

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xx
ABSTRACT	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN PENELITIAN	4
1.4 MANFAAT PENELITIAN	5
1.5 BATASAN MASALAH	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 TINJAUAN UMUM	7
2.2 PENELITIAN TERDAHULU	7
2.3 PERBANDINGAN PENELITIAN	10
2.4 KEASLIAN PENELITIAN	13
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 METODE PERENCANAAN BANGUNAN	14
3.1.1 Metode Perencanaan Bangunan Berbasis Kekuatan	14
3.1.2 Metode Perencanaan Bangunan Berbasis Kinerja	14
3.2 METODE ANALISIS STRUKTUR TERHADAP BEBAN GEMPA	15
3.3 SENDI PLASTIS	17

3.3.1	<i>Hinge Properties</i> pada balok	18
3.3.2	<i>Hinge Properties</i> pada kolom	19
3.3.3	Penentuan Letak Sendi Plastis	20
3.4	PEMBEBANAN	20
3.5	DINDING GESER	22
3.5.1	Prinsip Penempatan Dinding Geser	23
3.5.2	Konsep Perencanaan Dimensi Dinding Geser	24
3.6	ANALISIS PERENCANAAN TERHADAP GEMPA (SNI 1726:2012)	25
3.6.1	Gempa Rencana	25
3.6.2	Kategori Risiko Bangunan	25
3.6.3	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	27
3.6.4	Klasifikasi Situs	27
3.6.5	Parameter Percepatan Gempa	28
3.6.6	Parameter Percepatan Spektra Desain	29
3.6.7	Spektrum Respons Desain	30
3.6.8	Kategori Desain Seismik	31
3.6.9	Sistem Struktur	32
3.6.10	Periode Fundamental Struktur (T)	32
3.6.11	Geser Dasar Seismik (V)	35
3.6.12	Koefisien Respons Seismik (C_s)	35
3.6.13	Distribusi Vertikal Gaya Gempa	36
3.6.14	Distribusi Horizontal Gaya Gempa	36
3.7	ANALISIS STATIK NON-LINIER (<i>PUSHOVER ANALYSIS</i>)	37
3.8.1	Metode Spektrum Kapasitas (ATC-40)	40
3.8.1.1	Kurva Kapasitas (<i>Capacity Curve</i>)	41
3.8.1.2	<i>Demand Spectrum</i>	43
3.8.1.3	Titik Kinerja (<i>Performance Point</i>)	44
3.8.1.4	Batasan <i>Drift Ratio</i> Menurut ATC-40	45
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		46
4.1	LOKASI PENELITIAN	46

4.2	WAKTU PENELITIAN	46
4.3	PEMODELAN STRUKTUR	46
4.3.1	Deskripsi Bangunan	47
4.3.2	Spesifikasi Material	47
4.3.3	<i>Layout Shearwall</i>	48
4.4	TAHAPAN TUGAS AKHIR	49
4.5	BAGAN ALIR PENELITIAN	52
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		55
5.1	ESTIMASI DIMENSI STRUKTUR	55
5.1.1	Estimasi Dimensi Balok	55
5.1.2	Estimasi Dimensi Kolom	55
5.1.3	Estimasi Tebal Pelat Lantai dan Pelat Atap	56
5.1.4	Estimasi Tebal Dinding Geser	56
5.2	PERHITUNGAN PEMBEBANAN	58
5.2.1	Beban Mati (DL)	58
5.2.2	Beban Mati Tambahan	58
5.2.3	Beban Hidup (LL)	58
5.2.4	Beban Gempa	59
5.3	PEMODELAN STRUKTUR	68
5.3.1	Definisi Material	68
5.3.2	Definisi Struktur	70
5.3.3	Definisi Pembebanan	72
5.3.4	Pemodelan Struktur	76
5.3.5	Pembebanan Pada Struktur	78
5.4	ANALISIS BEBAN GEMPA	81
5.4.1	Analisis Beban Gempa Statik (Gaya Geser Dasar)	81
5.4.2	Analisis Beban Gempa Dinamik (Gaya Geser Dasar)	83
5.4.3	Analisis Simpangan Total Gedung Akibat Beban Gempa Dinamik	84
5.5	ANALISIS <i>PUSHOVER</i>	85
5.5.1	Pendefinisian Tahapan Analisis <i>Pushover</i>	85

5.5.2	Pendefinisian Sendi Plastis	91
5.6	HASIL DAN PEMBAHASAN ANALISIS <i>PUSHOVER</i>	96
5.6.1	Kurva Kapasitas	96
5.6.2	Simpangan Atap	103
5.6.3	Penempatan Struktur Dinding Geser Yang Optimal Berdasarkan Kurva Kapasitas dan Simpangan Atap	107
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN		109
6.1	SIMPULAN	109
6.2	SARAN	110
DAFTAR PUSTAKA		111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan penelitian	10
Tabel 3.1	Jenis beban mati pada gedung	20
Tabel 3.2	Jenis beban hidup pada gedung	21
Tabel 3.3	Kategori risiko bangunan dan non gedung untuk beban gempa	26
Tabel 3.4	Faktor keutamaan gempa	27
Tabel 3.5	Klasifikasi situs	28
Tabel 3.6	Faktor amplikasi percepatan pada getaran periode pendek	29
Tabel 3.7	Faktor amplikasi percepatan pada getara periode 1 detik	29
Tabel 3.8	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek	31
Tabel 3.9	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon perepatan pada periode 1 detik	31
Tabel 3.10	Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan beban lateral	32
Tabel 3.11	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	33
Tabel 3.12	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	33
Tabel 3.13	Batasan tipe bangunan pada <i>Capacity Spectrum Method</i>	40
Tabel 5.1	Faktor amplikasi percepatan pada getaran periode pendek (F_a)	61
Tabel 5.2	Faktor amplikasi percepatan pada getaran periode 1 detik (F_v)	61
Tabel 5.3	Hasil perhitungan respon spektrum desain	63
Tabel 5.4	Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	65
Tabel 5.5	Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	65
Tabel 5.6	Faktor keutamaan gempa, I_e	66
Tabel 5.7	Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	66
Tabel 5.8	Berat total bangunan per lantai	67
Tabel 5.9	Distribusi gaya geser per lantai	68
Tabel 5.10	Penulangan balok hasil desain	84
Tabel 5.11	Penulangan balok hasil desain	84

Tabel 5.12	Daktilitas struktur (μ) arah x	102
Tabel 5.13	Daktilitas struktur (μ) arah y	102
Tabel 5.14	Simpangan atap saat kondisi titik kinerja tercapai dengan metode spektrum kapasitas (ATC-40)	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta tektonik Indonesia	1
Gambar 1.2	Dinding geser beton bertulang pada bangunan	2
Gambar 3.1	Kurva hubungan gaya dan perpindahan terhadap kinerja struktur	17
Gambar 3.2	Posisi sumbu lokal balok struktur	19
Gambar 3.3	Posisi sumbu lokal kolom struktur	19
Gambar 3.4	Susunan <i>shearwall</i> yang memenuhi syarat	24
Gambar 3.5	Susunan <i>shearwall</i> yang tidak memenuhi syarat	24
Gambar 3.6	Dimensi minimum dinding geser	24
Gambar 3.7	Hubungan antara b_c dan μ_Δ	25
Gambar 3.8	Spektrum respon desain	31
Gambar 3.9	Tipikal kurva kapasitas	39
Gambar 3.10	Penentuan titik kinerja menurut metode spektrum kapasitas	40
Gambar 3.11	Kapasitas gaya geser (V) – <i>roof displacement</i> Δ_{roof}	41
Gambar 3.12	Konversi kurva kapasitas menjadi spektrum kapasitas	42
Gambar 3.13	Konversi spektrum respon ke spektrum <i>demand</i>	44
Gambar 3.14	Titik kinerja pada hasil analisis <i>pushover</i>	45
Gambar 3.15	Simpangan pada atap dan rasio simpangan pada atap	45
Gambar 4.1	Portal struktur gedung arah memanjang (arah x)	46
Gambar 4.2	Portal struktur gedung arah melintang (arah y)	47
Gambar 4.3	Denah model struktur gedung	47
Gambar 4.4	<i>Layout shearwall</i> model 1	48
Gambar 4.5	<i>Layout shearwall</i> model 2	48
Gambar 4.6	<i>Layout shearwall</i> model 3	48
Gambar 4.7	<i>Layout shearwall</i> model 4	48
Gambar 4.8	Bagan alir penelitian, <i>main program</i>	52
Gambar 4.9	Bagan alir penelitian, analisis struktur linier	53
Gambar 4.10	Bagan alir penelitian, analisis struktur nonlinier	54

Gambar 5.1	Grafik hubungan A_r dan bc/lw	57
Gambar 5.2	S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB	59
Gambar 5.3	S_I , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB	60
Gambar 5.4	C_{RS} , koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 0,2 detik	60
Gambar 5.5	C_{RI} , koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 1 detik	61
Gambar 5.6	Grafik respon spektrum desain	64
Gambar 5.7	Spesifikasi material beton	68
Gambar 5.8	Spesifikasi material baja tulangan <i>longitudinal</i>	69
Gambar 5.9	Spesifikasi material baja tulangan <i>transversal</i>	69
Gambar 5.10	<i>Frame section</i> balok induk B1	70
Gambar 5.11	<i>Frame Section</i> balok anak Ba1	70
Gambar 5.12	<i>Frame section</i> kolom K1	71
Gambar 5.13	<i>Area section</i> pelat lantai	71
Gambar 5.14	<i>Area section</i> lantai atap	72
Gambar 5.15	<i>Area section</i> dinding geser	72
Gambar 5.16	<i>Load patterns</i> beban yang digunakan	73
Gambar 5.17	Menambah respon spektrum	74
Gambar 5.18	Menginput grafik respon spektrum	74
Gambar 5.19	<i>Diaphragm constraint</i>	75
Gambar 5.20	<i>Auto lateral load</i> arah x	76
Gambar 5.21	<i>Auto lateral load</i> arah y	76
Gambar 5.22	Pemodelan balok dan kolom	77
Gambar 5.23	Pemodelan pelat lantai dan pelat atap	77
Gambar 5.24	Pemodelan <i>shearwall</i>	78
Gambar 5.25	<i>Joint restraints</i>	78
Gambar 5.26	<i>Input</i> beban mati tambahan pada balok	79
Gambar 5.27	Pemodelan beban mati tambahan akibat beban dinding	79
Gambar 5.28	<i>Input</i> beban mati tambahan pada pelat lantai dan atap	80

Gambar 5.29	Pemodelan beban mati tambahan pada pelat lantai dan atap	80
Gambar 5.30	<i>Input</i> beban hidup pada pelat lantai	81
Gambar 5.31	Pemodelan beban hidup pada pelat lantai	81
Gambar 5.32	Kotak dialog <i>Choose Tables for Display</i>	82
Gambar 5.33	<i>Base Shear</i> akibat beban gempa statik ekuivalen	82
Gambar 5.34	<i>Base Shear</i> akibat beban gempa dinamik	83
Gambar 5.35	Simpangan total akibat beban gempa dinamik	85
Gambar 5.36	<i>Load case</i> untuk beban gravitasi	86
Gambar 5.37	<i>Load application control for nonlinier static analisis</i> beban gravitasi	86
Gambar 5.38	<i>Joint</i> pada atap gedung yang ditinjau	86
Gambar 5.39	Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>puhvoer</i> arah x	87
Gambar 5.40	Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>puhvoer</i> arah y	88
Gambar 5.41	Pengaturan <i>load application control</i> beban lateral <i>pushover</i> arah x	88
Gambar 5.42	Pengaturan <i>load application control</i> beban lateral <i>pushover</i> arah x	89
Gambar 5.43	Pengaturan <i>results saved</i> beban lateral <i>pushover</i> arah x dan arah y	89
Gambar 5.44	Pengaturan <i>nonlinear parameters</i> beban lateral <i>pushover</i> arah x dan arah y	90
Gambar 5.45	Pengaturan <i>Parameters for ATC-40 Capacity Spectrum</i>	91
Gambar 5.46	Penentuan properti sendi dan <i>relative distance</i> balok	92
Gambar 5.47	Properti sendi balok	92
Gambar 5.48	Hasil pendefinisian <i>hinge</i> balok	93
Gambar 5.49	Penentuan properti sendi dan <i>relative distance</i> balok	94
Gambar 5.50	Properti sendi kolom	94
Gambar 5.51	<i>Moment rotation data</i> kolom	95
Gambar 5.52	<i>P-M2-M3 interaction surface</i> pada kolom	96
Gambar 5.53	Kurva <i>pushover</i> struktur gedung tanpa dinding geser arah x	97
Gambar 5.54	Kurva <i>pushover</i> struktur gedung tanpa dinding geser arah y	97

Gambar 5.55	Perbandingan kurva <i>pushover</i> pada arah x	98
Gambar 5.56	Perbandingan kurva <i>pushover</i> pada arah y	98
Gambar 5.57	Perbandingan kurva kapasitas struktur gedung arah x dan arah y	100
Gambar 5.58	Gaya geser dasar saat terjadi pelelehan pada struktur (V_y) gedung tanpa dinding geser arah x	101
Gambar 5.59	Gaya geser dasar saat terjadi pelelehan pada struktur (V_y) gedung tanpa dinding geser arah y	101
Gambar 5.60	Hubungan kebutuhan kekuatan dengan daktilitas	102
Gambar 5.61	Kurva spektrum kapasitas dan spektrum <i>demand</i> serta simpangan atap saat titik kinerja (<i>performace point</i>) tercapai untuk struktur gedung tanpa dinding geser arah x	104
Gambar 5.62	Kurva spektrum kapasitas dan spektrum <i>demand</i> serta simpangan atap saat titik kinerja (<i>performace point</i>) tercapai untuk struktur gedung tanpa dinding geser arah y	105
Gambar 5.63	Perbandingan simpangan atap gedung saat titik kinerja tercapai	106
Gambar 5.64	Simpangan struktur sebelum penambahan dinding geser (a) dan setelah penambahan dinding geser (b) untuk arah x	107
Gambar 5.65	Simpangan struktur sebelum penambahan dinding geser (a) dan setelah penambahan dinding geser (b) untuk arah y	107

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_B	= Luas dasar struktur, dinyatakan dalam meter persegi (m^2)
ADRS	= <i>Acceleration Displacement Response Spectra</i>
A_g	= Luas bruto penampang beton, mm^2 . Untuk penampang berlubang, A_g adalah luas beton saja dan tidak termasuk luas lubang
A_i	= Luas badan dinding geser “I”, dinyatakan dalam meter persegi (m^2)
ATC-40	= <i>Applied Technology Council</i>
A_{wb}	= Luas dinding geser
b_c	= Ketebala kritis dinding geser
CP	= <i>Collapse Prevention</i>
C_s	= Koefisien respons seismik
C_i dan x	= Koefisien parameter pendekatan
C_u	= Koefisien periode batas
C_{vx}	= Faktor distribusi vertikal
D_I	= Perpindahan pertama, mm
DC	= <i>Damage Control</i>
D_i	= Panjang dinding geser “i”, dinyatakan dalam meter (m)
DL	= <i>Dead load</i> , ton
D_t	= Target perpindahan atau titik kinerja, mm
F_a	= Koefisien situs pada getaran periode pendek
f_c'	= Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa
FEMA	= Federal Emergency Management Agency
F_i	= Gaya horizontal gempa, ton
F_v	= Koefisien situs pada getaran periode 1 detik
f_y	= Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa
f_{yt}	= Kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan f_y , Mpa
H	= Tinggi total bangunan, m
h_i dan h_x	= Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
h_i	= Tinggi dinding geser “i”, dinyatakan dalam meter (m)
H_n	= Ketinggian struktur dari dasar sampai tingkat tertinggi (m)

I_e	=	Faktor keutamaan gempa
IO	=	<i>Immediate Occupancy</i>
k	=	Eksponen yang terkait dengan periode struktur
LL	=	<i>Live load</i> , ton
l_n	=	Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan, mm
l_{nx}	=	Bentang pendek bersih pelat, mm
l_{ny}	=	Bentang panjang bersih pelat, mm
LS	=	<i>Life Safety</i>
l_w	=	Panjang dinding geser, m
l_x	=	Bentang pendek pelat, mm
l_y	=	Bentang panjang pelat, mm
$MDOF$	=	<i>Multi degree of freedom system</i>
PF_1	=	<i>Modal participation</i> untuk mode pertama
R	=	Faktor modifikasi respons
S_I	=	parameter respons spektra percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik
SA	=	Batuan keras
S_a	=	Spektral kecepatan
SB	=	Batuan
SC	=	Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak
S_d	=	Spektral perpindahan
SD	=	Tanah sedang
S_{D1}	=	Parameter respon spektra percepatan desain pada periode 1 detik
$SDOF$	=	<i>Single degree of freedom system</i>
S_{DS}	=	Parameter respon spektra percepatan desain pada periode pendek
SE	=	Tanah lunak
S_{Ee}	=	Elastik penuh
S_{El}	=	Daktilitas terbatas
S_{Ef}	=	Daktilitas penuh
SF	=	Tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik
$SIDL$	=	<i>Super imposed dead load</i> , ton

S_{MI}	=	Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
S_{MS}	=	Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
S_s	=	parameter respons spektra percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek
T	=	Periode getar fundamental struktur
T	=	Periode, detik
T_o	=	$0,2 \frac{S_{D1}}{S_{Ds}}$
V	=	Gaya geser dasar, ton
W	=	Beban mati bangunan ditambah beban hidup tereduksi, ton
w_i dan w_x	=	Bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
x	=	Jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau
α_1	=	<i>Modal mass coefficient</i> untuk mode pertama
Δ_{roof}	=	<i>Roof displacement</i> , mm
μ_Δ	=	Daktilitas simpangan
ϕ_{i1}	=	Amplitude untuk mode pertama
V_y	=	Gaya geser dasar pada saat terjadi pelelehan pada struktur = Simpangan saat terjadi pelelehan pada struktur
Δt	=	Target peralihan
Δu	=	Simpangan ultimit struktur
Δy	=	Simpangan pada pelelehan pertama struktur