

ANALISIS DINAMIK BEBAN GEMPA RIWAYAT WAKTU PADA GEDUNG BETON BERTULANG TIDAK BERATURAN

Edita S. Hastuti
NRP : 0521052

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

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANTHA
BANDUNG

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan dan sebagian besar wilayahnya merupakan daerah rawan gempa. Hampir seluruh bangunan di Indonesia menggunakan konstruksi beton bertulang, sehingga perlu konstruksi bangunan tahan gempa. Pada Tugas Akhir ini gaya gempa diasumsikan bekerja sebagai beban lateral pada struktur gedung. Secara teknis getaran gempa yang sampai pada bangunan diterjemahkan sebagai parameter waktu getar, kecepatan dan percepatan. Perilaku pasca-elastik struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana dikaji dan harus dilakukan analisis respons dinamik nonlinier riwayat waktu dengan suatu akselerogram gempa yang diangkakan sebagai data gerakan tanah. Data ini dimasukkan dalam setiap interval waktu yang dihitung dengan metode integrasi bertahap, dimana percepatan muka tanah asli dari gempa masukan harus diskalakan, sehingga nilai percepatan puncaknya menjadi sama [SNI 1726-2002, 2002].

Dalam Tugas Akhir ini, gedung yang ditinjau merupakan gedung beton bertulang dengan klasifikasi bangunan tidak beraturan berfungsi sebagai rumah sakit yang terdiri dari dua bagian. Beban gempa yang digunakan dalam analisis elastik riwayat waktu adalah rekaman percepatan gempa El-Centro N-S 1940, Pacoima Dam 1971, Bucharest 1977, dan Flores 1992, yang diskalakan intensitasnya terhadap wilayah gempa 4 tanah keras di Indonesia [SNI 1726-2002]. Hasil analisis menunjukkan bahwa akselerogram beban Gempa Flores menghasilkan nilai gaya geser dasar dan peralihan dan *drift* yang paling besar pada kedua bagian gedung.

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	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	4
1.3 Ruang Lingkup Penulisan	5
1.4 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa	8
2.2 Peraturan Gempa Indonesia	11
2.2.1 Wilayah Gempa dan Respon Spektrum	12
2.2.2 Kategori Gedung	14
2.2.3 Struktur Gedung Tidak Beraturan	15
2.2.4 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	17

2.2.5	Kombinasi Pembebanan	18
2.2.6	Pembatasan Penyimpangan Lateral	19
2.3	Pemodelan dan Analisis Struktur Gedung	20
2.4	Analisis Respons Spektrum	21
2.4.1	Kombinasi Modal	22
2.4.2	Kombinasi Arah	23
2.4.3	Faktor Skala	23
2.4.4	<i>Damping</i>	25
2.5	Analisis Respons Dinamik Riwayat Waktu	25
2.5.1	Metode Analisis	26
2.5.2	Tipe Beban	26
2.5.3	Nilai Percepatan Puncak	27
2.6	Rekaman Percepatan Gempa	28
2.7	Skala Intensitas Percepatan Puncak Tanah	33
BAB 3	STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN	34
3.1	Model Gedung	34
3.1.1	Data Struktur	35
3.1.2	Data Material	36
3.1.3	Pembebanan	36
3.2	Analisis Dinamik Respons Spektrum dengan Program <i>ETABS</i>	40
3.3	Analisis Dinamik Riwayat Waktu	48
3.3.1	Perhitungan Faktor Skala Intensitas Percepatan Puncak Tanah	48
3.3.2	Analisis dengan Program <i>ETABS</i>	49

3.4 Pembahasan	50
3.4.1 Gaya Geser Dasar	51
3.4.2 Peralihan	60
3.4.3 <i>Drift</i>	62
BAB 4 KESIMPULAN DAN SARAN	65
4.1 Kesimpulan	65
4.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	69

DAFTAR NOTASI

A	Percepatan puncak Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan 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_o	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 vertical nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi
E	Beban Gempa
E_1	Beban gempa arah-1
E_2	Beban gempa arah-2 (tegak lurus arah-1)
f_s	fskala adalah 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
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 dan penyesuaian umur gedung itu
K	Kekakuan
m	Massa gedung (kg.det ² /meter)
m_{total}	Massa gedung total (kg.det ² /meter)
n	jumlah lantai
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
$r(t)$	Gaya gempa dalam fungsi waktu
T	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana

T_1	Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan maupun tidak beraturan dinyatakan dalam detik
u	Perpindahan
\dot{u}	Kecepatan
\ddot{u}	Percepatan
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 (kg)
V_s	Gaya geser dasar nominal akibat beban gempa yang dipikul oleh suatu jenis subsistem struktur gedung tertentu di 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)
Δ_s	batasan drift sesuai kinerja batas layan
Δ_m	batasan drift sesuai kinerja batas ultimit
ζ (zeta)	Koefisien pengali dari jumlah tingkat stuktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung, bergantung pada wilayah gempa
Σ (sigma)	Tanda penjumlahan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Wilayah gempa Indonesia	2
Gambar 1.2 Skema analisis dinamik riwayat waktu	4
Gambar 1.3 Ilustrasi tingkat kinerja struktur terhadap gempa	5
Gambar 2.1 Respons spektrum gempa rencana wilayah gempa 4 tanah keras	14
Gambar 2.2 Akselerogram gempa El-Centro 1940	30
Gambar 2.3 Akselerogram gempa Pacoima Dam 1971	30
Gambar 2.4 Akselerogram gempa Flores 1992	31
Gambar 2.5 Akselerogram gempa Bucharest 1977	32
Gambar 3.1 Denah titik beban terpusat lantai 4 akibat kanopi atap baja	37
Gambar 3.2 Model tiga dimensi struktur	37
Gambar 3.3 Denah lantai 2	38
Gambar 3.4 Pola gerak vibrasi mode 1 (gedung A)	41
Gambar 3.5 Pola gerak vibrasi mode 2 (gedung A)	42
Gambar 3.6 Pola gerak vibrasi mode 3 (gedung A)	42
Gambar 3.7 Pola gerak vibrasi mode 1 (gedung B)	43
Gambar 3.8 Pola gerak vibrasi mode 2 (gedung B)	44
Gambar 3.9 Pola gerak vibrasi mode 3 (gedung B)	44
Gambar 3.9 <i>Response Spectrum UBC 97 Function Definition (ETABS)</i>	45
Gambar 3.10 <i>Response Spectrum Case Data (ETABS)</i>	46
Gambar 3.11 <i>Time History Function Definition (ETABS)</i>	49

Gambar 3.12	<i>Time History Case Data (ETABS)</i>	50
Gambar 3.13	Gaya geser arah x akibat gempa Bucharest (gedung A)	51
Gambar 3.14	Gaya geser arah y akibat gempa Bucharest (gedung A)	52
Gambar 3.15	Gaya geser arah x akibat gempa El Centro (gedung A)	52
Gambar 3.16	Gaya geser arah y akibat gempa El Centro (gedung A)	53
Gambar 3.17	Gaya geser arah x akibat gempa Flores (gedung A)	53
Gambar 3.18	Gaya geser arah y akibat gempa Flores (gedung A)	54
Gambar 3.19	Gaya geser arah x akibat gempa Pacoima Dam (gedung A)	54
Gambar 3.20	Gaya geser arah y akibat gempa Pacoima Dam (gedung A).....	55
Gambar 3.21	Gaya geser arah x akibat gempa Bucharest (gedung B)	55
Gambar 3.22	Gaya geser arah y akibat gempa Bucharest (gedung B)	56
Gambar 3.23	Gaya geser arah x akibat gempa El Centro (gedung B)	56
Gambar 3.24	Gaya geser arah y akibat gempa El Centro (gedung B)	57
Gambar 3.25	Gaya geser arah x akibat gempa Flores (gedung B)	57
Gambar 3.26	Gaya geser arah y akibat gempa Flores (gedung B)	58
Gambar 3.27	Gaya geser arah x akibat gempa Pacoima Dam (gedung B).....	58
Gambar 3.28	Gaya geser arah y akibat gempa Pacoima Dam (gedung B).....	59
Gambar 3.29	Kurva peralihan (gedung A)	60
Gambar 3.30	Kurva peralihan (gedung B)	61
Gambar 3.31	Kurva <i>drift ratio</i> maksimum (gedung A)	62
Gambar 3.32	Kurva <i>drift ratio</i> maksimum (gedung B)	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah 12
Tabel 2.2	Tabel respons gempa rencana 13
Tabel 2.3	Faktor keutamaan (I) 15
Tabel 2.4	Koefisien ζ 18
Tabel 2.5.	Percepatan puncak tanah asli dan wilayah 4 33
Tabel 3.1.	Dimensi dan ukuran penampang kolom 38
Tabel 3.2.	Ukuran penampang balok 39
Tabel 3.3	<i>Modal Participating Mass Ratio</i> gedung A 41
Tabel 3.4	<i>Modal Participating Mass Ratio</i> gedung B 43
Tabel 3.5	Skala gempa <i>Time History</i> 48
Tabel 3.6	Gaya geser dasar maksimum 59
Tabel 3.7	Peralihan atap maksimum 61
Tabel 3.8	Peralihan maksimum pada lantai 3 61
Tabel 3.9	Rasio <i>Drift</i> anat tingkat 63
Tabel 3.10	<i>Drift</i> maksimum 64

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Tampak Depan dan Belakang	69
Lampiran 2 Tampak Samping	70
Lampiran 3 Denah Balok dan Kolom Basement	71
Lampiran 4 Denah Balok dan Kolom Lantai 1	72
Lampiran 5 Denah Balok dan Kolom Lantai 2	73
Lampiran 6 Denah Balok dan Kolom Lantai 3	74
Lampiran 7 Denah Balok dan Kolom Lantai 4	75
Lampiran 8 Denah Balok dan Kolom Lantai 5 dan 6	76
Lampiran 9 Detail Penulangan Kolom	77
Lampiran 10 Detail Penulangan Kolom (lanjutan).....	78
Lampiran 11 Detail Penulangan Balok Induk	79
Lampiran 12 Detail Penulangan Balok Anak	80
Lampiran 13 Kanopi Atap Baja SAP	81
Lampiran 14 Kanopi Atap Baja (lanjutan)	82
Lampiran 15 <i>Modal Participating Mass Ratio</i> Bagian A& B	83