

STUDI MENENTUKAN PARAMETER DAKTILITAS STRUKTUR GEDUNG TIDAK BERATURAN DENGAN ANALISIS PUSHOVER

Diva Gracia Caroline
NRP : 0521041

Pembimbing : Olga Pattipawaej, Ph.D
Pembimbing Pendamping : Yosafat Aji Pranata, ST., MT

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa di Indonesia menjadi suatu hal yang sangat penting mengingat sebagian besar wilayah Indonesia terletak dalam wilayah gempa cukup tinggi. Tren terbaru perencanaan bangunan tahan gempa saat ini adalah perencanaan berbasis kinerja (*Performance-Based Design*). Konsep perencanaan berbasis kinerja merupakan kombinasi dari aspek tahanan dan aspek layan.

Dalam studi ini bangunan pusat perbelanjaan yang terletak di daerah Sumedang, Jawa Barat telah didesain sesuai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung [SNI 1726-2002] dan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung [SNI 03-2847,2002]. Perilaku seismik struktur ini dievaluasi dengan menggunakan analisis statik beban dorong (*static nonlinier/pushover analysis*). Evaluasi dilakukan pada gedung yang berada pada wilayah gempa 4 dengan jenis tanah keras.

Hasil studi menunjukkan analisis beban dorong menghasilkan daktilitas (μ_A) dan faktor reduksi gempa (R) aktual yang lebih kecil daripada μ_A dan R desain, sehingga analisis beban dorong cukup rasional untuk digunakan dalam menentukan daktilitas dan faktor R struktur gedung beton bertulang tidak beraturan. Hasil evaluasi *performanced based design* menunjukkan bahwa seluruh gedung berada dalam kategori *Immediate Occupancy*, resiko korban jiwa dari kegagalan struktur tidak terlalu berarti.

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Wilayah Gempa Indonesia	3
1.3 Bangunan Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa.....	6
1.4 Tujuan Penulisan.....	7
1.5 Ruang Lingkup Penulisan.....	8
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 TINJAUAN LITERATUR	
2.1 Analisis Statik Beban Dorong.....	10
2.2 Daktilitas Peralihan Aktual dan Faktor Reduksi Gempa Aktual..	13
2.2.1 Daktilitas Peralihan Aktual.....	13
2.2.2 Faktor Reduksi Gempa Aktual	14

2.3	Pemodelan Beban	16
2.4	Pemodelan Sendi Plastis.....	17
2.5	Kinerja Batas Layan.....	20
2.6	Kinerja Batas Ultimit.....	21
2.7	P-Delta.....	22
2.8	Evaluasi Tingkat Kinerja Struktur.....	23
2.9	Menentukan Target Peralihan	27
2.9.1	Metode <i>Capacity Spectrum</i> (ATC-40)	27
2.9.2	Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)	28
2.9.3	Metode Koefisien Perpindahan yang Diperbaiki (FEMA 440)	31
2.10	<i>Performance Point</i>	31
2.11	Klasifikasi Tingkat Keamanan.....	32

BAB 3 STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

3.1	Model Struktur	33
3.1.1	Data Struktur	35
3.1.2	Data Material	35
3.1.3	Data Pembebanan	36
3.2	Analisis Statik Beban Dorong dengan <i>Software ETABS</i>	36
3.2.1	Langkah-langkah Analisis	36
3.2.2	Pemodelan Beban	42
3.2.3	Pemodelan Sendi Plastis	45
3.2.4	Analisis Statik Beban Dorong.....	47

3.3	Kurva Kapasitas	49
3.3.1	Gaya Geser Dasar Pertama Kali Leleh (V_y)	57
3.3.2	Daktilitas Peralihan Gedung dan Faktor Reduksi Gempa Aktual.....	65
3.4	Spektrum Kapasitas	66
3.4.1	Metode <i>Capacity Spectrum</i> (ATC-40)	66
3.4.2	Koefisien Perpindahan dengan Metode FEMA 356.....	74
3.4.3	Koefisien Perpindahan dengan Metode FEMA 440.....	76
3.4.4	Gaya Geser Dasar, Peralihan dan <i>Drift</i>	78
 BAB 4 KESIMPULAN DAN SARAN		
4.1	Kesimpulan	81
4.2	Saran	82
DAFTAR PUSTAKA		84
 LAMPIRAN		

DAFTAR NOTASI

- A Percepatan puncak gempa rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukkan untuk analisis respons dinamik linier riwayat waktu struktur gedung
- A_m Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana
- A_0 Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh gempa rencana yang bergantung pada wilayah gempa dan jenis tanah tempat struktur gedung berada
- A_r Pembilang dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C pada Spektrum Respons Gempa Rencana
- C Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana
- C_v Faktor Respons Gempa vertikal untuk mendapatkan beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi
- f Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan beban gempa nominal
- f_l Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung didalam suatu struktur gedung akibat selalu adanya pembebanan dan dimensi penampang serta

kekuatan bahan terpasang yang berlebihan dan nilainya ditetapkan sebesar 1,6

f_2 Faktor kuat lebih struktur akibat kehiperstatikan struktur gedung yang menyebabkan terjadinya redistribusi gaya-gaya oleh proses pembentukan sendi plastis yang tidak serentak bersamaan; rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama

f_s faktor skala untuk modifikasi spektrum respons gempa rencana

g Percepatan gravitasi; dalam subskrip menunjukkan momen yang bersifat momen guling

H Tinggi total gedung (meter)

h_i Tinggi lantai gedung ke-i (meter)

I Faktor keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu penyesuaian umur gedung itu

m Massa gedung ($\text{kg} \cdot \text{det}^2/\text{meter}$)

m_{total} adalah massa gedung total ($\text{kg} \cdot \text{det}^2/\text{meter}$)

m_{base} adalah massa gedung pada massa lantai dasar ($\text{kg} \cdot \text{det}^2/\text{meter}$).

R Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung

daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut; faktor reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan

- T Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung yang kurjanya ditampilkan dalam Spektrum Respons gempa rencana
- V Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan tersebut
- V_d Gaya geser dinamik struktur gedung (kg)
- V_e Pembebanan gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung elastik penuh dalam kondisi di ambang keruntuhan
- V_m Pembebanan gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung dalam kondisi di ambang keruntuhan dengan pengerahan faktor kuat lebih total f yang terkandung di dalam struktur gedung
- V_n Pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal untuk struktur gedung dengan tingkat daktilitas umum; pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_l
- V_s Gaya geser dasar nominal akibat beban gempa yang dipikul oleh suatu jenis subsistem struktur gedung tertentu tingkat dasar

V_t	Gaya geser dasar nominal akibat pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung dan yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respons atau dari hasil analisis respons dinamik riwayat waktu
W_t	Massa gedung dikalikan gravitasi (kg)
μ_{Δ}	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung terjadi pada saat terjadinya pelelehan pertama
α	arah sumbu utama gedung
Δ_e	batasan <i>drift</i> sesuai kinerja batas layan.
Δ_m	batasan <i>drift</i> sesuai kinerja batas ultimit
δ_y	peralihan atap pada saat leleh pertama
δ_u	peralihan atap pada kondisi ultimit

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Wilayah Gempa Indonesia	3
Gambar 1.2 Respons Spektrum Gempa Rencana Wilayah Gempa 4 tanah keras	5
Gambar 2.1 Ilustrasi tingkat kinerja struktur terhadap gempa (ATC 58)	12
Gambar 2.2 <i>Default-P Hinge Properties</i>	17
Gambar 2.3 <i>Default-M3 dan Default-PMM Hinge Properties</i>	18
Gambar 2.4 <i>Default-V2 Hinge Properties</i>	19
Gambar 2.5 Kurva Kapasitas	24
Gambar 2.6 Skematik Prosedur Metode Koefisien Perpindahan	28
Gambar 2.7 Idealisasi kurva <i>force-displacement</i>	30
Gambar 3.1 Tampak samping	34
Gambar 3.2 Tampak atas lantai 1	34
Gambar 3.3 Gambar <i>gridlines</i> untuk pemodelan struktur	36
Gambar 3.4 Data elevasi tiap lantai.....	37
Gambar 3.5 Mendefinisikan properti material	38
Gambar 3.6 Mendefinisikan penampang material	38
Gambar 3.7 Mendefinisikan jumlah luas tulangan nominal	39
Gambar 3.8 Mendefinisikan pelat lantai	39
Gambar 3.9 Menempatkan balok pada <i>gridline</i>	40
Gambar 3.10 Menempatkan kolom pada <i>gridline</i>	40

Gambar 3.11	Mengganti jenis perletakan	41
Gambar 3.12	Menempatkan pelat pada model struktur	41
Gambar 3.13	Mendefinisikan beban statik	42
Gambar 3.14	Mendefinisikan kombinasi pembebanan	43
Gambar 3.15	Memberikan beban merata	43
Gambar 3.16	Memberikan beban terpusat	44
Gambar 3.17	<i>Check</i> kekuatan struktur	44
Gambar 3.18	Pemodelan sendi plastis pada kolom	45
Gambar 3.19	Pemberian sendi plastis pada balok	46
Gambar 3.20	Beban gravitasi pada analisis statik beban dorong	48
Gambar 3.21	Kontrol peralihan	48
Gambar 3.22	Kurva kapasitas gedung arah x ($accx_pdelta$).....	57
Gambar 3.23	Kurva kapasitas arah x ($accx_nopdelta$)	58
Gambar 3.24	Kurva kapasitas arah x ($accx_pdelta_v2$)	59
Gambar 3.25	Kurva kapasitas arah x ($accx_nopdelta_v2$)	60
Gambar 3.26	Kurva kapasitas arah y ($accy_pdelta$)	61
Gambar 3.27	Kurva kapasitas arah y ($accy_nopdelta$).....	62
Gambar 3.28	Kurva kapasitas arah y ($accy_pdelta_v2$).....	63
Gambar 3.29	Kurva kapasitas arah y ($accy_nopdelta_v2$)	64
Gambar 3.30	<i>Capacity Spectrum</i> arah x ($accx_pdelta$).....	66
Gambar 3.31	<i>Capacity Spectrum</i> arah x ($accx_nopdelta$)	67
Gambar 3.32	<i>Capacity Spectrum</i> arah x ($accx_pdelta_v2$)	68
Gambar 3.33	<i>Capacity Spectrum</i> arah x ($accx_nopdelta_v2$).....	69
Gambar 3.34	<i>Capacity Spectrum</i> arah y ($accy_pdelta$).....	70

Gambar 3.35	<i>Capacity Spectrum</i> arah y (accy_nopdelta)	71
Gambar 3.36	<i>Capacity Spectrum</i> arah y (accy_pdelta_v2)	72
Gambar 3.37	<i>Capacity Spectrum</i> arah y (accy_nopdelta_v2).....	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1	Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah untuk Masing-masing Wilayah Gempa Indonesia 4
Tabel 1.2	Respons Gempa Rencana 5
Tabel 2.1	Parameter Daktilitas Struktur Gedung 14
Tabel 2.2	Tingkat kinerja struktur 26
Tabel 2.3	<i>Deformation Limit</i> untuk berbagai macam tingkat kinerja 32
Tabel 3.1	Variasi pemodelan sendi plastis dan efek P-Delta..... 47
Tabel 3.2	Data analisis accx_pdelta..... 50
Tabel 3.3	Data analisis accx_nopdelta..... 51
Tabel 3.4	Data analisis accx_pdelta_v2..... 52
Tabel 3.5	Data analisis accx_nopdelta_v2..... 53
Tabel 3.6	Data analisis accy_pdelta..... 54
Tabel 3.7	Data analisis accy_nopdelta..... 54
Tabel 3.8	Data analisis accy_pdelta_v2..... 55
Tabel 3.9	Data analisis accy_nopdelta_v2..... 56
Tabel 3.10	Daktilitas Peralihan Aktual dan Faktor Reduksi Gempa Aktual . 65
Tabel 3.11	Perbandingan antara perhitungan aktual dengan peraturan..... 65
Tabel 3.12	Hasil Target Peralihan berdasarkan ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440 untuk arah-x 78
Tabel 3.13	Hasil Target Peralihan berdasarkan ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440 untuk arah-y 79

Tabel 3.14	Klasifikasi Tingkat Keamanan	80
------------	------------------------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Tabel 9-6 (ATC-40).....	85
Lampiran 2 Tabel 9-7 (ATC-40).....	86
Lampiran 3 Tabel 9-12 (ATC-40).....	87
Lampiran 4 Tabel 3 (SNI 1726-2002, 2002).....	88
Lampiran 5 Tabel FEMA 356.....	89
Lampiran 6 Tampak Utara dan Timur.....	90
Lampiran 7 Tampak Selatan dan Barat.....	91
Lampiran 8 Detail Balok Lt.UG	92
Lampiran 9 Detail Balok Lt.G	93
Lampiran 10 Detail Balok Lt.1	94
Lampiran 11 Detail Balok Lt. Atap	95
Lampiran 12 Detail Kolom Lt.UG	96
Lampiran 13 Detail Kolom Lt.G	97
Lampiran 14 Detail Kolom Lt.1	98
Lampiran 15 Detail Kolom Lt. Atap	99
Lampiran 16 Detail Penulangan Balok	100
Lampiran 17 Detail Penulangan Balok (lanjutan)	101
Lampiran 18 Detail Penulangan Kolom	102
Lampiran 19 Detail Beban Merata Lt.UG	103
Lampiran 20 Detail Beban Merata Lt.G	104
Lampiran 21 Detail Beban Merata Lt.1	105

Lampiran 22	Detail Beban Merata Lt. Atap	106
Lampiran 23	Detail Beban Terpusat Lt.UG	107
Lampiran 24	Detail Beban Terpusat Lt.G	108
Lampiran 25	Detail Beban Terpusat Lt.1	109
Lampiran 26	Detail Beban Terpusat Lt. Atap	110