

SKRIPSI

**ANALISIS DAN DESAIN *FLUID VISCOUS DAMPER*
(FVD) PADA JEMBATAN CONTINUOUS BOX
GIRDER**



**JOSHUA EVAN BASANA
NPM : 6101801156**

PEMBIMBING: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T

KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**ANALISIS DAN DESAIN *FLUID VISCOUS DAMPER*
(FVD) PADA JEMBATAN CONTINUOUS BOX
GIRDER**



**JOSHUA EVAN BASANA
NPM : 6101801156**

BANDUNG, 4 AGUSTUS 2023

PEMBIMBING:

Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T

KO-PEMBIMBING:

Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI
ANALISIS DAN DESAIN *FLUID VISCOUS DAMPER*
(FVD) PADA JEMBATAN CONTINUOUS BOX
GIRDER




JOSHUA EVAN BASANA
NPM: 6101801156


PEMBIMBING: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T


KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T


PENGUJI 1: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PENGUJI 2: Liyanto Eddy. PhD.









UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Joshua Evan Basana
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 18 November 2000
NPM : 6101801156
Judul skripsi : **ANALISIS DAN DESAIN *FLUID VISCOUS DAMPER* (FVD) PADA JEMBATAN CONTINUOUS BOX GIRDER**

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Dinyatakan: di Bandung
Tanggal: 1 Agustus 2023



Joshua Evan Basana

ANALISIS DAN DESAIN *FLUID VISCOUS DAMPER* (FVD) PADA JEMBATAN CONTINUOUS BOX GIRDER

Joshua Evan Basana
NPM: 6101801156

Pembimbing: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T
Ko-Pembimbing: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023

ABSTRAK

Proses perancangan *Seismic Design* adalah sebuah konsep yang berfungsi untuk mempersiapkan struktur bangunan terhadap sebuah gaya gempa. Konsep *Seismic Design* dapat tercapai dengan berbagai macam aplikasi dimana salah satunya adalah *Vibration Control* yang merupakan penggunaan sebuah alat untuk mengurangi efek gaya gempa yang terjadi. Salah satu aplikasi *Vibration Control* yang dapat digunakan pada jembatan adalah *Fluid Viscous Damper* (FVD) yang menjadi alat peredam yang dipasang pada struktur. Skripsi ini dibuat untuk mengetahui efek dan kinerja dari FVD pada sebuah jembatan dengan menganalisis jembatan yang tidak menggunakan FVD, jembatan yang menggunakan FVD dengan kekakuan, dan jembatan yang menggunakan FVD tanpa kekakuan. Dengan menggunakan FVD yang memiliki gaya peredam 1000 kN, FVD dapat membuat persen massa yang berlaku pada jembatan mencapai persen massa yang tinggi, selain itu FVD juga berperan dalam mengurangi perubahan posisi yang terjadi pada struktur. Dengan membandingkan segala model FVD yang digunakan, dapat disimpulkan bahwa FVD tanpa kekakuan membuat sistem struktur mengalami pergerakan *undamped* dimana struktur mengalami pergerakan *underdamped* jika FVD memiliki kekakuan. Berdasarkan *Hysteresis Loop* dan *Time History Energy Graph* kinerja FVD yang dicapai pada analisis ini kurang optimal dikarenakan persen energy peredam belum mencapai persyaratan pemasangan FVD berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Korea.

Kata Kunci: *Damper, Fluid Viscous Damper, Hysteresis Loop, Kekakuan, Mode, Vibration Control.*

FLUID VISCOUS DAMPER (FVD) DESIGN AND ANALYSIS FOR BOX GIRDER CONTINUOUS BRIDGE

Joshua Evan Basana
NPM: 6101801156

Advisor: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T
Co-Advisor: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM

(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
AGUSTUS 2023

ABSTRACT

The Seismic Design process is a concept that serves to prepare building structures against an earthquake force which can be achieved with a variety of applications where one of them is Vibration Control which is the use of a tool to reduce the effects of earthquake forces that occur. One of the Vibration Control applications that can be used on bridges is the Fluid Viscous Damper (FVD) which is a dampening device installed on the structure. This thesis is made to determine the effect and performance of FVD on a bridge by analyzing a bridge that does not use FVD, a bridge that uses FVD with stiffness, and a bridge that uses FVD without stiffness. By using FVD with 1000 kN damping force, the applicable mass percent of the bridge is able to reach a higher percent mass while also reducing the displacement that occurs in the structure. By comparing all FVDs used, it can be concluded that FVD without stiffness makes the structural system experience undamped movement where the structure experiences underdamped movement if the FVD has stiffness. Based on the Hysteresis Loop and Time History Energy Graph, the FVD performance achieved in this analysis is less than optimal because the percent of dampening energy has not reached the FVD installation requirements based on the standards set by Korea.

Keywords: *Damper, Fluid Viscous Damper, Hysteresis Loop, Stiffness, Modes, Vibration Control*

PRAKATA

Salam Sejahtera untuk kita semua,

Pertama-tama saya ucapkan syukur atas berkat dari Tuhan Yang Maha Esa, Allah Tritunggal atas karunia dan berkatnya yang membuat penulis telah mencapai titik akhir penyelesaian skripsi yang berjudul “ANALISIS DAN DESAIN *FLUID VISCOUS DAMPER* (FVD) PADA JEMBATAN CONTINUOUS BOX GIRDER” dengan baik dan sesuai dengan kehendakNya. Skripsi ini adalah hasil perjuangan keras yang telah ditempuh penulis untuk mencapai syarat kelulusan yang telah ditetapkan oleh Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan. Penyusunan skripsi ini adalah hasil dari bimbingan, asistensi, dan bantuan dari berbagai macam bidang untuk penulis. Penulis sangat berterima kasih atas segala motivasi yang telah diberikan oleh berbagai macam insan yang pada akhirnya berakhir pada penyelesaiannya skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir. M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak waktu, tenaga, dan kesabaran untuk membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir proses berjalannya penulisan skripsi ini.
2. Ibu Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen ko pembimbing yang telah membimbing penulis, memberikan saran yang membantu penulis untuk mencapai tujuan penelitian ini, memberikan arahan terkait apa yang diperlukan penulis untuk dikerjakan, dan kesabaran untuk membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, Bapak Liyanto Eddy, Ph.D., Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D., dan Ibu Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda selaku dosen penguji pada saat proses Seminar Judul, Seminar Isi dan Sidang yang telah memberikan banyak masukan dan kritik yang membantu penulis untuk mencapai tujuan yang telah penulis tetapkan.
4. Ibu Cindy, Ibu Yanti, dan Bapak Mohammad Zulfekhar Ali yang selalu membantu penulis dalam menghadapi permasalahan selagi dalam proses analisis yang memerlukan software MIDAS.

5. Orang tua dan Keluarga yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan serta kesabaran untuk penulis
6. Natanael Calvin selaku teman satu pembimbing yang selalu membantu dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan proses skripsi ini.
7. Danita Bernadine dan Hieronimus Hariyanto, S.T. yang selalu mendukung penulis dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan proses skripsi ini
8. Seluruh anggota dari “*Padoru Squad*” yang selalu menemani penulis selagi menjalani proses penulisan skripsi ini
9. Seluruh anggota dari “*Anak Rantau*” selalu mendukung, membantu, bertukar pikiran, dan menghibur dimulai dari awal mula masa perkuliahan
10. Angkatan 2018 yang menjadi rumah bagi penulis saat menjalani perkuliahan
11. Semua pihak yang telah membantu, mendukung, dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa skripsi ini tidaklah sempurna dan masih memerlukan banyak masukan dari pihak-pihak luar. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran yang dapat membuat skripsi ini lebih sempurna. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi amunisi dan bantuan untuk pembaca dan penelitannya di masa yang akan datang.

Bandung, 1 Agustus 2023

Joshua Evan Basana

6101801156

DAFTAR ISI

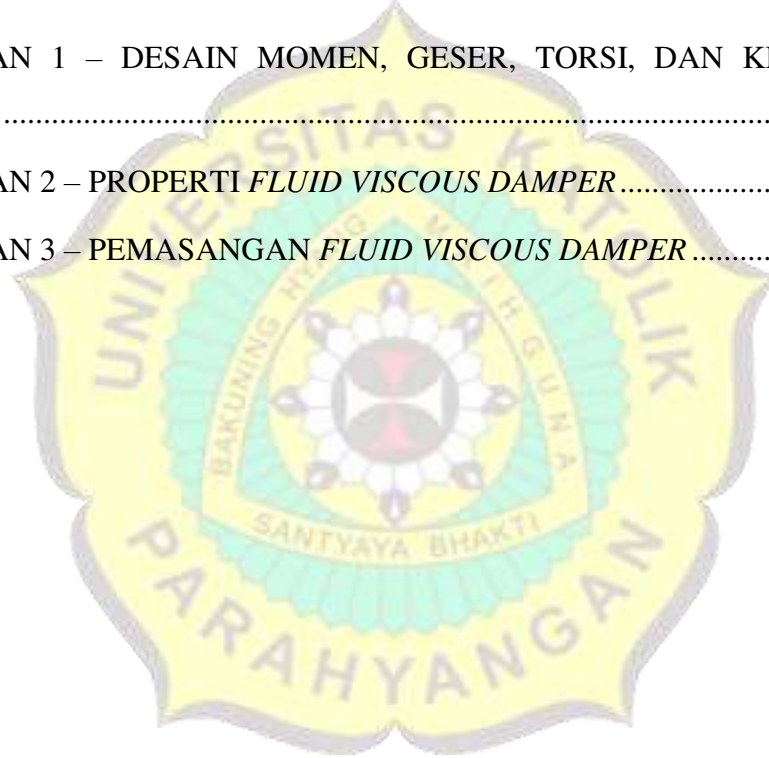
LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Umum	7
2.2 <i>Vibration Control</i>	8
2.2.1 Prinsip Dasar <i>Vibration Control</i>	8
2.2.2 Jenis <i>Vibration Control</i>	9
2.2.2.1 <i>Vibration Control</i> Pasif	9
2.2.2.2 <i>Vibration Control</i> Adaptif	9

2.2.2.3	<i>Vibration Control</i> Aktif.....	10
2.2.2.4	Aplikasi <i>Vibration Control</i>	10
2.2.3	Aplikasi <i>Vibration Control</i>	12
2.2.3.1	Aplikasi <i>Fluid Viscous Damper</i> pada Struktur Jembatan	14
2.2.3.2	Aplikasi <i>Fluid Viscous Damper</i> pada Struktur Jembatan	16
2.3	Jembatan <i>Continuous</i>	17
2.4	Metode Konstruksi <i>Precast Segmental</i>	17
2.4.1	<i>Moveable Scaffolding System</i> (MSS)	18
2.5	Girder Jembatan.....	19
2.6	Pembebanan.....	20
2.6.1	Kombinasi Pembebanan	21
2.6.2	Faktor Beban dan Nominal.....	22
2.6.2.1	Berat Sendiri (MS)	22
2.6.2.2	Beban Mati Tambahan (MA).....	22
2.6.2.3	Beban Pengaruh Pelaksanaan (PL)	23
2.6.2.4	Beban Lalu Lintas	23
2.6.2.5	Beban Lajur “D”.....	24
2.6.2.6	Beban Truk “T”	25
2.6.2.7	Faktor Beban Dinamis.....	26
2.6.2.8	Gaya Rem (TB)	26
2.6.2.9	Gaya akibat Temperatur Merata (EUo).....	26
2.6.2.10	Gaya akibat Temperatur Gradien (ET).....	27
2.6.2.11	Beban Angin pada Struktur (EWs).....	28
2.6.2.12	Beban Angin pada Kendaraan (EW1).....	28
2.6.2.13	Beban Gempa	29
2.6.2.14	Beban Prategang.....	29

2.7	Desain Jembatan.....	30
2.7.1	Momen Lentur.....	30
2.7.2	Gaya Geser.....	31
2.7.3	Torsi.....	33
2.7.4	<i>Reinforcement Limit</i>	34
2.7.5	Lendutan.....	34
2.7.6	Tegangan Utama (<i>Principal Stress</i>).....	35
2.8	<i>Amplitudo Scaling</i>	36
BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR.....		38
3.1	Preferensi Desain.....	38
3.1.1	Standar Material.....	38
3.1.2	Kombinasi Pembebanan.....	38
3.2	Modeling.....	39
3.2.1	Material.....	39
3.2.2	Rangkap dan Susut.....	43
3.2.3	Pemodelan Konstruksi (<i>Construction Stage</i>).....	44
3.2.4	Pembebanan.....	46
3.2.4.1	Beban Sendiri.....	46
3.2.4.2	Beban Mati Tambahan (SIDL).....	47
3.2.4.3	Beban Hidup Lajur “D”.....	47
3.2.4.4	Beban Hidup Truk “TT”.....	48
3.2.4.5	Beban Rem.....	50
3.2.4.6	Beban Angin Struktur (EWs).....	51
3.2.4.7	Beban Angin Kendaraan (EWI).....	51
3.2.4.8	Temperatur Gradien.....	52
3.2.4.9	Temperatur Merata.....	52

3.2.4.10	Beban Prategang.....	53
3.2.4.11	<i>Persen Losses</i>	55
3.2.4.12	Beban Gempa	56
3.2.4.13	Pengecekan MPMR (Modal Participation) Eigenvalue	56
3.3	Desain	57
3.3.1	Tegangan Izin	57
3.3.2	Desain Momen.....	58
3.3.3	Desain Geser.....	59
3.3.4	Desain Torsi.....	60
3.3.5	Desain Lendutan	60
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	61
4.1	<i>Fluid Viscous Damper</i> pada MIDAS	61
4.2	<i>Time History Analysis</i>.....	62
4.2.1	Gempa Chi-Chi.....	62
4.2.2	<i>Time History Load Cases</i>	63
4.2.3	<i>Ground Acceleration</i>	64
4.3	Efektifitas <i>Fluid Viscous Damper</i>	64
4.3.1	Periode.....	64
4.3.2	<i>Modal Participation Mass Ratio</i> (MPMR).....	66
4.3.2.1	<i>Modal Participation Mass Ratio</i> (Sumbu x).....	66
4.3.2.2	<i>Modal Participation Mass Ratio</i> (Sumbu y).....	67
4.3.2.3	<i>Modal Participation Mass Ratio</i> (Sumbu z).....	67
4.3.2.4	<i>Modal Participation Mass Ratio</i> (Rotasi x).....	67
4.3.2.5	<i>Modal Participation Mass Ratio</i> (Rotasi y).....	68
4.3.2.6	<i>Modal Participation Mass Ratio</i> (Rotasi z).....	68
4.3.3	Pengaruh Damper terhadap Gaya Gempa	69

4.3.4 <i>Displacement</i> pada Pier.....	71
4.3.5 Pengaruh Kekakuan pada <i>Fluid Viscous Damper</i>	72
4.3.6 <i>Hysteresis Loop</i>	78
4.3.7 <i>Time History Energy Graph</i>	80
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN 1 – DESAIN MOMEN, GESER, TORSI, DAN KEKAKUAN DAMPER	87
LAMPIRAN 2 – PROPERTI <i>FLUID VISCOUS DAMPER</i>	99
LAMPIRAN 3 – PEMASANGAN <i>FLUID VISCOUS DAMPER</i>	102



DAFTAR NOTASI

A_{box}	: Luas manhole box girder (mm ²)
A_{cp}	: Luas Penampang (in ²)
A_o	: Luas penampang yang tertekan (mm ²)
A_t	: <i>Total area of transverse torsion reinforcing in the exterior web of the box girder</i> (in ²)
A_v	: Luas Tulangan Transversal (in ²)
b_v	: Lebar efektif web (in)
b_v	: Lebar Web Efektif
C	: Konstanta Peredam (kg m/s)
d_v	: Kedalaman geser efektif (in)
E	: Modulus Elastisitas (MPa)
F	: Gaya Peredam (kN)
f_c'	: Kuat Tekan Material (MPa/ksi)
f_{cpe}	: Tekanan Tekan yang disebabkan oleh beban prategang yang berlaku (ksi)
f_{pc}	: <i>Compressive stress at the centroid of the section</i> (ksi)
f_r	: Modulus retak (psi)
f_y	: Tegangan Leleh Material (MPa)
h	: Tinggi penampang (in)
L	: Panjang total jembatan yang dibebani (m)
M_{cr}	: Momen Retak pada Penampang (ft-kips)
M_{cre}	: Momen Retak Geser (kip-in)
M_{dnc}	: Momen akibat beban mati (kip-in)
M_{max}	: Selisih Momen maksimum dengan Momen akibat Dead Load (kip-in)
M_r	: Momen Tahan penampang (ft-kips)
P_c	: Keliling Penampang (in)
q	: Intensitas beban terbagi rata (BGT) dalam arah memanjang jembatan (kPa)
Q	: Luas akibat First Moment (mm ²)
S	: Modulus dari Cross Section yang berlaku untuk cracking (I_{yy})
s	: Spasi Tulangan (mm)

S_{uc}	: Modulus dari Section yang berlaku untuk cracking (in^3) (I_{yy})
T_r	: Torsi tahan (kips.in)
T_u	: Gaya Torsi akibat Kombinasi Beban Layan
V	: Kecepatan dari ujung ke ujung elemen (m/s)
V_c	: Gaya Geser akibat tahan yang diberikan beton (ksi)
V_i	: <i>Maximum factored shear less the unfactored dead load moment</i> (kip)
V_s	: Gaya Geser akibat tahan yang diakibatkan oleh non prategang (ksi)
V_u	: Gaya Geser akibat Kombinasi Beban Layan
α	: <i>Angle of inclination of diagonal compressive stresses</i>
α	: Koefisien kecepatan peredam
α_m	: Koefisien Muai Temperatur ($\text{mm/mm}/^\circ\text{C}$)
$\sigma_{1,2}$: Tegangan Utama Maksimum dan Minimum (MPa)
σ_x	: Tegangan yang bekerja pada sumbu x (MPa)
σ_y	: Tegangan yang bekerja pada sumbu y (MPa)
τ	: Tegangan akibat Geser (MPa)
τ_T	: Tegangan akibat Torsi (MPa)
τ_{xy}	: Tegangan Geser yang bekerja pada struktur searah bidang x dan y (MPa)
τ_{yx}	: Tegangan Geser yang bekerja pada struktur searah bidang y dan x (MPa)
Φ_s	: Faktor koreksi geser
γ	: Mutu Material (kN/m^3)
γ_1	: faktor flexural cracking (1.6, 1.2 jika struktur segmental)
γ_2	: faktor prestress variability (1.1)
γ_3	: Rasio yield strength dengan ultimate strength (1.0)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Model Jembatan 3D pada MIDAS	3
Gambar 1.2 Properti Box Girder	4
Gambar 2.1 Sistem Kerja <i>Vibration</i>	8
Gambar 2.2 <i>Base Isolation</i>	10
Gambar 2.3 <i>Tuned Mass Damper</i>	11
Gambar 2.4 <i>Viscoelastic Damper</i>	11
Gambar 2.5 <i>Fluid Viscous Damper</i>	12
Gambar 2.6 <i>Fluid Viscous Damper</i> pada Jembatan Rion-Anterion	14
Gambar 2.7 <i>Fluid Viscous Damper</i> pada Jembatan di Korea.....	15
Gambar 2.8 Tabel Konfigurasi <i>Fluid Viscous Damper</i>	16
Gambar 2.9 Perletakan Jembatan Continuous	17
Gambar 2.10 Metode Konstruksi Jembatan berdasarkan Span	17
Gambar 2.11 Metode Konstruksi <i>Precast Segmental</i>	18
Gambar 2.12 Metode Konstruksi <i>Moveable Scaffolding System</i>	19
Gambar 2.13 Box Girder pada Jembatan.....	20
Gambar 2.14 Kombinasi Pembebanan	21
Gambar 2.15 Penentuan Beban Lajur “D”	24
Gambar 2.16 Beban Lajur D	24
Gambar 2.17 Konfigurasi Truk SNI.....	25
Gambar 2.18 Faktor Beban Dinamis	26
Gambar 2.19 Temperatur Gradien pada SNI.....	28
Gambar 2.20 Profil Tendon Jembatan <i>Continuous</i>	30
Gambar 2.21 Diagram Beban Geser.....	31
Gambar 2.22 Diagram Beban Torsi.....	33
Gambar 2.23 Diagram Principal Stress	35
Gambar 3.1 <i>Mid Section</i> Box Girder	40
Gambar 3.2 <i>Support Section</i> Box Girder	41
Gambar 3.3 Box Girder Diafragma	41
Gambar 3.4 Pier Cap	42
Gambar 3.5 Pier.....	42

Gambar 3.6 <i>Creep</i> pada Material Beton ($f_c' = 50$ MPa).....	43
Gambar 3.7 Grafik <i>Shrinkage</i> Beton ($f_c' = 50$ MPa).....	43
Gambar 3.8 Grafik <i>Compressive Strength</i> ($f_c' = 50$ MPa)	43
Gambar 3.9 <i>Construction Stage 0</i>	44
Gambar 3.10 <i>Construction Stage 1</i>	44
Gambar 3.11 <i>Construction Stage 2</i>	45
Gambar 3.12 <i>Construction Stage 3</i>	45
Gambar 3.13 <i>Construction Stage 4</i>	46
Gambar 3.14 <i>Self Weight</i>	47
Gambar 3.15 Beban SIDL.....	47
Gambar 3.16 Beban BGT pada Jembatan	48
Gambar 3.17 Beban BTR pada Jembatan	48
Gambar 3.36 Diagram Torsi akibat Kombinasi Kuat 1B (2 Lajur Truk).....	48
Gambar 3.18 Penentuan Truk	49
Gambar 3.19 Penentuan Jalur	49
Gambar 3.19 Jalur Truk	50
Gambar 3.20 Beban Rem	50
Gambar 3.21 Beban Angin Struktur	51
Gambar 3.21 Beban Angin Kendaraan	51
Gambar 3.22 Beban Temperatur Gradien	52
Gambar 3.23 Beban Temperatur Gradien	52
Gambar 3.24 Pemasangan Beban Prategang melalui Tendon	53
Gambar 3.25 Beban Prategang Bentang 1	53
Gambar 3.26 Beban Prategang Bentang 2	54
Gambar 3.27 Beban Prategang Bentang 3	54
Gambar 3.28 Beban Prategang (Tampak Atas).....	54
Gambar 3.29 Beban Prategang Tampak Depan (Tumpuan)	54
Gambar 3.30 Beban Prategang Tampak Depan (Lapangan).....	54
Gambar 3.31 <i>Losses</i> Jangka Pendek	55
Gambar 3.32 <i>Losses</i> Jangka Panjang	55
Gambar 3.33 Respon Spektra wilayah Jakarta Pusat	56
Gambar 3.34 Tabel Analisis Eigenvalue.....	56

Gambar 3.35 Cek Tegangan Joint 1	57
Gambar 3.36 Cek Tegangan Joint 2	57
Gambar 3.37 Cek Tegangan Joint 3	58
Gambar 3.38 Cek Tegangan Joint 4	58
Gambar 3.39 Diagram Momen akibat Kombinasi Kuat 1B (2 Lajur Truk)	59
Gambar 3.40 Diagram Geser akibat Kombinasi Kuat 1B (2 Lajur Truk)	59
Gambar 3.41 Diagram Torsi akibat Kombinasi Kuat 1B (2 Lajur Truk)	60
Gambar 3.42 Lendutan akibat <i>Envelope Live Load</i>	60
Gambar 4.1 Input <i>Fluid Viscous Damper</i> pada MIDAS	61
Gambar 4.2 Assign <i>Fluid Viscous Damper</i> pada MIDAS	62
Gambar 4.3 Gempa Chi-Chi	62
Gambar 4.4 <i>Time History Load Cases</i>	63
Gambar 4.5 <i>Ground Acceleration</i>	64
Gambar 4.6 Perbandingan Periode dengan Spektra (Sumbu x)	65
Gambar 4.7 Perbandingan Periode dengan Spektra (Sumbu y)	66
Gambar 4.8 Lokasi Perbandingan Momen untuk Gempa sumbu x dan y	70
Gambar 4.9 Geser akibat <i>Fluid Viscous Damper</i> pada pier	70
Gambar 4.10 Perpindahan Posisi pada Pier	71
Gambar 4.11 Pergerakan pada Struktur	72
Gambar 4.12 Perbandingan Periode dengan Spektra (Sumbu x)	73
Gambar 4.13 Perbandingan Periode dengan Spektra (Sumbu y)	74
Gambar 4.14 Perpindahan Posisi pada Pier	77
Gambar 4.15 Hysteresis Loop <i>Fluid Viscous Damper</i>	78
Gambar 4.16 <i>Hysteresis Loop Fluid Viscous Damper Non-Linear</i> (Castellano) ...	78
Gambar 4.17 <i>Hysteresis Loop Fluid Viscous Damper Linear</i> (Dongming Feng). 79	
Gambar 4.18 Hysteresis Loop <i>Fluid Viscous Damper</i> tanpa Kekakuan	79
Gambar 4.19 <i>Time History Energy Graph</i>	80
Gambar 4.20 <i>Time History Energy Graph Fluid Viscous Damper (K-less)</i>	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Faktor Beban SNI	22
Tabel 2.2 Standar Faktor Beban Mati Tambahan SNI.....	22
Tabel 2.3 Faktor Beban Pengaruh Pelaksanaan	23
Tabel 2.4 Standar Penentuan Beban Lajur “D”	23
Tabel 2.5 Faktor Beban BGT dan BTR	25
Tabel 2.6 Standar Faktor Beban SNI untuk Truk	25
Tabel 2.7 Standar Pembebanan Temperatur Merata	27
Tabel 2.8 Standar untuk Temperatur Gradien.....	27
Tabel 2.9 Standar Penentuan Beban Angin untuk Kendaraan	28
Tabel 2.10 Tabel Gempa SNI 8899-2020	36
Tabel 4.1 Tabel Properti <i>Fluid Viscous Damper</i>	61
Tabel 4.2 Tabel Properti Time History Load Cases.....	63
Tabel 4.3 Perbandingan Periode Jembatan	65
Tabel 4.4 Perbandingan Periode Jembatan	68
Tabel 4.5 Perbandingan 7 Mode MPMR Jembatan tanpa <i>Fluid Viscous Damper</i>	68
Tabel 4.6 Perbandingan 7 Mode MPMR Jembatan dengan <i>Fluid Viscous Damper</i>	69
Tabel 4.7 Momen dan Geser Jembatan.....	69
Tabel 4.8 Properti Damper dengan Kekakuan	72
Tabel 4.9 Mode <i>Fluid Viscous Damper</i> tanpa Kekakuan	73
Tabel 4.10 Perbandingan 7 Mode MPMR pada <i>Fluid Viscous Damper</i> tanpa Kekakuan.....	74
Tabel 4.11 Momen dan Geser Jembatan 2	76

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 – DESAIN MOMEN, GESER, TORSI, DAN KEKAKUAN DAMPER	87
LAMPIRAN 2 – PROPERTI <i>FLUID VISCOUS DAMPER</i>	99
LAMPIRAN 3 – PEMASANGAN <i>FLUID VISCOUS DAMPER</i>	102



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman modern ini, Perencanaan jembatan tahan gempa dapat dilakukan dengan 2 metode, Metode Konvensional dan Metode Modern yang terdiri dari Pengaturan Getaran (*Vibration Control*), dan Isolasi Dasar (*Base Isolation*). Perbedaan dari metode Konvensional dan Modern (*Vibration Control & Base Isolation*) terdapat pada cara menghilangkan energi gempa yang diterima oleh bangunan struktur tersebut. Metode Konvensional memiliki tujuan untuk melindungi manusia yang terdapat dalam bangunan struktur itu tersendiri tanpa memikirkan bagaimana kondisi struktur tersebut setelah melewati peristiwa gempa tersebut sedangkan Metode Modern seperti *Vibration Control* dan *Base Isolation* memikirkan bagaimana cara untuk melindungi kedua manusia dan struktur tersebut setelah melewati peristiwa gempa menggunakan sebuah perangkat atau alat tertentu.

Metode *Seismic Design* Modern seperti *Vibration Control* dan *Base Isolation* memberikan kelebihan seperti berkurangnya biaya pemeliharaan (maintenance) dan biaya renovasi. Dalam pengaplikasian untuk bangunan struktur, metode *Base Isolation* memiliki efek yang lebih kuat dalam hal melindungi bangunan struktur dari gempa tetapi proses instalasi perangkat *Base Isolation* memiliki tingkat kesulitan yang lebih rumit serta biaya yang lebih mahal dibandingkan metode *Vibration Control*. Metode *Vibration Control* tersendiri memiliki kapabilitas untuk fleksibel untuk berbagai struktur serta instalasi yang mudah sehingga metode *Vibration Control* sudah banyak diaplikasikan pada struktur-struktur di Indonesia dan salah satu contohnya adalah aplikasi peredam adalah *Viscoelastic Damper* pada Universitas Gajah Mada (UGM).

Selain *Viscoelastic Damper*, alat *Vibration Control* lain yang dapat digunakan untuk memperkuat struktur adalah *Fluid Viscous Damper* (FVD). *Fluid Viscous Damper* adalah peredam yang dapat meredam berbagai macam beban seperti gempa, angin, dan getaran mesin dengan cara menghilangkan energi kinetik

yang diterima oleh peredam dan mengubahnya menjadi energi panas dan pada akhirnya panas yang dihasilkan oleh peredam tersebut akan dihilangkan ke udara. Sebagai alat *Vibration Control*, *Fluid Viscous Damper* dapat digunakan sebagai peredam yang dapat meredam peristiwa gempa yang dialami oleh sebuah bangunan struktur dan dapat diaplikasikan pada bangunan struktur gedung dan jembatan. Dengan penggunaan *Fluid Viscous Damper* pada jembatan, jembatan tersebut dapat meningkatkan kinerja strukturnya saat menghadapi gempa karena *Fluid Viscous Damper* dapat mengurangi reaksi perpindahan jembatan serta momen lentur dan gaya geser yang dialami oleh jembatan tersebut.

Penggunaan *Fluid Viscous Damper* sudah diaplikasikan pada beberapa jembatan di dunia seperti contoh jembatan cable-stayed Seo-Hae di Korea dimana peredam diletakkan didalam box girder jembatan dan Ok-Yeo Bridge di Korea dimana peredam diletakan sebagai perhubungan/link antara pier dan girder jembatan tersebut. Selain Seo-Hae dan Ok-Yeo *Fluid Viscous Damper* juga ditempatkan pada jembatan-jembatan lain seperti Jembatan Chun-su, jembatan E-Po, Jembatan Kang Dong, dan Jembatan Dong Yung di Korea. Berdasarkan analisis *Fluid Viscous Damper* pada jembatan cable-stayed, (Jin Zhu & Wei Zhang, 2015, hlm. 12) menyimpulkan bahwa *Fluid Viscous Damper* adalah salah satu metode yang efektif dalam mengurangi perpindahan serta momen lentur pada jembatan. Selain itu, berbagai macam kombinasi koefisien peredam (C) dan eksponen peredam (α) dapat digunakan untuk mencapai peredam yang optimum untuk jembatan tertentu. Berdasarkan kesimpulan oleh analisis *Fluid Viscous Damper* terdahulu, penulisan skripsi ini dilakukan untuk memperhitungkan efek dari *Fluid Viscous Damper* pada jenis jembatan *continuous* yang juga merupakan tipe struktur jembatan yang sering digunakan di indonesia dan mengetahui seberapa besar berkurangnya energi gempa yang sudah diredam oleh *Fluid Viscous Damper*.

1.2 Inti Permasalahan

Dalam merencanakan sebuah jembatan, konsep *Seismic Design* adalah salah satu hal yang penting agar jembatan tersebut dapat bertahan lama. Salah satu metode *Seismic Design* yang ada adalah *Vibration Control* dimana dalam merencanakan jembatan tersebut, akan digunakan sebuah alat yang dapat mengurangi efek dari

gaya gempa yang dialami oleh jembatan tersebut. Penggunaan alat seperti *Fluid Viscous Damper* adalah salah satu metode untuk mitigasi energi dari berbagai macam hal yang dialami oleh jembatan dan membuat jembatan tersebut bertahan lama.

1.3 Tujuan Penelitian

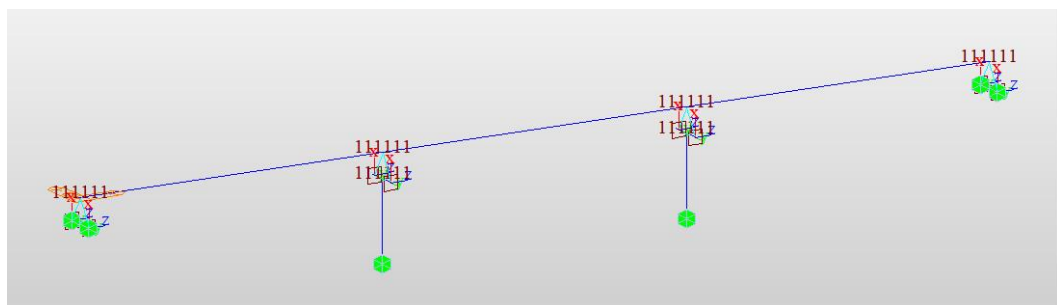
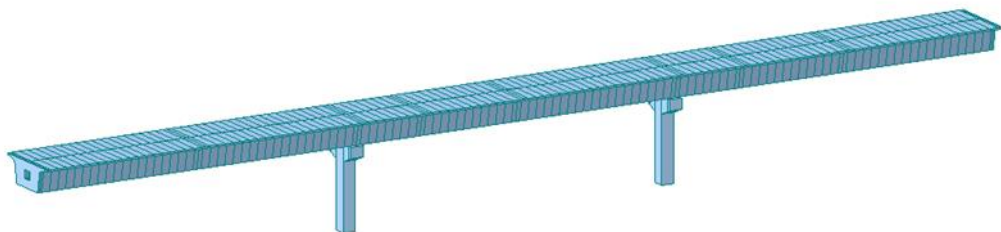
Tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan desain jembatan jenis kontinu yang menggunakan peredam dengan jenis *Fluid Viscous Damper*
2. Menganalisis efek dari *Fluid Viscous Damper* bagi jembatan yang telah didesain dengan menganalisis efek damper tersebut pada Analisis *Time-History*

1.4 Pembatasan Masalah

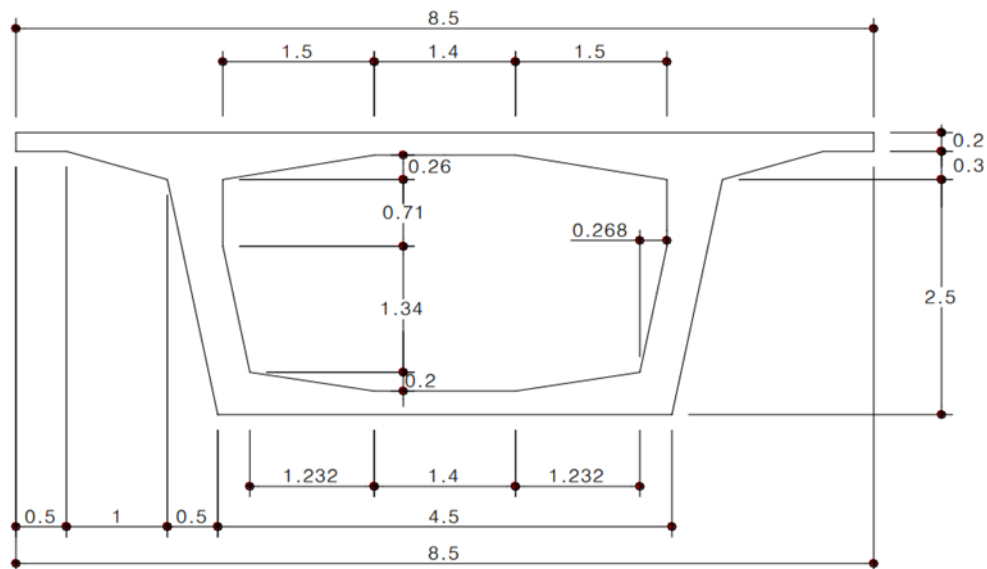
Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Model jembatan tipe kontinu (continuous) box girder dengan spesifikasi:
 - a. Lebar Jembatan : 8.5 m (2 Lajur 2 Arah)
 - b. Panjang Bentang Utama Jembatan : 120 m
 - c. Jumlah Bentang : 3
 - d. Jumlah pier : 2
 - e. Tinggi pier : 10 m



Gambar 1.1 Model Jembatan 3D pada MIDAS

2. Jembatan direncanakan akan berlokasi di Jakarta Pusat, Indonesia
3. Jembatan akan didesain sebagai Jembatan untuk Kendaraan
4. Box Girder yang akan digunakan berdasarkan *Preliminary Design* menggunakan konfigurasi AASHTO LRFD 5.14.2.3.10.



Gambar 1.2 Properti Box Girder

5. Mutu Material Beton yang digunakan antara lain:
 - a. *Box Girder*: $f_c' = 50\text{MPa}$ (Modulus Elastisitas Beton 33324 MPa , $\gamma = 24\text{ kN/m}^3$)
 - b. *Pier*: $f_c' = 50\text{MPa}$ (Modulus Elastisitas Beton 33324 MPa , $\gamma = 24\text{ kN/m}^3$)
6. Mutu Material Baja Tulangan Non-Prategang yang digunakan antara lain:
 - a. Tulangan Non-Prategang: $f_y = 420\text{ MPa}$ (Modulus Elastisitas Baja 200000 MPa , $\gamma = 78.5\text{ kN/m}^3$)
 - b. Tulangan Prategang: $f_y = 1860\text{ MPa}$ ($E = 196500\text{ MPa}$, diameter 15.2 mm)
7. Standar yang akan digunakan
 - a. Pembebanan Jembatan menggunakan SNI 1725-2016

- b. Perencanaan jembatan terhadap beban gempa menggunakan SNI 2833-2016 berdasarkan AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Ed., 2014
 - c. SNI 8899-2020 Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa sebagai standar untuk mengubah data akselerograf yang ada
 - d. *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* Edisi 8 Tahun 2017 sebagai standar untuk Tegangan Tarik dan Tekan
8. Sistem kontrol yang digunakan adalah kontrol pasif yang berupa *Fluid Viscous Damper* pada jembatan
 9. Properti *Fluid Viscous Damper* yang digunakan berasal dari *Enidine Infrastructure Products*
 10. Pondasi jembatan tidak didesain
 11. Tulangan untuk Pier dan Pier Cap tidak didesain
 12. Sendi Plastis tidak dimodelkan
 13. Struktur Jembatan akan didesain menggunakan *software* MIDAS Civil 2021/2022

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam Analisis ini terdapat 2 metodologi penelitian antara lain:

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan berdasarkan berbagai macam jurnal yang mendukung analisis penggunaan *Fluid Viscous Damper* pada Jembatan. Referensi diperoleh dari berbagai macam artikel, buku, jurnal, tesis, dan peraturan yang berlaku.

2. Studi Analisis

Studi analisis dilaksanakan menggunakan *software* MIDAS Civil untuk pemodelan struktur, peredam, tendon serta memperlihatkan efek dari peredam yang telah dipasang. *Software* Microsoft Excel digunakan untuk memperhitungkan kapasitas momen dan geser jembatan yang akan didesain.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan karya ilmiah ini disusun sebagai berikut:

BAB 1 – PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang pemilihan topik, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan

BAB 2 – TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai dasar teori yang digunakan seperti konsep dasar *Fluid Viscous Damper*, jembatan jenis kontinu, pembebanan struktur, dan profil tendon untuk jenis jembatan kontinu serta property *Fluid Viscous Damper* yang digunakan

BAB 3 – PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang prosedur modeling yang terdiri dari aplikasi penampang, pembebanan, tendon, serta apakah jembatan tersebut sesuai dengan persyaratan *Flexural*, *Shear*, dan *Torsion* jembatan.

BAB 4 – ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan perbedaan yang terdapat pada jembatan yang memiliki peredam dengan yang tidak memiliki peredam.

BAB 5 – KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kalimat akhir yang disimpulkan berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya