

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Kata Pengantar.....	ii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
Lembar Pernyataan Keaslian.....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xv
Daftar Notasi	xvi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Metodologi Penelitian.....	5

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Perkembangan Teknologi Desain Tahan Gempa	6
2.2 Pemodelan <i>Mid-Pier Frame</i> untuk Dinding Geser.....	7
2.3 Metode <i>Direct Displacement Based Design (DDBD)</i>	8
2.3.1 Konsep <i>DDBD</i> untuk Sistem Ganda.....	11
2.3.1.1 Desain Proporsi Gaya Geser pada Rangka dan Dinding Geser.....	11
2.3.1.2 Menentukan Tinggi <i>Wall Contraflexure</i> (H_{cf}).....	11
2.3.1.3 Menentukan Profil Perpindahan Leleh Dinding Geser	13

2.3.1.4	Desain Profil Perpindahan Rencana.....	14
2.3.1.5	Desain Perpindahan <i>SDOF</i>	16
2.3.1.6	Tinggi Efektif.....	17
2.3.1.7	Massa Efektif	17
2.3.1.8	Redaman <i>Viscous</i> Ekuivalen (<i>Equivalent Viscous Damping</i>)	17
2.3.2	Distribusi Gaya Geser Dasar <i>DDBD</i>	18
2.4	Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berbasis Kinerja (<i>Performance Based Design</i>)	19
2.5	Analisis <i>Pushover</i>	19
2.6	Kinerja Struktur	20
2.6.1	Kinerja Struktur Metode <i>ATC-40</i>	21
2.6.1.1	Titik Kinerja Struktur Metode <i>ATC-40</i>	22
2.6.1.2	Batasan Deformasi	29
2.6.2	Kinerja Struktur Metode <i>FEMA 356</i>	29
2.6.2.1	Titik Kinerja Struktur Metode <i>FEMA 356</i>	30
2.6.3	Kinerja Struktur Metode <i>FEMA 440</i>	33

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Pendahuluan	35
3.2	Prosedur Analisis	35
3.3	Model.....	37
3.3.1	Material Struktur	37
3.3.2	Dimensi Komponen Struktur	38
3.3.2.1	Balok.....	38
3.3.2.2	Kolom	40
3.3.2.3	Dinding Geser.....	41
3.3.2.4	Pelat	42
3.3.3	Diafragma	42
3.3.4	Pembebanan	43
3.3.4.1	Beban Mati.....	43

3.3.4.1.1 Berat Sendiri Struktur.....	43
3.3.4.1.2 Beban Mati Tambahan Per m ²	44
3.3.4.1.3 Beban Dinding Per m'	45
3.3.4.2 Beban Hidup.....	45
3.3.4.3 Beban Gempa	45
3.3.5 Kombinasi Pembebanan	46
3.3.6 <i>Mass Source</i>	46
3.3.7 <i>Response Spectrum Function</i>	47
3.3.8 <i>Response Spectrum Case</i>	48
3.3.9 <i>Static Nonlinier Case</i>	48
3.3.10 Pemodelan Sendi Plastis	51
3.3.11 Denah Struktur dan Tampak Tiga Dimensi Struktur	53
3.4 Wilayah Gempa dan Desain Seismik.....	54
3.5 Jenis Tanah.....	55

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan	56
4.2 Analisis Gempa	57
4.2.1 Gaya Gempa Statik.....	57
4.2.1.1 Menentukan Periode Fundamental Struktur.....	57
4.2.1.2 Menentukan Koefisien Repons Seismik	58
4.2.1.3 Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik	59
4.2.1.4 Menghitung Distribusi Vertikal Gaya Gempa.....	60
4.2.2 Gaya Gempa Dinamik Metode Spektrum Respon Ragam.....	61
4.2.3 Gaya Gempa Rencana.....	63
4.2.3.1 Perhitungan Faktor Skala Gaya	64
4.2.3.2 Perhitungan Gaya Gempa Rencana	64
4.3 Pemodelan <i>Mid-Pier Element</i>	66
4.4 Metode Analisis <i>Pushover</i>	67
4.4.1 Kurva Kapasitas Sistem Ganda Arah X	68
4.4.2 Kurva Kapasitas Sistem Ganda Arah Y	71

4.5	Evaluasi Kinerja Struktur	74
4.5.1	Metode Spektrum Kapasitas <i>ATC-40</i>	74
4.5.1.1	Kinerja Struktur Rangka Arah X	75
4.5.1.2	Kinerja Struktur Rangka Arah Y	78
4.5.2	Metode Spektrum Kapasitas <i>FEMA 440</i>	80
4.5.3	Metode Koefisien Perpindahan <i>FEMA 356</i>	83
4.5.4	Metode Koefisien Perpindahan <i>FEMA 440</i>	87
4.6	Analisis Gempa dengan Metode <i>DDBD</i> untuk Sistem Ganda	89
4.6.1	Analisis Gempa dengan Metode <i>DDBD</i> untuk Sistem Ganda Arah X	89
4.6.1.1	Distribusi Gaya Geser Dasar pada <i>Frame</i> dan Dinding Geser	89
4.6.1.2	Tinggi <i>RC-Wall Contraflexure</i> (H_{cf})	91
4.6.1.3	Profil Perpindahan Leleh Dinding Geser	92
4.6.1.4	Desain Perpindahan Rencana	93
4.6.1.5	Desain Perpindahan <i>SDOF</i>	94
4.6.1.6	Tinggi Efektif	95
4.6.1.7	Massa Efektif.....	95
4.6.1.8	Redaman Efektif Ekuivalen	95
4.6.1.9	Periode Efektif.....	97
4.6.1.10	Kekakuan Efektif	99
4.6.1.11	Gaya Geser Dasar	99
4.6.2	Analisis Gempa dengan Metode <i>DDBD</i> untuk Sistem Ganda Arah Y	100
4.6.2.1	Distribusi Gaya Geser Dasar pada <i>Frame</i> dan Dinding Geser.....	100
4.6.2.2	Tinggi <i>RC-Wall Contraflexure</i> (H_{cf})	102
4.6.2.3	Profil Perpindahan Leleh Dinding Geser	103
4.6.2.4	Desain Perpindahan Rencana	105
4.6.2.5	Desain Perpindahan <i>SDOF</i>	106
4.6.2.6	Tinggi Efektif	107

4.6.2.7 Massa Efektif.....	107
4.6.2.8 Redaman Efektif Ekuivalen	107
4.6.2.9 Periode Efektif.....	109
4.6.2.10 Kekakuan Efektif.....	112
4.6.2.11 Gaya Geser Dasar	112
4.7 <i>Resume</i>	113

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	114
5.2 Saran	115

DAFTAR ACUAN	116
---------------------------	-----

DAFTAR BACAAN	117
----------------------------	-----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Elemen <i>Mid-Pier Frame</i> dan <i>Shell</i> untuk Dinding Geser.....	7
Gambar 2.2 Sendi Plastis (Interaksi <i>PMM</i>).....	8
Gambar 2.3 Konsep <i>Direct Displacement Based Design</i>	9
Gambar 2.4 Tinggi Dinding <i>Contraflexure</i> Berdasarkan Proporsi Gaya Geser.....	12
Gambar 2.5 <i>Plastic Deformation</i> pada Dinding Kantilever	15
Gambar 2.6 Kurva Pushover	20
Gambar 2.7 Tipikal Kurva Kapasitas pada Berbagai Tingkat Kinerja Struktur.....	21
Gambar 2.8 Modifikasi Kurva Kapasitas Menjadi Spektrum Kapasitas	24
Gambar 2.9 Respon Spektrum Standar dan Respon Spektrum Format ADRS.....	25
Gambar 2.10 Titik Kinerja Struktur sesuai <i>ATC-40</i>	25
Gambar 2.11 Hubungan Redaman Respon Spektrum pada Kurva Kapasitas.....	26
Gambar 2.12 Reduksi Respon Spektrum	28
Gambar 2.13 Tingkat Kinerja Struktur	29
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Studi Secara Garis Besar.....	36
Gambar 3.2 Penentuan Mutu Material Struktur	38
Gambar 3.3 Pemodelan Elemen Balok	39
Gambar 3.4 Pemodelan <i>Rigid Zone Factor</i> pada Balok	40
Gambar 3.5 Pemodelan Elemen Kolom.....	40
Gambar 3.6 Pemodelan <i>Rigid Zone Factor</i> pada Kolom.....	41
Gambar 3.7 Pemodelan Elemen Dinding Geser	41
Gambar 3.8 Pemodelan Elemen Pelat	42
Gambar 3.9 Pemodelan Diafragma pada Pelat Kaku	42
Gambar 3.10 Hasil Pemodelan Diafragma pada Pelat.....	43
Gambar 3.11 Pemodelan Jenis Beban.....	45
Gambar 3.12 Proses Pemasukan Kombinasi Pembebanan	46
Gambar 3.13 Memasukan <i>Mass Source</i>	47

Gambar 3.14 Membuat <i>Response Spectrum Function</i>	47
Gambar 3.15 Membuat <i>Response Spectrum Case</i> Arah X	48
Gambar 3.16 Pembuatan <i>Gravity Nonlinier Case</i>	49
Gambar 3.17 Pembuatan <i>Pushover Case</i> Arah X.....	50
Gambar 3.18 Pemodelan <i>Result Saved</i>	50
Gambar 3.19 Pemodelan <i>Load Application</i>	51
Gambar 3.20 Pemodelan Sendi Plastis pada Balok	52
Gambar 3.21 Pemodelan Sendi Plastis pada Kolom.....	52
Gambar 3.22 Denah Struktur yang Direncanakan.....	53
Gambar 3.23 Tampak Tiga Dimensi Struktur yang Direncanakan	54
Gambar 3.24 Hasil Keluaran <i>Website</i> Desain Spektra Indonesia – Puskim	55
Gambar 4.1 Grafik Gaya Geser Dinamik Arah X	62
Gambar 4.2 Grafik Gaya Geser Dinamik Arah Y	62
Gambar 4.3 <i>Output</i> Hasil <i>Check/Design</i> Model Rencana.....	66
Gambar 4.4 Membuat <i>Mid-Pier Frame</i>	67
Gambar 4.5 Pemodelan <i>Mid-Pier Frame</i> pada Model Gedung	67
Gambar 4.6 <i>Push X Step</i> 3 dan <i>Step</i> 4	69
Gambar 4.7 <i>Push X Step</i> 5 dan <i>Step</i> 6	69
Gambar 4.8 <i>Push X Step</i> 26 dan <i>Step</i> 27	70
Gambar 4.9 Kurva Kapasitas Arah X	71
Gambar 4.10 <i>Push Y Step</i> 2 dan <i>Step</i> 3	72
Gambar 4.11 <i>Push Y Step</i> 4 dan <i>Step</i> 5	72
Gambar 4.12 <i>Push Y Step</i> 21 dan <i>Step</i> 22	73
Gambar 4.13 Kurva Kapasitas Arah Y	73
Gambar 4.14 <i>Performance Point</i> Rangka Arah X.....	74
Gambar 4.15 <i>Performance Point</i> Rangka Arah Y.....	75
Gambar 4.16 Spektrum Kapasitas Rangka Arah X	76
Gambar 4.17 <i>Performance Point</i> Tereduksi Rangka Arah X	78
Gambar 4.18 Spektrum Kapasitas Rangka Arah Y	79

Gambar 4.19 <i>Performance Point</i> Tereduksi Rangka Arah Y	80
Gambar 4.20 Spektrum Kapasitas Arah X	81
Gambar 4.21 Spektrum Kapasitas Arah Y	81
Gambar 4.22 <i>Performance Point</i> Arah X	82
Gambar 4.23 <i>Performance Point</i> Arah Y	82
Gambar 4.24 Kurva Biner <i>Pushover</i> Arah X	83
Gambar 4.25 Kurva Biner <i>Pushover</i> Arah Y	86
Gambar 4.26 <i>Overtuning Moment</i> Relatif Arah X.....	91
Gambar 4.27 Rangka Dinding Geser Arah X.....	92
Gambar 4.28 Respon Spektrum Desain	98
Gambar 4.29 Spektra <i>Displacement</i> pada Redaman 10.84 %	99
Gambar 4.30 <i>Overtuning Moment</i> Relatif Arah Y	103
Gambar 4.31 Rangka Dinding Geser Arah Y.....	104
Gambar 4.32 Respon Spektrum Desain	111
Gambar 4.33 Spektra <i>Displacement</i> pada Redaman 19.71 %	111
Gambar 4.34 Hasil Analisis Level Kinerja Struktur	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Reduksi Spektral	27
Tabel 2.2 <i>Structural Behaviour Type</i>	28
Tabel 2.3 Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur	29
Tabel 2.4 Kondisi Bangunan Pasca Gempa dan Kategori Bangunan pada Tingkat Kinerja Struktur	30
Tabel 2.5 Faktor Modifikasi C_0 FEMA 356	31
Tabel 2.6 Faktor Modifikasi C_m FEMA 356	32
Tabel 2.7 Faktor Modifikasi C_2 FEMA 356	33
Tabel 2.8 Faktor Modifikasi C_1 dan C_2 FEMA 440	34
Tabel 3.1 Properti Material	37
Tabel 3.2 Dimensi Balok	38
Tabel 3.3 Beban Mati per m ² pada Lantai 1-15	44
Tabel 3.4 Beban Mati per m ² pada Lantai 16	44
Tabel 4.1 <i>Output</i> T Dinamik dari Program ETABS	58
Tabel 4.2 Massa Bangunan	60
Tabel 4.3 Distribusi Vertikal Gaya Gempa Statik	61
Tabel 4.4 Gaya Gempa Dinamik Metode Spektrum Respons Ragam	63
Tabel 4.5 Kesimpulan Perhitungan Gaya Gempa Statik dan Dinamik	64
Tabel 4.6 Perhitungan Gaya Gempa Rencana	65
Tabel 4.7 <i>Output</i> Beban Dorong Arah X	68
Tabel 4.8 <i>Output</i> Beban Dorong Arah Y	71
Tabel 4.9 Faktor Reduksi Spektral	77
Tabel 4.10 <i>Structural Behaviour Type</i>	77
Tabel 4.11 Faktor Modifikasi C_0 FEMA 356	84
Tabel 4.12 Faktor Modifikasi C_2 FEMA 356	85
Tabel 4.13 Faktor Modifikasi C_m FEMA 356	85

Tabel 4.14 Perhitungan Target Perpindahan Arah Y	87
Tabel 4.15 Faktor Modifikasi C_1 dan C_2 FEMA 440	88
Tabel 4.16 <i>Output</i> Tabel <i>Base Shear</i> Dinding dan Rangka	90
Tabel 4.17 Perhitungan <i>Overturning Moment</i> Relatif	91
Tabel 4.18 Perhitungan Profil Perpindahan Rencana	94
Tabel 4.19 Perhitungan Momen Balok Arah X.....	96
Tabel 4.20 Perhitungan <i>Drift</i> Leleh pada Rangka <i>Frame</i> Arah X.....	96
Tabel 4.21 Perhitungan <i>Spectral Displacement</i> Redaman 10.84 %	98
Tabel 4.22 Distribusi Gaya Geser Tiap Lantai Arah X	100
Tabel 4.23 <i>Output</i> Tabel <i>Base Shear</i> Dinding dan Rangka	101
Tabel 4.24 Perhitungan <i>Overturning Moment</i> Relatif	102
Tabel 4.25 Perhitungan Profil Perpindahan Rencana	106
Tabel 4.26 Rasio Gaya Momen pada Balok Arah Y	108
Tabel 4.27 Perhitungan <i>Drift</i> Leleh pada Rangka <i>Frame</i> Arah Y.....	108
Tabel 4.28 Perhitungan <i>Spectral Displacement</i> Redaman 19.71 %	110
Tabel 4.29 Distribusi Gaya Geser Tiap Lantai Arah Y	112
Tabel 4.30 Perbandingan Gaya Geser Rencana	113
Tabel 4.31 Target Perpindahan dan Level Kinerja Struktur	113

DAFTAR LAMPIRAN

- L.1 Cek Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Arah X
- L.2 Cek Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Arah Y
- L.3 Cek Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak
- L.4 Cek Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan
- L.5 Cek Ketidakberaturan Berat (Massa)
- L.6 Cek Ketidakberaturan Geometri Vertikal
- L.7 Cek Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat 5a. dan 5b.
- L.8 Cek Simpangan Maksimum
- L.9 Cek P-Delta

DAFTAR NOTASI

α_1	=	<i>modal mass coefficient</i> untuk modal pertama
α	=	rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastis efektif.
a_y	=	percepatan pada titik leleh struktur
a_{pi}	=	percepatan pada titik akhir struktur
β_F	=	rasio gaya geser dasar pada rangka
β_{eq}	=	redaman <i>viscous</i> ekuivalen struktur
β_o	=	redaman histeretik yang mewakili redaman <i>viscous</i> ekuivalen
C_0	=	koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan spectral menjadi perpindahan atap
C_1	=	faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastic maksimum dengan perpindahan respons elastik linier.
C_m	=	faktor massa efektif
C_2	=	koefisien untuk memperhitungkan efek “pinching” dari hubungan beban deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan.
C_3	=	koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P-Delta.
d_{bi}	=	diameter tulangan pokok dinding geser
d_y	=	perpindahan pada titik leleh struktur
d_{pi}	=	perpindahan pada titik akhir struktur
μ_W	=	daktilitas perpindahan dinding geser
δ_T	=	target perpindahan
Δ_{yi}	=	profil perpindahan leleh (<i>yield displacement profil</i>)
Δ_{Di}	=	profil perpindahan rencana
Δ_d	=	perpindahan maksimum rencana <i>SDOF</i>
Δ_i	=	perpindahan pada lantai ke- <i>i</i>
Δ_{yW}	=	perpindahan leleh pada dinding geser saat mencapai tinggi efektif
Δ_i	=	perpindahan yang terjadi pada lantai ke- <i>i</i>

Δ_{roof}	=	<i>roof displacement</i>
E_D	=	kehilangan energi pada struktur dalam satu siklus
E_{so}	=	regangan energi maksimal
ε_y	=	regangan material tulangan pada dasar dinding geser (f_{ye}/E)
F_i	=	rasio gaya relatif lantai ke- <i>i</i>
f_{ye}	=	yield strength tulangan ($1.1 f_y$)
g	=	percepatan gravitasi 9.81 m/s^2
H_i	=	total tinggi struktur lantai ke- <i>i</i>
H_n	=	tinggi struktur pada lantai ke- <i>i</i>
H_i	=	tinggi struktur pada lantai ke- <i>i</i>
H_c	=	tinggi efektif struktur
K_i	=	kekakuan lateral elastik
K_e	=	kekakuan lateral efektif
L_w	=	panjang dinding geser
L_{sp}	=	panjang penetrasi regangan ke pondasi yang nilainya bergantung dengan besarnya diameter tulangan pokok dinding geser dengan $f_{ye} = 1.1 f_y$
L_p	=	panjang sendi plastis
m_i	=	massa pada lantai ke- <i>i</i>
$M_{OTM.i}$	=	total momen <i>overturning</i> lantai ke- <i>i</i>
$M_{OTM.F}$	=	total momen <i>overturning</i> pada frame
$M_{OTM.}$	=	total momen <i>overturning</i> pada dasar bangunan
m_i	=	massa pada tingkat ke- <i>i</i>
m_c	=	massa efektif
n	=	jumlah lantai
PF_1	=	<i>modal participation</i> untuk modal pertama
ϕ_{yw}	=	kelengkungan leleh (<i>yield curvature</i>) pada dasar dinding
ϕ_{i1}	=	<i>amplitude of first</i> untuk level <i>i</i>
R	=	rasio kuat elastik perlu terhadap kuat leleh terhitung
S_a	=	<i>spectral acceleration</i>

S_d	=	<i>spectral displacement</i>
T_e	=	waktu getar efektif
T_1	=	waktu getar elastik
T_e	=	waktu getar efektif
T_s	=	waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respon spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.
θ_{CF}	=	simpangan pada tinggi <i>contraflexure</i> , H_{CF}
θ_C	=	batas simpangan desain rencana.
V_F	=	gaya geser dasar pada rangka
V_W	=	gaya geser dasar pada dinding geser
V_{Base}	=	gaya geser dasar total
V_i	=	total gaya geser lantai ke- i
V_{base}	=	gaya geser desain
V	=	gaya geser dasar
V_y	=	gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva <i>pushover</i> menjadi bilinier.
ω_θ	=	faktor koreksi
W	=	berat mati bangunan ditambah beban atap
w_i/g	=	massa pada level i
ξ_W	=	Redaman efektif <i>RC-Wall</i> terhadap arah yang ditinjau
ξ_{eq}	=	redaman ekuivalen sistem
ξ_{el}	=	redaman elastis awal yang biasanya bernilai 5%
ξ_{hyst}	=	redaman <i>hysteretic</i> dari sistem struktur yang nilainya akan bergantung pada nilai <i>displacement ductility</i> sistem yang didesain.