V Universitas Muhammadiyah Malang dengan *Fluid Viscous Damper* dan tanpa *Fluid Viscous Damper*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Periode getar alami struktur dengan menggunakan FVD mengalami penurunan pada mode 1 untuk FVD 500 kN 54,37%, FVD 750 kN 56,26% dan FVD 1000 kN 59,72%. Sedangkan mode 2 untuk FVD 500 kN 56,29%, FVD 750 kN 59,66% dan FVD 1000 kN 62,54%.
2. Penggunaan tiga tipe FVD (500 kN, 750 kN, dan 1000 kN) memberikan penurunan signifikan pada simpangan antar lantai

(*story drift*) dibandingkan kondisi tanpa peredam, menunjukkan peningkatan kekakuan dan kemampuan struktur meredam deformasi akibat gempa.

3. Pada elemen balok, penggunaan FVD menyebabkan penurunan momen lentur, sedangkan pada elemen kolom terjadi peningkatan gaya aksial tekan dan momen. Hal ini mengindikasikan redistribusi gaya dalam akibat peran FVD dalam menyerap energi gempa.
4. Secara keseluruhan, penerapan FVD efektif dalam meningkatkan kinerja seismik struktur gedung dengan mengurangi deformasi dan mengoptimalkan distribusi gaya dalam, sehingga bangunan menjadi lebih aman terhadap beban gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2019). SNI 1726 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2020). SNI 1726 2019 Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Pribadi, A dan E Desmaliana, (2020). Studi perbandingan respon struktur gedung menggunakan *Fluid Viscous Damper* dengan variasi jumlah lantai Vol: 6, No.1/2020 page 23-25.
- Taylor Devices, I. (2024). *Fluid Viscous Dampers*. <https://www.taylordevices.com/damper-manual/>