

**ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR *FLAT PLATE* BETON
BERTULANG UNTUK GEDUNG EMPAT LANTAI TAHAN
GEMPA**

**Helmi Kusuma
NRP : 0321021**

Pembimbing : Daud Rachmat Wiyono, Ir., M.Sc

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

ABSTRAK

Pada umumnya arsitek menginginkan desain struktur gedung dengan jarak antara kolom yang cukup lebar, tetapi tinggi tiap lantai dari gedung tidak terlalu tinggi hanya berkisar 3-5 meter. Hal ini dapat diatasi dengan sistem struktur *Flat Plate*. *Flat Plate* digunakan untuk mereduksi ketebalan pelat, karena berhubungan dengan bentang yang dibuat cukup panjang. Indonesia adalah daerah rawan gempa maka perlu diperhitungkan sistem penahan gempa agar strukturnya dapat menahan beban gempa yang terjadi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Dengan berkembangnya program komputer, maka struktur *Flat Plate* dapat dihitung dengan menggunakan program Etabs Nonlinear dengan sistem penahan gempanya memakai Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Berdasarkan analisis numerik tiga dimensi, digunakan untuk memvalidasi hasil yang didapatkan oleh komputer dengan program Etabs, maka dapat dilakukan perhitungan perbandingan analisis manual yaitu dengan Portal Ekuivalen tahan gempa cara Muto.

Hasil perhitungan analisis manual dan numerik, dimana analisis manual dijadikan sebagai acuan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut : luas tulangan kolom tiap lantai berkisar 4,4%, dan Nilai d (simpangan) dari hasil perhitungan secara program ETABS lebih besar daripada nilai d (simpangan) yang diperoleh dari manual. Sehingga dapat dipastikan akan menghasilkan besar dan jumlah tulangan yang sama.

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan.....	3
1.4 Sistematika Pembahasan.....	4
1.5 Diagram Analisis Perhitungan Luas Tulangan.....	5
BAB 2 ANALISIS DAN DESAIN <i>FLAT PLATE</i> DENGAN CARA PORTAL EKIVALEN	
2.1 Analisa Struktur <i>Flat plate</i>	6
2.1.1 Pendahuluan.....	6
2.1.2 Struktur <i>Flat Plate</i>	7
2.1.3 Ketebalan Minimum <i>Flat Plate</i>	8

2.2 Metode Rangka Ekuivalen.....	8
2.2.1 Rangka Ekuivalen.....	9
2.2.2 Menentukan Momen Statis Total Rencana.....	10
2.2.3 Distribusi Momen untuk Jalur Kolom dan Jalur Tengah.....	12
2.2.4 Kekakuan Lentur, Faktor <i>Carry Over</i> dan Momen Ujung.....	14

BAB 3 ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR *FLAT PLATE* BETON

BERTULANG TAHAN GEMPA

3.1 Prosedur Analisis Struktur <i>Flat Plate</i> Tahan Gempa.....	16
3.2 Besarnya Gaya Gempa yang Bekerja.....	18
3.3 Perhitungan Harga D Cara Muto.....	21
3.4 Menentukan Momen-momen pada Kolom dan Pelat.....	24
3.5 Ketentuan untuk SRPMM.....	28
3.6 Penulangan Lentur <i>Flat Plate</i>	36

BAB 4 PEMODELAN, ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR BETON

BERTULANG DENGAN PROGRAM KOMPUTER

4.1 Langkah-langkah Menganalisis Bangunan Struktur <i>Flat Plate</i> (Analisis Numerik) Dalam Program Etabs	37
4.1.1 Masukan Data Material.....	37
4.1.2 Memilih <i>Section</i> yang digunakan.....	38
4.1.3 Memilih Jenis Pelat dan Memasukkan Ketebalan Pelatnya.....	39
4.1.4 Mendefinisikan <i>Static Load Cases Names</i>	39
4.1.5 Mendefinisikan <i>Load Combination</i>	40
4.1.6 Mendefinisikan <i>Mass Source</i>	40
4.1.7 Jenis Perletakan yang dipakai adalah Jepit.....	41

4.1.8 Memberikan Beban pada Model Struktur (SDL dan LL).....	41
4.1.9 Lakukan Analisis.....	42
4.1.10 Hasil Running Program.....	42
4.1.11 Luas Penulangan Berdasarkan Program.....	43

BAB 5 STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

5.1 <i>Preliminary Design</i>	44
5.1.1 <i>Preliminary Design</i> Pelat.....	44
5.1.2 <i>Preliminary Design</i> Kolom.....	46
5.2 Analisis dan Desain Struktur <i>Flat Plate</i> dengan Cara Portal Ekivalen.....	50
5.2.1 Gaya Gempa yang Bekerja pada masing–masing Lantai.....	51
5.2.2 Harga D (<i>D Value</i>)	55
5.2.3 Momen–momen Akibat Gaya Gempa.....	68
5.2.4 Momen–momen pada Lantai 2 akibat Beban Vertikal.....	73
5.2.5 Kombinasi Momen–momen akibat Beban Vertikal + Gempa....	80
5.2.6 Pembagian Momen–momen ke Jalur Kolom dan Jalur Tengah..	80
5.2.7 Penulangan Pelat Lantai 2	82
5.2.8 Transfer Momen dan Geser.....	91
5.3 Analisis dan Desain Struktur <i>Flat Plate</i> dengan ETABS Pada Portal C.....	95
5.3.1 Model Gedung <i>Flat Plate</i>	95
5.3.2 Melakukan Validasi Model <i>Flat Plate</i>	95
5.3.3 Menghitung Periode Getar T berdasarkan ETABS.....	96
5.3.4 Menghitung Periode Getar T Rayleigh.....	96

5.3.5 Diagram Momen berdasarkan Hasil ETABS.....	97
5.4 Gambar Luas Tulangan Kolom Berdasarkan Hasil ETABS dan Luas Tulangan berdasarkan Hasil Manual.....	98
5.5 Perbandingan Hasil Tulangan Kolom dari Analisis Manual dengan ETABS.....	99
5.6 <i>Detailing</i> Penulangan Kolom, Penulangan Pelat dari Portal yang Ditinjau.....	100
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	102
6.2 Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA.....	104
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Tebal Minimum Pelat tanpa Balok Interior..... 7
Tabel 2.2	Pembagian Momen Negatif Terfaktor Interior pada Jalur Kolom.....13
Tabel 2.3	Pembagian Momen Negatif Terfaktor Eksterior pada Jalur Kolom.....13
Tabel 2.4	Pembagian Momen Positif Terfaktor.....14
Tabel 2.5	Pembagian Momen terhadap Jalur Kolom.....14
Tabel 3.1	Menentukan Harga y_025
Tabel 3.2	Faktor Koreksi y_126
Tabel 2.3	Harga Koreksi y_2 dan y_327
Tabel 5.1	Distribusi Gaya Gempa Horizontal Total Masing-masing Lantai.....54
Tabel 5.2	Harga K_t56
Tabel 5.3	Harga K_s57
Tabel 5.4	Harga K_{es}57
Tabel 5.5	Harga K_c58
Tabel 5.6	Harga T_R63
Tabel 5.7	Harga Koefisien Distribusi Gaya Geser.....66
Tabel 5.8	Harga COF.....75
Tabel 5.9	Akibat DL dan Akibat 1,2 DL + 0,5 LL.....76
Tabel 5.10	Distribusi Momen “Two Cycle”.....76

Tabel 5.11	Hasil Momen Muka Kolom.....	78
Tabel 5.12	Kombinasi Momen-momen akibat Beban Vertikal + Gempa.....	80
Tabel 5.13	Penulangan Jalur Kolom dan Jalur Tengah pada Bentang 1-2 = 4-3... ..	86
Tabel 5.14	Penulangan Jalur Kolom dan Jalur Tengah pada Bentang 2-3.....	87
Tabel 5.15	Penulangan Kolom Tengah dan Kolom Pinggir.....	90
Tabel 5.16	Hasil Massa Total dari Hasil Manual dan Hasil Etabs.....	95
Tabel 5.17	Hasil Gaya Gempa dari Hasil Etabs.....	96
Tabel 5.18	Hasil Pemeriksaan terhadap Rayleigh.....	96
Tabel 5.19	Perbandingan Luas Tulangan antara Analisis Manual dengan Analisis Numerik.....	99

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 (a) Lantai <i>Flat Slab</i> Dengan <i>Drop Panel</i> , (b) Lantai <i>Flat Plate</i>	7
Gambar 2.2 Idealisasi untuk Metode Rangka Ekuivalen.....	9
Gambar 2.3 Rangka Ekuivalen.....	10
Gambar 2.4 Jalur Kolom dan Jalur Tengah pada Portal Ekuivalen (arah y).....	12
Gambar 3.1 (a) Denah <i>Flat Plate</i>	17
Gambar 3.1 (b) Portal $As B = As C$	17
Gambar 3.2 Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	18
Gambar 3.3 Gaya Gempa yang Bekerja pada masing-masing Portal.....	20
Gambar 3.4 Kekakuan Pelat Ekuivalen.....	22
Gambar 3.5 Titik Belok “ <i>Inflection Point</i> ”.....	23
Gambar 3.6 Momen pada Kolom dan Pelat.....	24
Gambar 3.7 Gaya Lintang Rencana untuk SRPMM.....	31
Gambar 3.8 Lokasi Tulangan pada Konstruksi Pelat Dua Arah.....	33
Gambar 3.9 Contoh Penampang Persegi Ekuivalen Komponen-komponen pendukung.....	34
Gambar 3.10 Pengaturan Tulangan pada Pelat.....	35
Gambar 3.11 Lentur Persegi Panjang.....	36
Gambar 5.1 <i>Preliminary Design</i> Pelat.....	44
Gambar 5.2 <i>Preliminary Design</i> Kolom.....	46
Gambar 5.3 Denah Struktur <i>Flat Plate</i> dengan Beban Gempa.....	51

Gambar 5.4	Lebar Efektif Pelat.....	55
Gambar 5.5	Menentukan K_t	56
Gambar 5.6	Harga Kes dan K_c untuk Portal as A = as D.....	59
Gambar 5.7	Harga Kes dan K_c untuk Portal as B = as C.....	59
Gambar 5.8	Harga \bar{K} , a, dan D.....	60
Gambar 5.9	Harga \bar{K}	60
Gambar 5.10	Hasil \bar{K} , a, dan D untuk Portal as A = as D.....	61
Gambar 5.11	Hasil \bar{K} , a, dan D untuk Portal as B = as C.....	63
Gambar 5.12	Gaya Gempa yang Bekerja pada Portal as B = as C.....	67
Gambar 5.13	Gaya Geser yang Bekerja pada masing-masing Tingkat.....	68
Gambar 5.14	Harga y_2 dan y_3	69
Gambar 5.15	Harga Momen-momen akibat Gaya Gempa pada Portal as B = as C.....	70
Gambar 5.16	Diagram Momen.....	71
Gambar 5.17	Momen-momen pada Pelat Ekuivalen Portal as B = as C untuk Lantai 2.....	72
Gambar 5.18	Momen Muka Kolom.....	72
Gambar 5.19	Harga K_s	73
Gambar 5.20	Koefisien Momen Primer, COF, Koefisien Induksi dan Momen Primer.....	75
Gambar 5.21	Hasil Momen Proses “Two Cycle”.....	77
Gambar 5.22	Kombinasi Momen-momen akibat Beban Vertikal + Gempa.....	80
Gambar 5.23	Penulangan Pelat Lantai 2 untuk Portal as B = as C.....	82

Gambar 5.24	Menentukan Gaya Aksial Kolom Tengah dan Kolom Pinggir.....	87
Gambar 5.25	(a) Dimensi Kolom.....	91
Gambar 5.25	(b) Dimensi Kolom.....	93
Gambar 5.26	Moment 3-3 Diagram (COMB1).....	97
Gambar 5.27	Luas Tulangan Kolom berdasarkan hasil ETABS.....	98
Gambar 5.28	Luas Tulangan Kolom berdasarkan hasil Manual.....	99
Gambar 5.29	Penulangan Kolom.....	100
Gambar 5.30	Penulangan dari Portal yang Ditinjau.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

○ LAMPIRAN A

Output Etabs Ver 8.4.6

Lampiran 1	<i>3D View</i>	106
Lampiran 2	<i>Elevation View Portal C Story 2</i>	106
Lampiran 3	<i>Moment 3-3 Diagram (COMB1)</i>	107
Lampiran 4	<i>Moment 3-3 Diagram (COMB3)</i>	107
Lampiran 5	<i>Plan View Story 2 Elevation 8000 Resultant M11 Diagram (COMB1)</i>	108
Lampiran 6	<i>Plan View Story 2 Elevation 8000 Resultant M11 Diagram (COMB3)</i>	108
Lampiran 7	<i>3D View Resultant M11 Diagram (COMB3)</i>	109
Lampiran 8	<i>3D View Resultant M22 Diagram (COMB3)</i>	109

○ LAMPIRAN B

Lampiran 1	<i>Contoh Gambar Bangunan Tugas Akhir</i>	111
Lampiran 2	<i>Grafik C5.4 380/0.9 Column Design Chart</i>	112

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- A = Luas Penampang, m^2
- As = Luas Tulangan, mm^2
- C = Faktor Respon Gempa
- COF = *Carry Over Factor*
- D = Koefisien distribusi gaya geser
- DF = Distribusi Faktor
- DL = *Dead Load*, kg/m^2
- d_i = Simpangan horizontal pada tingkat ke-i akibat beban gempa horizontal
Fi , mm
- E = Modulus Elastisitas, MPa
- FEM = *Fixed End Momen*
- F_i = Beban gempa horizontal dalam arah yang ditinjau yang bekerja pada tingkat ke-i, kg
- f_y = Tegangan leleh, MPa
- f_c' = Mutu beton, MPa
- g = Percepatan gravitasi, m/det^2
- h = Tinggi Bangunan, m
- h_i = Ketinggian lantai ke-i diukur dari penjepitan lateral
- I = Momen inersia, m^4
- K = Kekakuan Struktur, kg-m
- LL = *Live Load*, kg/m^2
- ln = Panjang bentang bersih pelat, m

- Mu = Momen, Nmm
- Pu = Gaya Aksial, kg
- Qu = Gaya geser
- R = Faktor Reduksi Gempa
- SDL = *Super Dead Load*, kg/m²
- T = Periode, detik
- V = Gaya geser, kg
- Wt = Berat total beban mati + beban hidup yang telah direduksi, kg
- Wi = Berat lantai ke-i
- δ = defleksi = simpangan horizontal
- γ_{beton} = Berat jenis beton, kg/m³
- ω = Ragam getar, rad/det