

STUDI PERILAKU PENAMBAHAN *FLUID VISCOUS DAMPER* PADA BANGUNAN TINGGI DI KOTA JAKARTA

Jean Hendri Silvanus
NRP: 1421017

Pembimbing: Dr. Yosafat Aji Pranata, ST., MT.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang terletak di jalur *Ring of Fire* yang menyebabkan Indonesia rawan terhadap gempa. Seiring dengan berkembangnya zaman, terdapat banyak kendala dalam pemenuhan tempat tinggal, seperti: keterbatasan lahan, meningkatnya harga lahan, dan tingginya biaya pembangunan sehingga diperlukan desain struktur yang semakin tinggi dan lentur. Bangunan tinggi umumnya fleksibel apabila terkena beban dinamis sehingga salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menerapkan teknologi kontrol pada struktur, salah satunya adalah *fluid viscous damper* (FVD).

Tujuan penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah membandingkan kekuatan bangunan yang menggunakan *damper* dengan bangunan yang tidak menggunakan *damper* (konvensional) dengan menggunakan program ETABS V15. Pemodelan struktur dilakukan berdasarkan data struktur yang ada.

Hasil analisis dinamik respon spektrum menunjukkan bahwa periode getar yang dihasilkan oleh model yang menggunakan FVD lebih baik dibandingkan dengan model yang tidak menggunakan FVD, faktor skala perbesaran untuk model yang menggunakan FVD jauh lebih kecil dibandingkan dengan model yang tidak menggunakan FVD, dan kontrol simpangan antar lantai pada arah-x dan arah-y telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan SNI 2847:2013.

Kata kunci: bangunan publik, analisis respon spektrum dinamik, *fluid viscous damper*.

BEHAVIORAL STUDIES OF THE ADDITION OF FLUID VISCOUS DAMPER IN HIGH-RISE BUILDING AT JAKARTA CITY

Jean Hendri Silvanus
NRP: 1421017

Supervisor: Dr. Yosafat Aji Pranata, ST., MT.

Abstract

Indonesia is a country that located in the Ring of Fire that causes Indonesia is prone to earthquakes. Along with the development of the era, there are many obstacles in the fulfillment of residence, such as: limited land, land price increase, and high cost of construction so that required higher and more flexible structure design. High-Rise Buildings are commonly flexible when struck by dynamic load so one way to overcome the problem is to apply a control technology to the structure, one of it is fluid viscous damper (FVD).

The purpose of this study is to compare the strength of buildings using damper with buildings that do not use damper (conventional) by using ETABS V15 program. Structural modelling is done based on existing structural data.

The dynamic analysis of the spectrum response indicates that the vibration period generated by the model using FVD is better than the non-FVD model, and the magnification factor for the model using FVD is much smaller than the non-FVD model, and the inter-floor drift control in the x-direction and the y-direction meet the requirements which has been set forth in SNI 2847:2013.

Keywords: *public buildings, dynamic analysis of the spectrum response, fluid viscous damper*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Ruang Lingkup.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II STUDI LITERATUR.....	5
2.1 Gempa Bumi	5
2.2 Struktur Bangunan Beton Bertulang	6
2.2.1 Beton Bertulang.....	6
2.2.2 Komponen Struktur Beton Bertulang.....	6
2.2.3 Struktur Bangunan Tahan Gempa.....	8
2.2.4 Sistem Ganda Struktur Dinding Geser dan Portal Beton Bertulang.....	10
2.3 Pembebanan	11
2.3.1 Beban Mati.....	12
2.3.2 Beban Hidup.....	12
2.3.3 Beban Gempa.....	13
2.4 <i>Damper</i>	29
2.4.1 Jenis-jenis <i>Damper</i>	30
2.4.2 Bangunan dengan <i>Fluid Viscous Damper</i>	32
2.4.3 Pedoman untuk Penempatan <i>Fluid Viscous Damper</i>	34
2.5 Peraturan yang Digunakan	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Pengantar Studi Kasus.....	36
3.2 Diagram Alir Penelitian	36
3.3 Program ETABS V15.....	38
3.4 Data Bangunan	38
3.5 Data Struktur	39
3.5.1 Data Material.....	39
3.5.2 Komponen Struktur.....	39
3.6 Pembebanan	41

3.6.1	Beban Mati	41
3.6.2	Beban Hidup.....	42
3.6.3	Beban Gempa	43
3.7	Pemodelan Struktur	44
BAB IV	ANALISIS DATA	62
4.1	Analisis Dinamik Respon Spektrum Tanpa <i>Fluid Viscous Damper</i>	62
4.1.1	Partisipasi Massa Ragam.....	62
4.1.2	<i>Mode Shape</i>	63
4.1.3	Periode Getar.....	64
4.1.4	Gaya Geser Dasar Seismik.....	66
4.1.5	Gaya Gempa Antar Tingkat	68
4.1.6	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (Gaya Geser)	73
4.1.7	Simpangan Antar Lantai Gedung.....	74
4.1.8	Kontrol Sistem Ganda	77
4.1.9	Desain Penulangan Sistem Ganda.....	78
4.1.9.1	Desain Penulangan Balok	78
4.1.9.2	Desain Penulangan Kolom.....	86
4.1.9.3	Desain Penulangan Dinding Struktur.....	91
4.2	Analisis Dinamik Respon Spektrum dengan <i>Fluid Viscous Damper</i> ..	96
4.2.1	Partisipasi Massa Ragam.....	96
4.2.2	<i>Mode Shape</i>	97
4.2.3	Periode Getar.....	98
4.2.4	Gaya Geser Dasar Seismik.....	99
4.2.5	Gaya Gempa Antar Tingkat	102
4.2.6	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (Gaya Geser)	107
4.2.7	Simpangan Antar Lantai Gedung.....	108
4.2.8	Kontrol Sistem Ganda	111
4.2.9	Desain Penulangan Sistem Ganda.....	112
4.2.9.1	Desain Penulangan Balok	112
4.2.9.2	Desain Penulangan Kolom.....	120
4.2.9.3	Desain Penulangan Dinding Struktur.....	125
4.3	Pembahasan	129
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	132
5.1	Kesimpulan.....	132
5.2	Saran.....	132
DAFTAR	PUSTAKA	133
LAMPIRAN	135

DAFTAR GAMBAR

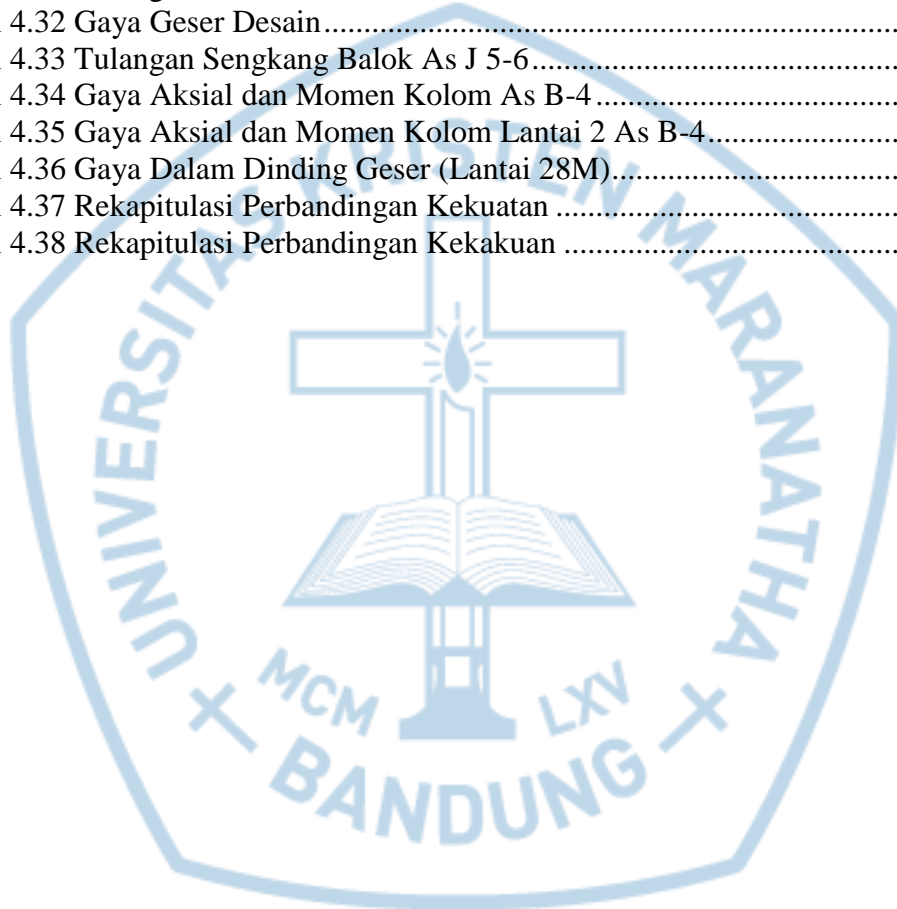
Gambar 1.1	Keruntuhan Bangunan Tingkat Tinggi Akibat Gempa	1
Gambar 1.2	Aplikasi <i>Fluid Viscous Damper</i> pada Bangunan.....	2
Gambar 1.3	Bangunan Eksisting di Jakarta dan Pemodelan	3
Gambar 2.1	S_s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-risiko Tertarget (MCE_R), Kelas Situs SB	12
Gambar 2.2	S_1 , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-risiko Tertarget (MCE_G), Kelas Situs SB	14
Gambar 2.3	Respon Antara Struktur Dengan <i>Damper</i> dan Tanpa <i>Damper</i> ketika Diguncang Gempa	29
Gambar 2.4	Bantalan Karet	30
Gambar 2.5	<i>Lock Up Devices</i>	31
Gambar 2.6	<i>Fluid Viscous Damper</i>	32
Gambar 2.7	<i>High Damping Devices</i>	32
Gambar 2.8	<i>Mexico Torre Mayor Building</i>	33
Gambar 2.9	Boston 111 Huntington dan <i>Damper Layout</i>	33
Gambar 2.10	Beijing Pangu Plaza <i>Damper Layout</i>	34
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 3.2	Denah Struktur.....	37
Gambar 3.3	Detail Bangunan <i>Grid B</i> Tanpa <i>Fluid Viscous Damper</i> dan Dengan <i>Fluid Viscous Damper</i>	37
Gambar 3.4	Lokasi Bangunan (Jakarta)	43
Gambar 3.5	Parameter-Parameter Respon Spektrum Kota Jakarta.....	43
Gambar 3.6	Respon Spektrum Tanah Sedang Kota Jakarta.....	44
Gambar 3.7	Tampilan ETABS V15	44
Gambar 3.8	Tampilan <i>Input Grid X dan Y</i>	45
Gambar 3.9	Tampilan <i>Input Story Data</i>	45
Gambar 3.10	Tampilan <i>Define > Material Properties</i>	45
Gambar 3.11	Tampilan <i>Input Material Properties</i> untuk $f_c' 33$ MPa.....	46
Gambar 3.12	Tampilan <i>Material Properties</i> untuk Data f_c' Lainnya	46
Gambar 3.13	Tampilan <i>Define > Section Properties > Frame Sections</i>	46
Gambar 3.14	Tampilan Data Balok.....	47
Gambar 3.15	Tampilan Data Kolom	47
Gambar 3.16	Tampilan <i>Section Properties</i> Lainnya	48
Gambar 3.17	Tampilan <i>Define > Section Properties > Slab Sections</i>	48
Gambar 3.18	Tampilan Data Pelat	48
Gambar 3.19	Tampilan <i>Define > Section Properties > Wall Sections</i>	49
Gambar 3.20	Tampilan Data Dinding Geser.....	49
Gambar 3.21	Tampilan <i>Define > Section Properties > Link/Support Properties</i>	50
Gambar 3.22	Tampilan Data <i>Damper</i>	50
Gambar 3.23	Tampilan <i>Load Patterns</i>	51
Gambar 3.24	Tampilan <i>Mass Source Data</i>	51
Gambar 3.25	Tampilan <i>Quick Draw Columns</i> dan <i>Input Properties</i> Kolom.....	52
Gambar 3.26	Tampilan Penentuan Kolom pada <i>Joint</i> yang Dipilih Tampak Atas.....	52

Gambar 3.27	Tampilan Kolom Tampak 3D.....	52
Gambar 3.28	Tampilan <i>Draw Beams</i> dan <i>Input Properties</i> Balok	53
Gambar 3.29	Tampilan Penggambaran Balok dari Tiap <i>Joint</i> ke <i>Joint</i> yang Dipilih Tampak Atas	53
Gambar 3.30	Tampilan Kolom dan Balok Tampak 3D	53
Gambar 3.31	Tampilan <i>Draw Floor/Wall</i> dan <i>Input Properties</i> Pelat.....	54
Gambar 3.32	Tampilan Penggambaran Pelat Tampak Atas.....	54
Gambar 3.33	Tampilan Kolom, Balok, dan Pelat Tampak 3D	54
Gambar 3.34	Tampilan <i>Draw Floor/Wall</i> dan <i>Input Properties</i> Dinding Geser.....	55
Gambar 3.35	Tampilan Penggambaran Dinding Geser Tampak Samping	55
Gambar 3.36	Tampilan <i>Draw Links</i> dan <i>Input Properties Damper</i>	56
Gambar 3.37	Tampilan Penggambaran <i>Damper</i>	56
Gambar 3.38	Tampilan <i>Assign > Shell Loads > Uniforms</i>	56
Gambar 3.39	Tampilan Beban Mati Tambahan (SDL) pada Pelat	57
Gambar 3.40	Tampilan Beban Hidup (LL) pada Pelat	57
Gambar 3.41	Tampilan <i>Assign > Frame Loads > Distributed</i>	57
Gambar 3.42	<i>Input</i> Beban Mati pada Balok	58
Gambar 3.43	Tampilan Beban Dinding pada Balok Tampak 3D	58
Gambar 3.44	Tampilan <i>Define > Functions > Response Spectrum</i>	58
Gambar 3.45	<i>Input Data</i> Respons Spektrum dan Kurva <i>Response Spectrum</i>	59
Gambar 3.46	Tampilan Pembuatan <i>Response Spectrum Cases</i>	59
Gambar 3.47	Tampilan <i>Input Load Case Data</i> Arah X dan Y	59
Gambar 3.48	Tampilan <i>Input</i> Kombinasi Pembebanan	61
Gambar 3.49	<i>Run Analysis</i>	61
Gambar 4.1	Persyaratan $0,85 V_{sx} \leq V_{dx}$ (Arah X).....	73
Gambar 4.2	Persyaratan $0,85 V_{sx} \leq V_{dx}$ (Arah Y).....	74
Gambar 4.3	Momen <i>Envelope</i>	79
Gambar 4.4	Diagram Interaksi P-M pcaCol Kolom Bawah	88
Gambar 4.5	Diagram Interaksi P-M pcaCol Kolom Atas	89
Gambar 4.6	Persyaratan $0,85 V_{sx} \leq V_{dx}$ (Arah X).....	107
Gambar 4.7	Persyaratan $0,85 V_{sx} \leq V_{dx}$ (Arah Y).....	107
Gambar 4.8	Momen <i>Envelope</i>	112
Gambar 4.9	Diagram Interaksi P-M pcaCol Kolom Bawah	121
Gambar 4.10	Diagram Interaksi P-M pcaCol Kolom Atas	123

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Macam-macam Beban pada Struktur Bangunan.....	12
Tabel 2.2	Beban Hidup Terdistribus Merata Minimum, L_0 , dan Beban Hidup Terpusat Minimum.....	12
Tabel 2.3	Klasifikasi Situs.....	14
Tabel 2.4	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	16
Tabel 2.5	Faktor Keutamaan Gempa.....	18
Tabel 2.6	Koefisien Situs, F_a	19
Tabel 2.7	Koefisien Situs, F_v	20
Tabel 2.8	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	21
Tabel 2.9	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik.....	22
Tabel 2.10	Faktor R, C_d , Ω_0 , untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	23
Tabel 2.11	Kombinasi Pembebanan.....	26
Tabel 2.12	Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	27
Tabel 2.13	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	28
Tabel 3.1	Komponen Struktur Kolom.....	39
Tabel 3.2	Komponen Struktur Balok	40
Tabel 3.3	Komponen Struktur Dinding Geser.....	41
Tabel 3.4	Spesifikasi <i>Damper</i> untuk Model.....	50
Tabel 3.4	Kombinasi Pembebanan.....	60
Tabel 4.1	Partisipasi Massa Ragam Bangunan Tinggi di Kota Jakarta.....	62
Tabel 4.2	Ragam Struktur Bangunan Tinggi di Kota Jakarta	63
Tabel 4.3	Periode Getar Bangunan Tinggi di Kota Jakarta.....	65
Tabel 4.4	Perbandingan Periode Getar T_{min} , T_{ETABS} , T_{maks}	65
Tabel 4.5	Berat Struktur Bangunan Tinggi di Kota Jakarta	66
Tabel 4.6	Gaya Geser Statik antar Tingkat Bangunan Tinggi di Kota Jakarta Arah X.....	69
Tabel 4.7	Gaya Geser Statik antar Tingkat Bangunan Tinggi di Kota Jakarta Arah Y.....	70
Tabel 4.8	Nilai $0,85v_{statik}$ dan Gaya Geser Dinamik Arah X dan Y	72
Tabel 4.9	Faktor Skala.....	74
Tabel 4.10	Kontrol Simpangan Arah X.....	75
Tabel 4.11	Kontrol Simpangan Arah Y.....	76
Tabel 4.12	Kontrol Prosentase Gaya Lateral	78
Tabel 4.13	Tulangan Lentur Balok As J 5-6.....	82
Tabel 4.14	Gaya Geser Desain.....	84
Tabel 4.15	Tulangan Sengkang Balok As J 5-6.....	85
Tabel 4.16	Gaya Aksial dan Momen Kolom As B-4.....	87
Tabel 4.17	Gaya Aksial dan Momen Kolom Lantai 2 As B-4.....	89
Tabel 4.18	Gaya Dalam Dinding Geser (Lantai 28M).....	92
Tabel 4.19	Partisipasi Massa Ragam Bangunan Tinggi di Kota Jakarta.....	96
Tabel 4.20	Ragam Struktur Bangunan Tinggi di Kota Jakarta	97
Tabel 4.21	Periode Getar Bangunan Tinggi di Kota Jakarta.....	98

Tabel 4.22 Perbandingan Periode Getar T_{min} , T_{ETABS} , T_{maks}	98
Tabel 4.23 Berat Struktur Bangunan Tinggi di Kota Jakarta	99
Tabel 4.24 Gaya Geser Statik Antar Tingkat Bangunan Tinggi di Kota Jakarta Arah X.....	102
Tabel 4.25 Gaya Geser Statik Antar Tingkat Bangunan Tinggi di Kota Jakarta Arah Y	104
Tabel 4.26 Nilai $0,85V_{statik}$ dan Gaya Geser Dinamik Arah X dan Y	105
Tabel 4.27 Faktor Skala.....	108
Tabel 4.28 Kontrol Simpangan Arah X.....	108
Tabel 4.29 Kontrol Simpangan Arah Y.....	110
Tabel 4.30 Kontrol Prosentase Gaya Lateral	112
Tabel 4.31 Tulangan Lentur Balok As J 5-6.....	116
Tabel 4.32 Gaya Geser Desain.....	117
Tabel 4.33 Tulangan Senggang Balok As J 5-6.....	119
Tabel 4.34 Gaya Aksial dan Momen Kolom As B-4.....	120
Tabel 4.35 Gaya Aksial dan Momen Kolom Lantai 2 As B-4.....	122
Tabel 4.36 Gaya Dalam Dinding Geser (Lantai 28M).....	125
Tabel 4.37 Rekapitulasi Perbandingan Kekuatan	130
Tabel 4.38 Rekapitulasi Perbandingan Kekakuan	131



DAFTAR NOTASI

Φ	Faktor reduksi
δ_{xe}	Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan
ρ_e	Faktor redundansi
δ_t	Target peralihan/target perpindahan
C_s	Koefisien respons seismik yang ditentukan
C_{vx}	Faktor distribusi vertikal
C_m	Faktor massa efektif
C_d	Faktor amplifikasi defleksi
DL	<i>Dead load</i>
E	Pengaruh beban gempa
E_h	Pengaruh beban gempa horizontal
E_v	Pengaruh beban gempa vertikal
f	Faktor skala perbesaran
f_c'	Nilai mutu beton
F_x	Gaya gempa lateral
g	Percepatan gravitasi bumi
hn	Ketinggian struktur
Ie	Faktor keutamaan gempa
k	Eksponen yang terkait dengan perioda struktur
LL	<i>Live load</i>
Q_s	Pengaruh gaya seismik horizontal
R	Faktor modifikasi respons
s	Spasi antara tulangan sengkang
SDL	<i>Superimposed dead load</i>
S_a	Akselerasi spektrum respons pada waktu getar alami fundamental efektif dan rasio redaman pada arah yang ditinjau
S_s	Waktu getar pendek 0,2
S_1	Waktu getar 1 detik
S_{Ds}	Parameter percepatan spektrum respon desain dalam rentang perioda pendek SD1 Parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1,0 detik
T	Perioda fundamental struktur
T_s	Waktu getar karakteristik respons spektrum
V	Gaya dasar seismik
W	Berat seismik efektif
w_i	Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i
w_x	Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat x

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Denah Struktur	134
Lampiran L.2 Detail Komponen Struktur	182
Lampiran L.3 Spesifikasi <i>Fluid Viscous Damper</i>	186

