

ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG 10 LANTAI TAHAN GEMPA PENAHAN MOMEN MENENGAH (SRPMM)

Dian Ferani Rompas
NRP : 0521013

Pembimbing : Ny. Winarni Hadipratomo, Ir.

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG**

ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah gempa. Karena itu diperlukan desain bangunan dengan struktur yang tahan gempa. Dalam mendesain bangunan struktur beton bertulang yang tahan gempa, diperlukan peraturan-peraturan yaitu “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 03-1726-2002” dan “Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2002”.

Di dalam Tugas Akhir ini, akan dibahas analisis dan desain tahan gempa untuk daerah dengan resiko gempa yang tinggi, sehingga harus menggunakan **Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah**. Bentuk kolom yang digunakan yaitu lingkaran dengan diameter 1500 mm, untuk balok induk persegi 450/700 mm, untuk balok anak ukuran 350/600 mm, dan pelat ukuran 120 mm. Respon spektrum yang dipakai sesuai wilayah 4 tanah keras yaitu $C_a = 0.24$, $C_v = 0.3$. Program ETABS menghasilkan tulangan lentur dan geser balok dan kolom.

Tulangan lentur yang digunakan untuk balok induk dan balok anak adalah diameter 22, sedangkan untuk kolom digunakan diameter 25 mm. Untuk tulangan geser balok diperoleh D10-200 mm, sedangkan tulangan geser kolom diperoleh D10-120 mm.

**ANALYSIS AND DESIGN OF 10 STORIES EARTHQUAKE
RESISTANCE REINFORCED CONCRETE BUILDING
STRUCTURE BY SRPMM (MEDIUM MOMENT RESISTING
FRAME SYSTEM)**

**Dian Ferani Rompas
NRP : 0521013**

Advisor : Ny. Winarni Hadipratomo, Ir.

**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
MARANATHA CHRISTIAN UNIVERSITY
BANDUNG**

ABSTRACT

Indonesia is an earthquake risk country. Therefore, building structures should comply the earthquake code, that is “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002” and “Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002”. In the code, there are 3 types of framing systems to be chosen in analyzing the structure. The framing system chosen depends on the earthquake risk level.

In this paper, the building was located at high earthquake risk zone, so that **Medium Moment Resisting Frame System** was applied. The column section is circle shape of 1500 mm diameter, the main girder is 450/700 mm, the secondary beam is 350/600 mm, and the slab thickness is 120 mm. The earthquake coefisien of the response spectra for earthquake zone #4 on hard soil is $C_a = 0.24$, $C_v = 0.3$. Flexural reinforcements and stirrups for the beams and columns were obtain from the output of ETABS.

D22 reinforcement is applied for the beams flexural reinforcement, while D25 is for the columns. The stirrups are D10-200 mm and D10-120 mm for the beams and columns respectively.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Prakata	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Notasi dan Singkatan	xviii
Daftar Lampiran	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	1
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Wilayah gempa dan spektrum respons	3
2.2 Faktor-faktor yang menentukan beban gempa	8
2.2.1 Faktor f_1 dan f_2	8
2.2.2 Koefisien gempa dasar (C)	10
2.2.3 Faktor keutamaan (I)	10
2.3 Faktor daktilitas	11
2.4 Arah pembebanan gempa	18
2.5 Analisis dinamik ragam spektrum respons	18
2.6 Ketentuan mengenai kekuatan dan kemampuan layan	19
2.6.1 Kinerja batas layan	19

2.6.2	Kinerja batas ultimit	19
2.6.3	Kuat perlu	20
2.7	Perencanaan dengan daktilitas terbatas pada Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	21
BAB III	STUDI KASUS	25
3.1	Data bahan dan struktur gedung	25
3.2	Prosedur pemodelan struktur gedung 3D dengan ETABS	29
3.3	Perhitungan faktor skala untuk <i>design control</i>	74
3.4	Pemeriksaan simpangan lateral dan simpangan antar tingkat	75
3.5	Analisis struktur	79
3.6	<i>Preliminary</i> Desain balok	79
3.7	<i>Preliminary</i> Desain pelat	80
3.8	<i>Preliminary</i> Desain kolom	81
BAB VI	PEMBAHASAN	83
4.1	Hasil Analisis Struktur dan Desain Bangunan	83
4.1.1	Analisis Penulangan Balok Induk	85
4.2.2	Analisis Penulangan Kolom	97
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	103
4.1	Kesimpulan	103
4.2	Saran	104
	Daftar Pustaka	105
	Lampiran	106

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Wilayah gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun	5
Gambar 2.2 Respons spektrum gempa rencana	6
Gambar 2.3 Tahap-tahap penting pada kurva hubungan beban defleksi lateral suatu gedung	9
Gambar 2.4 Gaya geser rencana	22
Gambar 3.1 Denah bangunan Lantai 1 sampai 10	26
Gambar 3.2 Portal 4 _(A,H)	27
Gambar 3.3 Bangunan dalam 3 dimensi	28
Gambar 3.4 <i>Building Plan Grid System and Story Data Definition</i>	29
Gambar 3.5 <i>Edit Story Data</i>	30
Gambar 3.6 <i>Material Property Data</i>	30
Gambar 3.7 <i>Define Frame Properties</i>	31
Gambar 3.8 <i>Rectangular Section</i>	31
Gambar 3.9 <i>Reinforcement Data</i>	32
Gambar 3.10 <i>Rectangular Section</i>	32
Gambar 3.11 <i>Define Frame Properties</i>	33
Gambar 3.12 <i>Circle Section</i>	33
Gambar 3.13 <i>Reinforcement Data</i>	34
Gambar 3.14 <i>Circle Section</i>	34

Gambar 3.15	<i>Wall / Slab Section</i>	35
Gambar 3.16	<i>Define Static Load Cases</i>	35
Gambar 3.17	<i>Define Load Combinations</i>	36
Gambar 3.18	<i>Load Combinations Data (Comb 2)</i>	37
Gambar 3.19	<i>Define Load Combinations</i>	37
Gambar 3.20	<i>Load Combinations Data (Comb 3)</i>	38
Gambar 3.21	<i>Define Load Combinations</i>	38
Gambar 3.22	<i>Load Combinations Data (Comb 5)</i>	39
Gambar 3.23	<i>Define Mass Source</i>	39
Gambar 3.24	<i>Assign Restraints</i>	40
Gambar 3.25	<i>Assign Diaphragm</i>	40
Gambar 3.26	<i>Uniform Surface Loads (SDL)</i>	41
Gambar 3.27	<i>Uniform Surface Loads (LL)</i>	41
Gambar 3.28	<i>User Seismic Loading</i>	46
Gambar 3.29	<i>User Seismic Loading</i>	46
Gambar 3.30	<i>User Seismic Loading</i>	49
Gambar 3.31	<i>User Seismic Loading</i>	49
Gambar 3.32	<i>Analysis Property Modification Factors</i>	50
Gambar 3.33	<i>Define Static Load Cases</i>	50
Gambar 3.34	Respons Spektrum Gempa Rencana Wilayah 4	51
Gambar 3.35	<i>Response Spectrum UBC97 Function Definition</i>	51
Gambar 3.36	<i>Response Spectrum Case Data</i>	52
Gambar 3.37	<i>Response Spectrum Case Data</i>	53

Gambar 3.38	<i>Special Seismic Data for Design</i>	54
Gambar 3.39	<i>Analysis Option</i>	54
Gambar 3.40	<i>Dynamic Analysis Option</i>	55
Gambar 3.41	<i>P-Delta Parameters</i>	55
Gambar 3.42	<i>Response Spectrum Case Data</i>	57
Gambar 3.43	<i>Response Spectrum Case Data</i>	57
Gambar 3.44	<i>Response Spectrum Case Data</i>	63
Gambar 3.45	<i>Response Spectrum Case Data</i>	63
Gambar 3.46	<i>Response Spectrum Case Data</i>	64
Gambar 3.47	<i>Define Load Combinations</i>	65
Gambar 3.48	<i>Load Combinations Data (Comb 2)</i>	65
Gambar 3.49	<i>Define Load Combinations</i>	66
Gambar 3.50	<i>Load Combinations Data (Comb 3)</i>	66
Gambar 3.51	<i>Define Load Combinations</i>	67
Gambar 3.52	<i>Load Combinations Data (Comb 5)</i>	67
Gambar 3.53	<i>Concrete Frame Design Preferences</i>	68
Gambar 3.54	<i>Concrete Frame Design Overwrites</i>	68
Gambar 3.55	<i>User Seismic Loading</i>	71
Gambar 3.56	<i>Override Eccentricities</i>	71
Gambar 3.57	Balok Induk dan Kolom yang ditinjau	73
Gambar 3.58	Balok Anak yang ditinjau	74
Gambar 4.1	Denah bangunan Lantai 1 sampai 10	83
Gambar 4.2	Portal 4 _(A,H)	84

Gambar 4.3	Portal A-H	85
Gambar 4.4	Balok Induk yang ditinjau	86
Gambar 4.5	Luas Tulangan Lentur pada Balok Induk B29 Story 2	87
Gambar 4.6	Luas Tulangan Geser pada Balok Induk B29 Story 2	87
Gambar 4.7	Luas Tulangan Torsi pada Balok Induk B29 Story 2	87
Gambar 4.8	Nilai Momen Balok Induk yang ditinjau (SPECTRA)	88
Gambar 4.9	Nilai Gaya Geser Balok Induk yang ditinjau (SPECTRA)	88
Gambar 4.10	Nilai Gaya Torsi Balok Induk yang ditinjau (SPECTRA)	88
Gambar 4.11	Diagram Kompatibilitas Regangan ($c > d'$)	90
Gambar 4.12	Diagram Kompatibilitas Regangan ($c < d'$)	90
Gambar 4.13	Diagram Kompatibilitas Regangan ($c > d'$)	93
Gambar 4.14	Diagram Kompatibilitas Regangan ($c < d'$)	93
Gambar 4.15	Kolom yang ditinjau	97
Gambar 4.16	Luas Tulangan lentur pada Kolom C43 <i>Story</i> 1	98
Gambar 4.17	Luas Tulangan Geser pada Kolom C43 <i>Story</i> 1	98
Gambar 4.18	Nilai Momen Kolom yang ditinjau (SPECTRA)	99
Gambar 4.19	Nilai Gaya Geser Kolom yang ditinjau (SPECTRA)	99
Gambar 4.20	Diagram Interaksi dari PCA-COL	101

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing wilayah gempa Indonesia	4
Tabel 2.2 Spektrum respons gempa rencana	7
Tabel 2.3 Faktor keutamaan untuk berbagai kategori gedung dan Bangunan	11
Tabel 2.4 Parameter daktilitas struktur gedung	14
Tabel 2.5 Faktor daktilitas, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung	16
Tabel 3.1 Dimensi Balok dan Kolom	31
Tabel 3.2 <i>Modal Participating Mass Ratio</i>	42
Tabel 3.3 <i>Base Shear</i> Struktur (V_{bx})	45
Tabel 3.4 <i>Base Shear</i> Struktur (V_{by})	45
Tabel 3.5 Gaya Gempa Rencana (F_x)	46
Tabel 3.6 Gaya Gempa Rencana (F_y)	46
Tabel 3.7 <i>Center Mass Rigidity</i>	47
Tabel 3.8 Eksentrisitas	48
Tabel 3.9 <i>Response Spectrum Base Reactions</i>	56
Tabel 3.10 <i>Response Spectrum Base Reactions</i>	58
Tabel 3.11 <i>Assembled Point Masses</i>	59

Tabel 3.12 <i>Modal Participating Mass Ratios</i>	60
Tabel 3.13 <i>Center Mass Rigidity</i>	69
Tabel 3.14 Eksentrisitas	70
Tabel 3.15 Hasil Luas Tulangan	72
Tabel 3.16 Simpangan antar tingkat	76
Tabel 3.17 Simpangan antar tingkat	78
Tabel 4.1 Data Struktur Bangunan	83
Tabel 4.2 Luas Tulangan Perlu	92
Tabel 4.3 Tulangan Pakai	97
Tabel 4.4 Luas Tulangan perlu	99
Tabel 4.5 Tulangan Kolom yang digunakan	102

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- A = Percepatan puncak Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan untuk analisis respons dinamik linear 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
- a = Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen, mm
- A_s = Luas tulangan tarik non-prategang, mm^2
- A_s' = Luas tulangan tekan, mm^2
- A_v = Luas tulangan geser, mm^2
- b = Lebar muka tekan komponen struktur, mm
- c = Jarak dari serat tekan terluar garis netral, 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_m = Suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen
- d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm

d'	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
DL	=	Beban mati, kN/m^2
E_c	=	Modulus elastisitas beton, MPa
E_s	=	Modulus elastisitas baja tulangan, MPa
f'_c	=	Kuat tekan beton karakteristik, MPa
f_y	=	Kuat leleh tulangan non-prategang yang disyaratkan, MPa
g	=	Percepatan gravitasi, m/det^2
h	=	Tebal total komponen struktur, mm
I	=	Faktor keutamaan gedung
I_1	=	Faktor keutamaan gedung untuk menyesuaikan periode ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung
I_2	=	Faktor keutamaan gedung untuk menyesuaikan periode ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung
k	=	Faktor panjang efektif komponen struktur tekan
LL	=	Beban hidup, kN/m^2
M	=	Momen lentur secara umum, N-mm
M_n	=	Momen nominal suatu penampang unsur struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal, N-mm
R	=	Faktor reduksi gempa
R_m	=	Faktor reduksi gempa maksimum
SDL	=	Beban mati tambahan, kN/m^2
T	=	Waktu getar alami struktur gedung, detik

- V_c = Kuat geser nominal yang dipikul oleh beton, N
- V_d = Gaya geser desain, N
- V_n = Gaya geser akibat tulangan terpasang, N
- V_s = Gaya geser dasar nominal akibat beban gempa yang dipikul oleh suatu jenis subsistem struktur gedung tertentu di tingkat dasar
- W_t = Berat total gedung, termasuk beban hidup, kg
- Z_i = Ketinggian lantai ke-I suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral, m
- ρ = Rasio tulangan tarik non-prategang
- ρ' = rasio tulangan tekan non-prategang
- ρ = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
- Φ = faktor reduksi kekuatan
- δ_{ns} = Faktor perbesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
- δ_s = Faktor perbesaran momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi
- ξ = Faktor pengali dari simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk mendapatkan simpangan maksimum struktur gedung saat mencapai kondisi diambang keruntuhan
- μ = Faktor daktilitas struktur gedung

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tulangan pakai tiap portal	111
---------------------------------------	-----