

ANALISIS DINAMIK RESPON SPEKTRUM DAN RIWAYAT WAKTU UNTUK GEDUNG BETON BERTULANG DUA *TOWER*

**ELIA AYU MEYTA
NRP: 1021024**

Pembimbing: Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, ST., MT.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki daerah rawan gempa, maka diperlukan adanya perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Perencanaan bangunan tahan gempa bertujuan untuk menghasilkan struktur bangunan yang stabil, cukup kuat, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomis dan kemudahan pelaksanaan.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan analisis struktur gedung beton bertulang menggunakan SRPMM dan membandingkan hasil analisis perhitungan beton bertulang dengan metode analisis dinamik respon spektrum dan analisis riwayat waktu dengan rekaman gempa El Centro. Struktur gedung yang akan direncanakan adalah gedung beton bertulang yang memiliki dua *tower* dengan jumlah lantai berbeda yang dihubungkan oleh jembatan penghubung dan berada dalam wilayah gempa 3 dengan kondisi tanah lunak.

Dari hasil analisis gedung yang menggunakan peraturan gempa Indonesia SNI 1726-2002, peraturan beton SNI 03-2847-2002, dan peraturan pembebanan PBI 87 dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *ETABS* maka dapat disimpulkan sebagai berikut: gedung dengan analisis dinamik respon spektrum memiliki *displacement* dan *drift* lebih besar dibandingkan dengan gedung dengan analisis riwayat waktu, gedung dengan analisis riwayat waktu memiliki jumlah tulangan balok lebih banyak dibandingkan dengan analisis respon spektrum dan memiliki jumlah tulangan kolom yang sama untuk gedung dengan analisis dinamik respon spektrum dan analisis riwayat waktu.

Kata kunci: SNI 1726-2002, SNI 03-2847-2002, Beton Bertulang, Gempa

ANALYSIS OF DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM AND TIME HISTORY FOR TWO REINFORCED CONCRETE TOWER BUILDING

ELIA AYU MEYTA

NRP: 1021024

Supervisor: Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia is a country that has a earthquake prone area, it is necessary to design earthquake resistant structures. Planning construction of earthquake-resistant building structure aims to produce a stable, strong, durable, and meet other objectives such as economic and ease of implementation.

The purpose of this final project is to analyze the structure of reinforced concrete buildings using SRPMM and compare the results of the analysis of reinforced concrete calculation methods of dynamic analysis with response spectrum and time history analysis with a recording El Centro earthquake. Structure building is planned to be reinforced concrete building which has two tower with a number of different floors are connected by a bridge and is located in seismic zone 3 with soft soil conditions.

From the analysis of building using regulations Indonesia SNI 1726-2002, SNI 03-2847-2002 concrete rules, and rules of load PBI 87 using ETABS software support, it can be summed up as follows: building with dynamic analysis response spectrum has a displacement and drift larger than the building with time history analysis, building with time history analysis has a number of reinforcement beam more than the response spectrum analysis and has the same number of column reinforcement for building the dynamic response spectrum analysis and time history analysis

Keywords: SNI 1726-2002, SNI 03-2847-2002, Reinforced Concrete, Earthquake

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Penelitian	v
Pernyataan Publikasi Laporan Penelitian	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Notasi	xvii
Daftar Lampiran	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Sistematika Penelitian	3
1.5 Lisensi Perangkat Lunak	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN LITERATUR	6
2.1 Material Penyusun Struktur	6
2.1.1 Beton	6
2.1.2 Baja Tulangan	9
2.1.3 Beton Bertulang	10
2.2 Bangunan Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa	10
2.3 Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung	11
2.3.1 Beban Gravitasi	12
2.3.2 Beban Gempa	13
2.4 Peraturan Bangunan Tahan Gempa SNI 1726-2002	14
2.4.1 Faktor Keutamaan	14
2.4.2 Wilayah Gempa dan Respons Spektrum	15
2.4.3 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan	18
2.4.4 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	19
2.4.5 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma	23
2.4.6 Pembatasan Penyimpangan Lateral	23
2.4.7 Struktur Atas dan Struktur Bawah	24
2.4.8 Kekakuan Struktur	24
2.4.9 Analisis Dinamik Bangunan Gedung Tahan Gempa	25
2.4.9.1 Analisis Dinamik Respons Spektrum (<i>Spectral Modal Analysis</i>)	27

2.4.9.2 Analisis Respons Dinamik Riwayat Waktu (<i>Time History Analysis</i>).....	29
2.4.9.3 Perilaku Dinamik Gempa pada Bangunan Tinggi.....	32
2.5 Peraturan Beton Berdasarkan SNI 03-2847-2002.....	34
2.5.1 Pelindung Beton untuk Tulangan.....	34
2.5.2 Ketentuan Mengenai Kekuatan dan Kemampuan Layan.....	34
2.5.2.1 Kuat Perlu.....	34
2.5.2.2 Kuat Rencana	35
2.5.3 Tulangan Minimum pada Komponen Struktur Lentur.....	35
2.5.4 Kuat Geser.....	36
2.5.5 Perencanaan Untuk Puntir.....	38
2.5.6 Ketentuan Khusus untuk Perencanaan Gempa	40
2.5.7 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).....	42
2.5.7.1 Ketentuan-ketentuan Umum untuk SRPMM	42
2.5.7.2 Persyaratan <i>Detailing</i> Komponen Lentur SRPMM	43
2.5.7.3 Persyaratan <i>Detailing</i> Komponen Kolom dan Join SRPMM	44
2.5.8 Sistem Ganda Beton Bertulang (<i>Dual System</i>)	47
2.6 Bangunan Tinggi 2 Tower dengan Jembatan Penghubung.....	49
2.7 Perangkat Lunak <i>ETABS</i>	50
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN	51
3.1 Data Struktur	51
3.1.1 Data Gedung.....	52
3.1.2 Data Material.....	52
3.2 Pemodelan Struktur Gedung	58
3.3 Analisis Dinamik Respon Spektrum berdasarkan SNI 1726-2002.....	90
3.3.1 Memasukkan Input Respon Dinamik.....	90
3.3.2 Faktor Skala dan Arah Utama.....	91
3.3.3 Pembahasan Hasil Analisis Dinamik Respon Spektrum.....	97
3.4 Analisis Respon Dinamik Riwayat Waktu berdasarkan SNI 1726-2002...	102
3.4.1 Memasukkan Input Respon Dinamik Riwayat Waktu.....	102
3.4.2 Faktor Skala	105
3.4.3 Pembahasan Hasil Analisis Respon Dinamik Riwayat Waktu	106
3.5 Pembahasan Hasil Analisis	113
3.5.1 Waktu Getar Alami dan Gaya Geser Dasar	113
3.5.2 Peralihan dan <i>Drift</i>	114
3.5.3 Beban Geser Dasar Ekuivalen dengan Analisis Respon Spektrum dan Analisis Riwayat Waktu	122
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	127
4.1 Kesimpulan	127
4.2 Saran.....	128
Daftar Pustaka.....	129
Lampiran	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerusakan Hotel Ambacang akibat gempa di Padang, Sumatera Barat, Rabu (30/09/2009)	1
Gambar 1.2	Bangunan gedung bertingkat dengan 2 <i>Tower</i>	2
Gambar 1.3	Gedung <i>The Peak Tower</i> di jalan Sudirman, Jakarta	2
Gambar 1.4	Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir	5
Gambar 2.1	Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Batuan Dasar dengan Periode Ulang 500 Tahun [SNI 1726-2002]	16
Gambar 2.2	Respons Spektrum Gempa Rencana [SNI 1726-2002]	16
Gambar 2.3	Riwayat Waktu Gempa El Centro di California.....	31
Gambar 2.4	Kerusakan Struktur Kolom pada Sendi Plastis Akibat Gempa El Centro	32
Gambar 2.5	Kerusakan Struktur Total Bangunan Akibat Gempa El Centro	32
Gambar 2.6	Gambaran Skematik Gaya Gempa [Taranath 2010]	33
Gambar 2.7	Gaya Lintang Rencana untuk SRPMM [SNI 03-2847-2002]	43
Gambar 2.8	Diagram Alir Penulangan Balok SRPMM	45
Gambar 2.9	Diagram Alir Penulangan Kolom SRPMM.....	46
Gambar 2.10	Struktur Sistem Ganda.....	47
Gambar 2.11	Struktur Gabungan <i>Frame</i> dengan Dinding Geser.....	48
Gambar 2.12	Contoh Gambar Gedung dengan Jembatan Penghubung	49
Gambar 3.1	Denah Lantai <i>Basement</i> 1-3 dan <i>Mall</i>	54
Gambar 3.2	Denah Lantai <i>Apartement</i> dan Kantor (tanpa <i>skybridge</i>)	55
Gambar 3.3	Denah Lantai <i>Apartement</i> dan Kantor (dengan <i>skybridge</i>)	56
Gambar 3.4	Gambar (a) Gedung A dan (b) Gedung B	57
Gambar 3.5	Gambar (a) Gedung C dan (b) Gedung D	57
Gambar 3.6	Tampilan <i>New Model Initialization</i>	58
Gambar 3.7	Tampilan Pembuatan <i>Grid</i>	59
Gambar 3.8	<i>Define Grid Data</i>	59
Gambar 3.9	Tampilan <i>Grid Data</i>	60
Gambar 3.10	<i>Define Materials</i>	60
Gambar 3.11	<i>Input Data</i> Properti Material (Lantai <i>Basement</i> dan <i>Mall</i>)	61
Gambar 3.12	<i>Input Data</i> Properti Material (Lantai 1-5)	61
Gambar 3.13	<i>Input Data</i> Properti Material (Lantai 6-10)	61
Gambar 3.14	<i>Input Data</i> Properti Material (Lantai 11-15)	62
Gambar 3.15	<i>Input Data</i> Properti Material (Lantai 16-20)	62
Gambar 3.16	Mendefinisikan Jenis Balok dan Kolom	63
Gambar 3.17	<i>Input</i> Dimensi Balok Induk A	64
Gambar 3.18	<i>Input</i> Dimensi Balok Induk B.....	64
Gambar 3.19	<i>Input</i> Dimensi Balok Anak.....	64
Gambar 3.20	<i>Input</i> Dimensi Balok Induk Jembatan	65
Gambar 3.21	<i>Input</i> Dimensi Balok Anak Jembatan.....	65
Gambar 3.22	<i>Input</i> Dimensi Kolom A Lantai <i>Basement</i> dan <i>Mall</i>	65
Gambar 3.23	<i>Input</i> Dimensi Kolom A Lantai 1-5.....	66
Gambar 3.24	<i>Input</i> Dimensi Kolom A Lantai 6-10.....	66

Gambar 3.25	<i>Input Dimensi Kolom A Lantai 11-15</i>	66
Gambar 3.26	<i>Input Dimensi Kolom A Lantai 16-20</i>	67
Gambar 3.27	<i>Input Dimensi Kolom B Lantai Basement dan Mall</i>	67
Gambar 3.28	<i>Input Dimensi Kolom B Lantai 1-5</i>	67
Gambar 3.29	<i>Input Dimensi Kolom B Lantai 6-10</i>	68
Gambar 3.30	<i>Input Dimensi Kolom B Lantai 11-15</i>	68
Gambar 3.31	<i>Input Dimensi Kolom B Lantai 16-20</i>	68
Gambar 3.32	<i>Reinforcement Data Untuk Kolom</i>	69
Gambar 3.33	<i>Reinforcement Data Untuk Balok</i>	69
Gambar 3.34	<i>Input Dimensi Pelat Lantai Atap</i>	70
Gambar 3.35	<i>Input Dimensi Pelat Lantai</i>	70
Gambar 3.36	<i>Input Dimensi Jalur Mobil</i>	70
Gambar 3.37	<i>Input Dimensi Shearwall</i>	71
Gambar 3.38	Pemasangan Perletakan	71
Gambar 3.39	Model Struktur Gedung A Tiga Dimensi	72
Gambar 3.40	Model Struktur Gedung B Tiga Dimensi	72
Gambar 3.41	Model Struktur Gedung C Tiga Dimensi	73
Gambar 3.42	Model Struktur Gedung D Tiga Dimensi	73
Gambar 3.43	Membuat <i>Rigid Diaphragm</i> Pada Pelat.....	74
Gambar 3.44	<i>Assign Diaphragm</i>	74
Gambar 3.45	<i>Rigid Diaphragm</i> Pada Tiap Pelat	74
Gambar 3.46	Mendefinisikan <i>Static Load Case</i>	75
Gambar 3.47	<i>Input Beban Super Dead Load</i> Pada Pelat Atap.....	78
Gambar 3.48	<i>Input Beban Super Dead Load</i> Pada Pelat <i>Basement</i> 1-3.....	78
Gambar 3.49	<i>Input Beban Super Dead Load</i> Pada Pelat <i>Mall</i> dan Lantai 1-19.....	79
Gambar 3.50	<i>Input Beban Live Load</i> Pada Pelat Atap.....	79
Gambar 3.51	<i>Input Beban Live Load</i> Pada Pelat Lantai Kantor dan Apartement.....	79
Gambar 3.52	<i>Input Beban Live Load</i> Pada Pelat Lantai Balkon.....	80
Gambar 3.53	<i>Input Beban Live Load</i> Pada Pelat Lantai <i>Basement</i> 1	80
Gambar 3.54	<i>Input Beban Live Load</i> Pada Pelat Lantai <i>Basement</i> 2-3	80
Gambar 3.55	<i>Input Beban Super Dead Load</i> Pada Balok.....	81
Gambar 3.56	<i>Define Load Combinations</i>	81
Gambar 3.57	Tampilan <i>Input</i> Kombinasi Pembebanan	82
Gambar 3.58	<i>Analysis Property Modification Factors</i> Gedung B.....	88
Gambar 3.59	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan Gedung B	88
Gambar 3.60	<i>Special Seismic Load Effect</i> Gedung B	89
Gambar 3.61	<i>Dynamic Analysis Parameters</i> Gedung B	89
Gambar 3.62	<i>Response Spectrum Function</i> Gedung B	90
Gambar 3.63	<i>Response Spectrum Cases</i> Gedung B.....	91
Gambar 3.64	<i>Run Analysis</i> Gedung B.....	91
Gambar 3.65	<i>Response Spectra</i> Gedung B	95
Gambar 3.66	Tampilan <i>Response Spectrum Cases</i> dengan nilai α untuk V_{dx} dan V_{dy} saling mendekati	96
Gambar 3.67	Hasil <i>Response Spectrum Base Reaction</i> Gedung B	96
Gambar 3.68	<i>Point Displacement</i> Maksimum Gedung B.....	98
Gambar 3.69	<i>Time History Function</i> Gedung B	103

Gambar 3.70	<i>Time History Case</i> Gedung B.....	103
Gambar 3.71	Mendefinisikan <i>Load Combination</i> Gedung B.....	104
Gambar 3.72	<i>Run Analysis</i> Gedung B.....	105
Gambar 3.73	<i>Input</i> Faktor Skala <i>Time History</i> Gedung B.....	106
Gambar 3.74	<i>Time History Display Definition Point</i> 235 Gedung B	106
Gambar 3.75	<i>Time History Point Function</i> Gedung B.....	107
Gambar 3.76	<i>Time History Function Display Point</i> 235 Gedung B	107
Gambar 3.77	<i>Base Functions</i> Gedung B	108
Gambar 3.78	<i>Time History Display Definition Base Shear X dan Y</i> Gedung B.....	108
Gambar 3.79	<i>Base Shear X</i> Gedung B.....	108
Gambar 3.80	<i>Base Shear Y</i> Gedung B.....	109
Gambar 3.81	Grafik Hubungan <i>Displacement</i> ARS dan ARW arah x dengan Lantai (Gedung B)	115
Gambar 3.82	Grafik Hubungan <i>Displacement</i> ARS dan ARW arah y dengan Lantai (Gedung B)	117
Gambar 3.83	Grafik Hubungan <i>Drift</i> Δ_s antar tingkat ARS dan ARW arah x (mm) dengan Lantai (Gedung B)	119
Gambar 3.84	Grafik Hubungan <i>Drift</i> Δ_m antar tingkat ARS dan ARW arah x (mm) dengan Lantai (Gedung B)	119
Gambar 3.85	Grafik Hubungan <i>Drift</i> Δ_s antar tingkat ARS dan ARW arah y (mm) dengan Lantai (Gedung B)	121
Gambar 3.86	Grafik Hubungan <i>Drift</i> Δ_m antar tingkat ARS dan ARW arah y (mm) dengan Lantai (Gedung B)	121
Gambar 3.87	Grafik Hubungan Gaya Geser arah x dan arah y ARS dengan Lantai	123
Gambar 3.88	Grafik Hubungan Gaya Geser arah x dan arah y ARW dengan Lantai	126

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	12
Tabel 2.2	Beban Hidup pada Lantai Gedung	13
Tabel 2.3	Faktor Keutamaan (I) untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan.....	15
Tabel 2.4	Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah untuk Masing-masing Wilayah Gempa Indonesia	15
Tabel 2.5	Spektrum Respons Gempa Rencana	18
Tabel 2.6	Koefisien ζ yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung [SNI 1726-2002].....	20
Tabel 2.7	Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan Lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsystem Struktur Gedung SNI 1726-2002	20
Tabel 2.8	Tabel Selimut Beton Minimum Beton Bertulang	34
Tabel 2.9	Reduksi Kekuatan (ϕ) [SNI 03-2847-2002].....	35
Tabel 3.1	Waktu Getar Alami 4 Model Gedung	82
Tabel 3.2	<i>Model Participating Mass Ratio</i> Gedung B.....	83
Tabel 3.3	<i>Center Mass Rigidity</i> Gedung B	85
Tabel 3.4	Berat Struktur Gedung B.....	86
Tabel 3.5	<i>Respons Spectrum Base Reaction</i>	93
Tabel 3.6	<i>Point Displacement Point 235</i>	97
Tabel 3.7	Kinerja Batas Layan Arah x.....	98
Tabel 3.8	Kinerja Batas Layan Arah y.....	99
Tabel 3.9	Kinerja Batas Ultimit Arah x	100
Tabel 3.10	Kinerja Batas Ultimit Arah y	101
Tabel 3.11	Kombinasi Pembebanan (<i>Load Combination</i>)	104
Tabel 3.12	Kinerja Batas Layan Arah x.....	109
Tabel 3.13	Kinerja Batas Layan Arah y.....	110
Tabel 3.14	Kinerja Batas Ultimit Arah x	111
Tabel 3.15	Kinerja Batas Ultimit Arah y	112
Tabel 3.16	Waktu Getar Alami	113
Tabel 3.17	Gaya Geser Dasar.....	114
Tabel 3.18	Peralihan (<i>Displacement</i>) Arah x.....	114
Tabel 3.19	Peralihan (<i>Displacement</i>) Arah y.....	116
Tabel 3.20	<i>Drift</i> Δ_s dan <i>Drift</i> Δ_m Antar Tingkat Arah x	117
Tabel 3.21	<i>Drift</i> Δ_s dan <i>Drift</i> Δ_m Antar Tingkat Arah y	120
Tabel 3.22	Beban Geser Dasar Statik Ekuivalen ARS arah x dan y.....	122
Tabel 3.23	Beban Geser Dasar Statik Ekuivalen ARW arah x	124
Tabel 3.24	Beban Geser Dasar Statik Ekuivalen ARW arah y	125

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	Luas penampang beton yang menahan geser dari segmen dinding horisontal, mm ²
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_{oh}	Luas daerah yang dibatasi oleh lintasan aliran geser, mm ²
A_s	Luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
A_{sh}	Luas tulangan geser untuk menahan geser pada konsol
$A_{s.min}$	Luas minimum tulangan lentur, mm ²
$A_{s.max}$	Luas tulangan maksimum yang diperlukan
A_{st}	Luas total tulangan longitudinal (batang tulangan atau baja profil), mm ²
A_v	Luas tulangan, mm ²
b	Lebar muka tekan komponen struktur, mm
b_w	Lebar badan, mm
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_a	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_b	Jarak garis berat penampang ke tepi bawah
c_t	Jarak garis berat penampang ke tepi atas
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.

- C_1 Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.
- d Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
- d_c Tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat, mm
- DL Beban mati, berat bagian gedung yang bersifat tetap
- d_t Jarak dari serat tekan terluar ke baja tarik terjauh, mm
- e Eksentrisitas teoretis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan kondisi elastik penuh.
- E_c Modulus elastisitas beton
- E_s dan beban gempa nominal.
struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama.
- f'_c Kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa
- f_y Kuat leleh tulangan yang disyaratkan, MPa
- g Percepatan gravitasi
- 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.
- I_1 Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.
- I_2 Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.
- LL Beban hidup (terjadi akibat penggunaan suatu bangunan)
- l_n Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif.

l_o	Panjang minimum dari muka join sepanjang sumbu komponen struktur
M_n	Momen nominal suatu penampang unsur struktur gedung
M_u	Momen terfaktor pada penampang
n	Nomor lantai tingkat paling atas (lantai puncak); jumlah lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan besaran nominal.
N_u	Beban aksial terfaktor, N
P_{cp}	Keliling luar penampang beton, mm
P_h	Keliling dari garis pusat tulangan sengkang torsi terluar untuk tarik, mm
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.
s	Spasi tulangan geser, mm
SDL	Beban mati tambahan
s_{max}	Spasi maksimum tulangan geser, mm
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
T_n	Kuat momen puntir nominal
T_u	Momen puntir terfaktor pada penampang
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_c	Kuat geser nominal yang dipikul oleh beton

V_u	Gaya lintang horizontal terfaktor pada suatu lantai
V_x	Gaya geser dasar nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal yang bekerja dalam arah sumbu-x di tingkat dasar struktur gedung tidak beraturan.
V_y	Gaya geser dasar nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal yang bekerja dalam arah sumbu-y di tingkat dasar struktur gedung tidak beraturan.
V_l	Gaya geser dasar nominal yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung tidak beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung.
W_t	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
\emptyset	Diameter baja tulangan
α	Rasio kekakuan lentur penampang balok bertahap kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok
γ_{beton}	Berat jenis beton
Δ	Simpangan antar lantai tingkat desain
Δ_m	Rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan
ξ	Koefisien yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung berdasarkan SNI 1726-2002
ρ	rasio tulangan tekan non-prategang
ρ_b	rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang
ϕ	Faktor reduksi kekuatan
ϕ_s	Faktor reduksi kekuatan geser

DAFTAR LAMPIRAN

L1	Brosur <i>Lift Hyundai Elevator</i>	131
	Gambar L.1.1 Brosur <i>Lift Hyundai</i>	133
L2	Peta Gempa SNI 1726-2002	134
	Gambar L.2.1 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar dengan Perioda Ulang 500 Tahun	135
L3	<i>Preliminary Design</i>	136
	Tabel L.3.1 <i>Preliminary Design</i> Dimensi Balok Induk	137
	Tabel L.3.2 <i>Preliminary Design</i> Dimensi Balok Anak	138
L4	Penulangan Balok dan Kolom SRPMM Analisis Respon Spektrum dan Analisis Riwayat Waktu.....	139
	Gambar L.4.1 Balok yang ditinjau (tampak atas)	140
	Gambar L.4.2 Balok yang ditinjau (tampak samping)	140
	Gambar L.4.3 Diagram Momen Balok dengan Nilai Momen Negatif Terbesar.....	142
	Gambar L.4.4 Diagram Momen Balok dengan Nilai Momen Positif Terbesar.....	143
	Gambar L.4.5 Diagram Momen Balok dengan Nilai Momen Tengah Bentang	143
	Gambar L.4.6 Diagram Gaya Geser dengan Nilai Reaksi Geser di Ujung Kiri dan Kanan Balok	160
	Gambar L.4.7 Diagram Geser $1,2D + 1,0L \pm 2,0E$ (Satuan Nmm).....	161
	Gambar L.4.8 Diagram Geser $0,9D \pm 2,0E$ (Satuan Nmm).....	162
	Gambar L.4.9 Diagram Torsi Balok yang Ditinjau.....	167
	Gambar L.4.10 Kolom yang ditinjau (tampak samping).....	169
	Gambar L.4.11 <i>General Information</i>	171
	Gambar L.4.12 <i>Material Properties</i>	172
	Gambar L.4.13 <i>Rectangular Section</i>	172
	Gambar L.4.14 <i>Reinforcing Bars Database</i>	172
	Gambar L.4.15 <i>All Sides Equal</i>	173
	Gambar L.4.16 <i>Factored Loads</i>	173
	Gambar L.4.17 <i>Execute</i>	173
	Gambar L.4.18 Diagram Interaksi Kolom (hasil perhitungan dengan Menggunakan <i>PcaCol v.3.63</i>	174
	Gambar L.4.19 Balok yang ditinjau (tampak atas)	178
	Gambar L.4.20 Balok yang ditinjau (tampak samping)	178
	Gambar L.4.21 Diagram Momen Balok dengan Nilai Momen Negatif Terbesar.....	181
	Gambar L.4.22 Diagram Momen Balok dengan Nilai Momen Positif Terbesar.....	181
	Gambar L.4.23 Diagram Momen Balok dengan Nilai Momen Tengah Bentang	182
	Gambar L.4.24 Diagram Gaya Geser dengan Nilai Reaksi Geser di Ujung Kiri dan Kanan Balok	198
	Gambar L.4.25 Diagram Geser $1,2D + 1,0L \pm 2,0E$ (Satuan Nmm).....	200

Gambar L.4.26	Diagram Geser $0,9D \pm 2,0E$ (Satuan Nmm).....	200
Gambar L.4.27	Diagram Torsi Balok yang Ditinjau.....	205
Gambar L.4.28	Kolom yang ditinjau (tampak samping).....	208
Gambar L.4.29	Diagram Interaksi Kolom (hasil perhitungan dengan Menggunakan <i>PcaCol</i> v.3.63	210
Gambar L.4.30	Gambar Penulangan Balok SRPMM (Analisis Respon Spektrum).....	215
Gambar L.4.31	Gambar Penulangan Balok SRPMM (Analisis Riwayat Waktu).....	216
Gambar L.4.32	Gambar Penulangan Kolom SRPMM (Analisis Respon Spektrum dan Analisis Riwayat Waktu).....	216
Tabel L.4.1	Nilai Momen dan Diagram Geser Balok 1867	141
Tabel L.4.2	Momen-Momen pada Balok 1867 Akibat Beban Gravitasi dan Seismik	142
Tabel L.4.3	Penulangan dan Kapasitas Momen Penampang Kritis Balok	159
Tabel L.4.4	Gaya-gaya Terfaktor pada Kolom	170
Tabel L.4.5	Nilai Momen dan Diagram Geser Balok 1867	179
Tabel L.4.6	Momen-Momen pada Balok 1867 Akibat Beban Gravitasi dan Seismik	180
Tabel L.4.7	Penulangan dan Kapasitas Momen Penampang Kritis Balok	197
Tabel L.4.8	Gaya-gaya Terfaktor pada Kolom	208
Tabel L.4.9	Hasil Penulangan Balok (Analisis Respon Spektrum).....	214
Tabel L.4.10	Hasil Penulangan Balok (Analisis Riwayat Waktu)	214
Tabel L.4.11	Hasil Penulangan Kolom (Analisis Respon Spektrum)	214
Tabel L.4.12	Hasil Penulangan Kolom (Analisis Riwayat Waktu).....	215
L5	Presentase Beban Lateral yang Diterima <i>Shearwall</i>	217
Tabel L.5.1	<i>Support Reaction</i> pada <i>Shearwall</i> (Newton)	218
Tabel L.5.2	<i>Support Reaction</i> pada Kolom (Newton)	219
L6	Nilai Eksentrisitas	222
Tabel L.6.1	Perhitungan Eksentrisitas Arah x.....	223
Tabel L.6.2	Perhitungan Eksentrisitas Arah y.....	224