

ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR PELAT SLAB BETON BERTULANG UNTUK GEDUNG EMPAT LANTAI TAHAN GEMPA

**Dedy Fredy Sihombing
NRP : 0221063**

Pembimbing : Daud Rachmat W., 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 Slab*. *Flat Slab* 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 Slab* dapat dihitung dengan menggunakan program Etabs Nonlinear Ver 8.4.6 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 pembanding analisis manual yaitu dengan Portal Ekuivalen tahan gempa cara Muto.

Dari hasil perhitungan analisis manual dan numerik, dimana analisis manual dijadikan sebagai acuan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut : persentase perbedaan gaya dalam pada pelat berkisar 0,027% - 1,424% dan luas tulangan kolom tiap lantai berkisar 4,204% - 4,375%, maka dapat dipastikan akan menghasilkan besar dan jumlah tulangan yang sama. Analisis manual juga dapat dikerjakan dengan Sistem Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*) apabila memenuhi persyaratan dari Sistem Perencanaan Langsung tersebut.

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	4
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan.....	4
1.4 Sistematika Pembahasan.....	5
BAB II : ANALISIS DAN DESAIN PELAT LANTAI DUA ARAH DENGAN PORTAL EKIVALEN	
2.1 Pendahuluan.....	6
2.2 Pelat Dua Arah.....	11
2.2.1 Pendahuluan.....	11
2.2.2 <i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> dan <i>Flat Plate</i>	14
2.2.3 Persyaratan <i>Drop Panel</i>	15
2.2.4 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah.....	16

2.3 Metode Rangka Ekuivalen.....	17
2.3.1 Rangka Ekuivalen.....	18
2.3.2 Menentukan Momen Statis Total Rencana.....	19
2.3.3 Distribusi Momen antara Jalur Kolom dan Jalur Tengah.....	24
2.3.4 Kekakuan Lentur, Faktor <i>Carry Over</i> dan Momen Ujung.....	25
2.4 Penulangan Lentur untuk <i>Drop Panel</i> dan <i>Flat-Plate</i>	27
2.5 Ketentuan–ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).....	28
2.6 Langkah–langkah yang Diambil untuk Menganalisis Bangunan Struktur <i>Flat Slab</i>	37
2.6.1 Tambahan Teori Tentang <i>Flat Slab</i> Dibebani Gaya Gempa (Horizontal) dan Metode Perhitungan untuk Menghitung Momen-momen.....	38
2.6.2 Besarnya Gaya Gempa yang Bekerja.....	39
2.6.3 Gaya Geser Dasar (“ <i>Base Shear</i> ”) Horizontal akibat Gempa.....	39
2.6.4 Harga <i>T</i> (Waktu Getar Bangunan).....	39
2.6.5 Waktu Getar Gedung (Waktu Getar Fundamental Struktur Gedung Beraturan dalam arah Masing-masing Sumbu Utama dapat ditentukan dengan Rumus Rayleigh).....	40
2.6.6 Gaya Gempa yang Bekerja pada Masing-masing Lantai (F_i)...41	
2.6.7 Gaya Gempa yang Bekerja pada Masing-masing Portal.....41	
2.6.8 Perhitungan Harga <i>D</i> (cara Muto,” <i>Aseismic Design Analysis of Buildings</i> ”).....	42

2.6.9 Menentukan Letak Titik Belok “ <i>Inflection Point</i> ” masing-masing Kolom.....	44
2.6.10 Menentukan Momen-momen pada Kolom dan Pelat.....	45
2.6.11 Setelah Momen-momen Pelat (pada as kolom) diperoleh, maka lanjutkan Perhitungan Momen-momen Pelat akibat Beban Vertikal dan seterusnya.....	45
2.6.12 Harga y_0	45
2.6.13 Faktor Koreksi.....	46
2.6.14 Harga Koreksi y_2 dan y_3	47

BAB III : ANALISIS DAN DESAIN PELAT LANTAI DUA ARAH DENGAN PROGRAM KOMPUTER ETABS NONLINEAR VERSION 8.4.6

3.1 Langkah-langkah yang diambil untuk Menganalisis Bangunan Struktur <i>Flat Slab</i> (Analisis Numerik).....	48
3.1.1 Masukkan Data Material.....	48
3.1.2 Memilih <i>Section</i> yang digunakan.....	49
3.1.3 Memilih Jenis Pelat dan Memasukkan Ketebalan Pelatnya.....	49
3.1.4 Mendefinisikan <i>Static Load Cases</i> Names.....	50
3.1.5 Mendefinisikan <i>Load Combinations</i>	50
3.1.6 Mendefinisikan <i>Mass Source</i>	51
3.1.7 Menentukan Jenis Perletakan.....	51
3.1.8 Jenis Perletakan yang dipakai adalah Jepit.....	52
3.1.9 Memasukkan Beban-beban Gravitasi yang Bekerja pada Struktur Gedung (SDL dan LL).....	52

3.1.10 Masukkan Beban (LL).....	53
3.1.11 Masukkan Beban (SDL).....	53
3.1.12 Lakukan Analisis Tahap 1.....	54
3.1.13 Masukkan <i>Dynamic Analysis</i> dan <i>Include P-Delta</i>	54
3.1.14 <i>Set Dynamic Parameters : Type of Analysis = Eigenvectors</i>	55
3.1.15 Berdasarkan Analisis tahap 1 dilakukan Pengecekan.....	55
3.1.16 Memasukkan Beban <i>Dinamic Respon Spectrum</i>	56
3.1.17 Definisikan <i>Respon Spectra Cases</i> , untuk Arah U1 (Sumbu Mayor gunakan SPEC1) dan U2 (Sumbu Minor gunakan SPEC2).....	56
3.1.18 Lakukan Analisis tahap 2.....	57
3.1.19 Berdasarkan Analisis tahap 2, dilakukan Pemeriksaan.....	57
3.1.20 Faktor Skala.....	58

BAB IV : STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

4.1 <i>Preliminary Design</i>	60
4.1.1 <i>Preliminary Design</i> Pelat.....	60
4.1.2 <i>Preliminary Design Drop Panel</i>	62
4.1.3 <i>Preliminary Design</i> Kolom.....	63
4.2 Perhitungan Gaya dalam Berdasarkan Perhitungan Manual Cara Portal Ekivalen.....	68
4.2.1 Perhitungan Struktur <i>Flat Slab</i> Tanpa Beban Gempa dengan Cara Portal Ekivalen.....	68
4.3 Perhitungan Struktur <i>Flat Slab</i> Yang Diberi Beban Gempa dengan Cara Portal Ekivalen.....	81

4.3.1 Menentukan Besarnya Gaya Gempa yang Bekerja pada	
Masing–masing Lantai.....	81
4.3.2 Menentukan Harga D (D Value).....	86
4.3.3 Menentukan Momen–momen Akibat Gaya Gempa pada	
Portal as B = as C.....	98
4.3.4 Menentukan Momen–momen pada Lantai 2 Portal as B =	
as C akibat Beban Vertikal.....	104
4.3.5 Kombinasi Momen–momen akibat Beban Vertikal + Gempa..	112
4.3.6 Pembagian Momen–momen ke Jalur Kolom dan Jalur	
Tengah.....	113
4.3.7 Penulangan Pelat Lantai 2 untuk Portal as B = as C.....	114
4.3.8 Transfer Momen dan Geser.....	128
4.4 Perhitungan Gaya dalam Pelat Output Komputer pada Portal C.....	132
4.4.1 Membuat Model Gedung yang akan Didisain pada Komputer	
Sesuai dengan Persyaratan yang Diberikan.....	132
4.4.2 Lakukan Validasi Apakah Model yang Dibuat Sesuai dengan	
Struktur yang Dimaksudkan.....	133
4.4.3 Nilai Periode yang dihasilkan Berdasarkan hasil Etabs.....	132
4.4.4 Pemeriksaan Terhadap T Rayleigh.....	134
4.4.5 Input Beban Dinamik Respon Spektrum.....	135
4.4.6 Menentukan Sumbu Utama Struktur.....	135
4.4.7 Perhitungan Faktor Skala.....	136
4.4.8 Periksa Simpangan Antar Tingkat.....	137
4.4.9 Diagram Momen berdasarkan Hasil Etabs.....	137

4.4.10 Gambar Luas Tulangan Kolom Berdasarkan Hasil Etabs dan Luas Tulangan berdasarkan Hasil Manual.....	138
4.4.11 Perbandingan Hasil Tulangan Kolom dari Analisis Numerik dan Analisis Manual.....	140
4.4.12 Penggambaran Momen pada Pelat Ekuivalen Portal as C untuk Lantai 2 berdasarkan Hasil Etabs dan Hasil Manual.....	143
4.4.13 Detailing Penulangan <i>Drop Panel</i> , Penulangan Kolom, Penulangan dari Portal yang Ditinjau.....	144

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	148
5.2 Saran.....	149

DAFTAR PUSTAKA.....	150
----------------------------	------------

LAMPIRAN.....	151
----------------------	------------

DAFTAR TABEL

2.1	Tebal Minimum Pelat tanpa Balok Interior.....	16
2.2	Pembagian Momen Negatif Terfaktor Interior pada Jalur Kolom.....	24
2.3	Pembagian Momen Negatif Terfaktor Eksterior pada Jalur Kolom.....	24
2.4	Pembagian Momen Positif Terfaktor.....	25
2.5	Pembagian Momen terhadap Jalur Kolom.....	25
2.6	Menentukan Harga y_o	45
2.7	Faktor Koreksi y_1	46
2.8	Harga Koreksi y_2 dan y_3	47
4.1	Distribusi Momen.....	76
4.2	Metode Cross.....	77
4.3	Distribusi Gaya Gempa Horizontal Total Masing-masing Lantai.....	85
4.4	Harga Kekakuan Puntir Komponen Struktur (K_t).....	87
4.5	Harga Kekakuan Lentur <i>Slab</i> (K_s).....	87
4.6	Harga Kekakuan Ekuivalen <i>Slab</i> (K_{es}).....	88
4.7	Harga Kekakuan Lentur Kolom (K_c).....	88
4.8	Harga Waktu Getar Bangunan (T_R).....	94
4.9	Harga Koefisien Distribusi Gaya Geser.....	96
4.10	Harga <i>Carry Over Factor</i> (COF).....	106
4.11	Akibat DL dan Akibat 1,2 DL + 0,5 LL.....	107
4.12	Proses “ <i>Two Cycle</i> ” untuk beban 90.015 kg m.....	107
4.13	Proses “ <i>Two Cycle</i> ” untuk beban 90.780 kg m.....	108
4.14	Hasil Momen Muka Kolom.....	110
4.15	Kombinasi Momen-momen akibat Beban Vertikal + Gempa.....	112

4.16	Penulangan Jalur Kolom dan Jalur Tengah pada Bentang 1-2 = 4-3.....	123
4.17	Penulangan Jalur Kolom dan Jalur Tengah pada Bentang 2-3.....	123
4.18	Penulangan Kolom Tengah dan Kolom Pinggir.....	127
4.19	Hasil Massa Total dari Hasil Manual dan Hasil Etabs.....	133
4.20	Hasil Pemeriksaan terhadap Rayleigh.....	134
4.21	Simpangan antar Tingkat.....	137
4.22	Perbandingan Luas Tulangan antara Analisis Manual dengan Analisis Numerik.....	141

DAFTAR GAMBAR

2.1.a	Pelat Satu Arah.....	12
2.1.b	Pelat Dua Arah.....	12
2.1.c	Lantai <i>Two-Way Slab</i> (a), <i>Flat Plate</i> (b), <i>Flat Slab</i> (c), <i>Waffle Slab</i> (d)...	13
2.2	(a) Lantai <i>Flat Slab</i> Dengan <i>Drop Panel</i> , (b) Lantai <i>Flat Plate</i>	15
2.3	Persyaratan <i>Drop Panel</i>	16
2.4.a	Denah Sistem Lantai.....	17
2.4.b	Idealisasi untuk Metode Rangka Ekvivalen.....	18
2.5	Rangka Ekvivalen.....	19
2.6	Jalur Kolom dan Jalur Tengah pada Portal Ekvivalen (arah y).....	22
2.7	Momen Sederhana M_o yang Bekerja pada Panel <i>Slab</i> Interior Dua Arah, dalam Arah X : (a) Momen, (b) Diagram Benda Bebas.....	23
2.8	Lentur Persegi Panjang.....	27
2.9	Gaya Lintang Rencana untuk SRPMM.....	31
2.10	Lokasi Tulangan pada Konstruksi Pelat Dua Arah.....	34
2.11	Contoh Penampang Persegi Ekvivalen Komponen-komponen pendukung.....	35
2.12	Pengaturan Tulangan pada Pelat.....	36
2.13	Denah <i>Flat Slab</i>	37
2.14	Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	39
2.15	Gaya Gempa yang Bekerja pada masing-masing Portal.....	41
2.16	Kekakuan Pelat Ekvivalen.....	43
2.17	Titik Belok “ <i>Inflection Point</i> ”.....	44
2.18	Momen pada Kolom dan Pelat.....	45
4.1	<i>Preliminary Design</i> Pelat.....	60

4.2	<i>Preliminary Design Drop Panel</i>	62
4.3	<i>Preliminary Design Kolom</i>	63
4.4	<i>Flat Slab</i>	68
4.5	<i>Drop Panel</i> untuk Kolom.....	69
4.6	(a) dan (b) Kolom Exterior.....	71
4.7	Kolom Interior.....	73
4.8	Faktor Distribusi “ <i>Slab</i> ” DF.....	74
4.9	Metode Distribusi Momen.....	76
4.10	Hasil Distribusi Momen.....	78
4.11	Denah Struktur <i>Flat Slab</i> dengan Beban Gempa.....	82
4.12	Lebar Efektif Pelat.....	86
4.13	Menentukan K_t	87
4.14	Harga Kes dan K_c untuk Portal as A = as D.....	89
4.15	Harga Kes dan K_c untuk Portal as B = as C.....	89
4.16	Harga $\bar{K}$, a, dan D.....	90
4.17	Harga $\bar{K}$	90
4.18	Hasil $\bar{K}$, a, dan D untuk Portal as A = as D.....	91
4.19	Hasil $\bar{K}$, a, dan D untuk Portal as B = as C.....	93
4.20	Gaya Gempa yang Bekerja pada Portal as B = as C.....	98
4.21	Gaya Geser yang Bekerja pada masing-masing Tingkat.....	99
4.22	Harga y_2 dan y_3	100
4.23	Harga Momen-momen akibat Gaya Gempa pada Portal as B = as C.....	101
4.24	Diagram Momen.....	102

4.25	Momen-momen pada Pelat Ekivalen Portal as B = as C untuk Lantai 2.	103
4.26	Momen Muka Kolom.....	103
4.27	Harga Ks.....	104
4.28	Koefisien Momen Primer, COF, Koefisien Induksi dan Momen Primer.....	106
4.29	(a) dan (b) Hasil Momen Proses “Two Cycle”.....	108
4.30	Kombinasi Momen-momen akibat Beban Vertikal + Gempa.....	111
4.31	Penulangan Pelat Lantai 2 untuk Portal as B = as C.....	114
4.32	Menentukan Gaya Aksial Kolom Tengah dan Kolom Pinggir.....	124
4.33	(a) dan (b) Dimensi Kolom dan <i>Drop Panel</i>	128
4.34	Moment 3-3 Diagram (COMB3).....	137
4.35	Luas Tulangan Kolom berdasarkan hasil Etabs.....	138
4.36	Luas Tulangan Kolom berdasarkan hasil Manual.....	139
4.37	Hasil Luas Tulangan Kolom dari Analisis Numerik.....	140
4.38	Hasil Luas Tulangan Kolom dari Analisis Manual.....	141
4.39	Momen pada Pelat Ekivalen Portal as C dari Analisis Numerik.....	143
4.40	Momen pada Pelat Ekivalen Portal as C dari Analisis Manual.....	143
4.41.a	Penulangan <i>Drop Panel</i> dan <i>Section C-C (Bottom Layer)</i>	144
4.41.b	Penulangan <i>Drop Panel</i> dari <i>Section C-C (Top Layer)</i>	145
4.42	Penulangan Kolom.....	146
4.43	Penulangan dari Portal yang Ditinjau.....	147

DAFTAR LAMPIRAN

○ LAMPIRAN A

Output Etabs Ver 8.4.6

- 3D View.....	151
- Elevation View Portal C Story 2.....	151
- Moment 3-3 Diagram (COMB1).....	152
- Moment 3-3 Diagram (COMB3).....	152
- 3D View Resultant M11 Diagram (COMB3).....	153
- 3D View Resultant M22 Diagram (COMB3).....	153
- Plan View Story 2 Elevation 800 Resultant M11 Diagram (COMB3).....	154
- Plan View Story 2 Elevation 800 Resultant Mmax Diagram (COMB3).....	154

○ LAMPIRAN B

Contoh Gambar Bangunan Tugas Akhir.....	156
Grafik C5.4 380/0.9 Column Design Chart.....	157