

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR NOTASI .....	xvii
ABSTRAK .....	xxi
BAB I      PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan .....	2
1.4    Batasan Masalah .....	3
1.5    Sistematika Penulisan .....	4
BAB II     TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Tinjauan Umum .....	5
2.2    Persyaratan Perencanaan Gempa SNI-1726-2012 .....	5
2.2.1 <i>Response Spectrum Design</i> .....	6
2.2.2    Koefisien Respon Seismik .....	14
2.2.3    Periode Alami Stuktur .....	15
2.2.4    Simpangan Antar Lantai .....	17
2.2.5    Kombinasi Pembebanan .....	17
2.2.6    Geser Dasar Seismik .....	17
2.2.7    Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan .....	18
2.2.8    Pemilihan Sistem Struktur Penahan Beban	

	Gempa .....	21
2.3	Analisa Struktur Balok dan Analisa Penampang .....	23
	2.3.1 Analisa Struktur Balok .....	23
	2.3.2 Analisa Penampang .....	29
2.4	Struktur Ranka Ganda Pemikul Momen Khusus .....	36
	2.4.1 Perilaku Struktur Rangka Kaku, Dinding Geser (Dual System), .....	36
	2.4.2 Penulangan Longitudinal dan Transversal Dinding Geser.....	38
2.5	Analisa Kekuatan Pondasi .....	38
	2.5.1 Tahanan Aksial Pondasi .....	39
	2.5.2 Tahanan Lateral Pondasi .....	41
	2.5.3 Analisa Daya Dukung dan Penurunan dengan Aplikasi Allpile .....	42
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI .....</b>	<b>44</b>
	3.1 Pendahuluan .....	44
	3.2 Langkah Umum Perencanaan Struktur .....	44
	3.2.1 Pengumpulan Data .....	44
	3.2.2 Perhitungan Pembebanan .....	45
	3.3 Analisa Struktur dengan Program ETABS .....	46
	3.3.1 Tahap Perencanaan Struktur dengan ETABS .....	46
	3.3.2 Desain Skematik .....	48
	3.3.3 Perhitungan Beban Struktur .....	48
	3.3.4 Analisis Struktur .....	49
	3.3.5 Desain Struktur .....	50
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
	4.1 Pemodelan Struktur .....	52
	4.1.1 Data Bangunan .....	52
	4.1.2 Pemodelan Pada ETABS .....	53
	4.1.3 Konfigurasi Gedung .....	55
	4.1.4 Perhitungan Beban Gempa .....	56

4.1.5	Pembebanan .....	60
4.1.6	Translasi .....	62
4.1.7	Kontrol <i>Dual System</i> .....	62
4.1.8	Perbandingan Gaya Gempa Statik Ekuivalen dengan <i>Response Spectrum</i> .....	64
4.2	Analisis Beban Gempa (Berdasarkan PUSKIM) .....	74
4.2.1	Nilai Parameter Variabel Beban Gempa .....	74
4.2.2	Perhitungan Nilai Periode .....	77
4.3	Perhitungan Pelat Lantai .....	79
4.3.1	Data Bahan Struktur .....	79
4.3.2	Data Pelat Lantai .....	79
4.3.3	Beban Pelat Lantai .....	79
4.3.4	Penulangan Pelat .....	80
4.3.5	Kontrol Lendutan Pelat .....	81
4.4	Perhitungan Balok Anak dan Balok Induk.....	84
4.4.1	Perhitungan Balok Anak .....	84
4.4.2	Perhitungan Balok Induk .....	89
4.5	Desain Kapasitas .....	96
4.5.1	Analisis Kekuatan Kolom Beton Bertulang .....	96
4.5.2	Perhitungan Momen Kapasitas Kolom .....	101
4.5.3	Perhitungan Kapasitas Balok Sumbu X dan Sumbu Y .....	102
4.5.4	Momen Kapasitas Kolom Berdasarkan Analisa Kekuatan Kolom Bertulang dengan Diagram Interaksi .....	104
4.5.5	Cek Kekuatan Lentur Kolom .....	105
4.5.6	Perencanaan Hubungan Balok-Kolom .....	105
4.6	Perhitungan <i>Shearwall</i> .....	108
4.7	Perhitungan Tangga dan Bordes .....	112
4.7.1	Perhitungan Pelat Tangga .....	112
4.7.2	Perhitungan Pelat Bordes .....	114

4.8	Perhitungan Pondasi .....	118
4.8.1	Perhitungan Kekuatan Tiang .....	118
4.8.2	Perhitungan Kekuatan Pondasi .....	123
4.8.3	Analisis Daya Dukung dan Penurunan dengan Aplikasi <i>Allpile</i> .....	123
BAB V	PENUTUP .....	133
5.1	Kesimpulan .....	133
5.2	Saran .....	134
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Percepatan <i>Response Spectral</i> MCE dari Peta Gempa pada Periode Pendek ( $T = 0,2$ detik), $S_S$ .....	8
Tabel 2.2	Parameter <i>Response Spectral</i> Percepatan Gempa ( <i>MCE<sub>R</sub></i> ) Terpetakan pada Periode ( $T = 1$ detik), $S_I$ .....	8
Tabel 2.3	Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung .....	15
Tabel 2.4	Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	16
Tabel 2.5	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa .....	18
Tabel 2.6	Faktor Keutamaan Gempa .....	21
Tabel 2.7	Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	22
Tabel 2.8	Skema Tegangan dan Regangan Penampang yang Mengalami Beban Lentur .....	31
Tabel 4.1	Konfigurasi Gedung .....	55
Tabel 4.2	Penampang dan Dimensi Struktur .....	56
Tabel 4.3	Mutu Bahan .....	56
Tabel 4.4	Pembebanan Struktur .....	60
Tabel 4.5	Periode Getar Alami Struktur .....	62
Tabel 4.6	Nilai persentase SGPM dan <i>Shearwall</i> .....	63
Tabel 4.7	$C_{vx}$ , $C_{vy}$ dan Gaya Lateral Per Lantai .....	65
Tabel 4.8	Gaya Lateral Statik Ekuivalen Per Lantai .....	66
Tabel 4.9	Gaya Geser Statik Ekuivalen Antar Tingkat .....	67
Tabel 4.10	Gaya Geser Statik Ekuivalen Antar Tingkat (85%) .....	68
Tabel 4.11	Gaya Geser <i>Response Spectrum</i> Antar Tingkat .....	69
Tabel 4.12	<i>Base Shear</i> Statik Ekuivalen dan Dinamik <i>Response Spectrum</i> .....	71
Tabel 4.13	Rekapitulasi Faktor Skala .....	72
Tabel 4.14	Beban Mati <i>Pelat Lantai (Dead Load)</i> .....	79
Tabel 4.15	Jarak Tulangan Momen Positif Balok Anak .....	87
Tabel 4.16	Jarak Tulangan Momen Negatif Balok Anak .....	88

Tabel 4.17 Jarak Tulangan Momen Positif Balok Induk.....	93
Tabel 4.18 Jarak Tulangan Momen Negatif Balok Induk .....	94
Tabel 4.19 Perhitungan Diagram Interaksi .....	97
Tabel 4.20 Gaya Aksial Kolom .....	102
Tabel 4.21 Data Hasil Pengujian Tanah .....	118
Tabel 4.22 Data Susunan Tiang .....	125
Tabel 4.23 Perbandingan Daya Dukung Pondasi Manual dan <i>Allpile</i> .....	130

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode displacement coefficient .....	11
Gambar 2.2	Idealisasi kurva force-displacement .....	14
Gambar 2.3	Sistem Balok Menerus Lantai .....	29
Gambar 2.4	Tegangan-Regangan Teoretis Lentur Penampang Persegi Empat .....	33
Gambar 2.5	Perubahan Diagram Tegangan Parabolik ke Blok Tegangan Ekuivalen .....	35
Gambar 2.6	Superimpos Mode Individu dari Deformasi .....	37
Gambar 3.1	Diagram Alir Perencanaan Umum Struktur Gedung .....	51
Gambar 4.1	Denah Lokasi Proyek .....	52
Gambar 4.2	Bentuk 3D Struktur Gedung .....	54
Gambar 4.3	Grafik <i>Response Spectrum</i> Puskim Semarang .....	57
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Gaya Geser Antar Statik Ekuivalen, Statik Ekuivalen 85%, dan Respon Spektrum Lantai Arah X .....	70
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Gaya Geser Statik Ekuivalen, Statik Ekuivalen 85%, dan Respon Spektrum Antar Lantai Arah Y .....	70
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Gaya Geser Statik Ekuivalen, Statik Ekuivalen 85%, dan Respon Spektrum Antar Lantai Arah X .....	73
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Gaya Geser Statik Ekuivalen, Statik Ekuivalen 85%, dan Respon Spektrum Antar Lantai Arah Y .....	73
Gambar 4.8	Momen Pelat Persegi .....	79
Gambar 4.9	Diagram Interaksi Analisis Kekuatan Kolom.....	98
Gambar 4.10	Momen Envelope Pada Balok .....	104
Gambar 4.11	Hubungan Balok-Kolom .....	105
Gambar 4.12	Gaya Geser Gravitasi Pada Balok .....	107
Gambar 4.13	Gaya Geser Balok Akibat Goyangan .....	107
Gambar 4.14	Diagram Interaksi Shearwall Arah X Lantai 1 .....	111
Gambar 4.15	Detail Penulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes .....	116

Gambar 4.16	Grafik API Metode 2 .....	119
Gambar 4.17	Detail Dimensi Pondasi .....	124
Gambar 4.18	Tinjauan Geser Arah X .....	126
Gambar 4.19	Tulangan Lentur Arah X .....	128
Gambar 4.20	Grafik Kolerasi Tahanan Ultimit Tiang .....	131
Gambar 4.21	Detail Pondasi .....	132



## DAFTAR NOTASI

$Ab$	= Luas dasar tiang ( $m^2$ ); Luas penampang ujung bawah tiang ( $m^2$ ); Luas ujung bawah tiang ( $m^2$ )
$ad$	= Faktor adhesi
$As$	= Luas permukaan dinding tiang ( $m^2$ ); Luas permukaan segmen dinding tiang ( $m^2$ ); Luas selimut tiang ( $m^2$ )
$cb$	= Kohesi tanah di bawah dasar tiang ( $kN/m^2$ )
$Cd$	= Faktor pembesaran defleksi
$C_s$	= Koefisien periode seismic; Koefisien <i>response</i> seismik
$C_t$	= Koefisien rangka beton pemikul momen
$C_u$	= Koefisien batas atas pada periode yang dihitung
$cu$	= Kohesi tanah di sepanjang tiang ( $kN/m^2$ )
$D$	= Diameter pondasi (m)
$DL$	= Beban mati
$e$	= Jarak beban lateral terhadap muka tanah (m)
$f'c$	= Kuat tekan karakteristik beton ( $MPa$ )
$F_a$	= Koefisien situs untuk periode pendek (pada periode 0,2 detik)
$F_v$	= Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
$f_y$	= Tegangan leleh profil baja tulangan ( $MPa$ )
$h_n$	= Ketinggian struktur (m)
$I$	= Faktor keutamaan gempa; Faktor keutamaan hunian beban mati
$I_e$	= Faktor keutamaan berdasarkan kategori resiko
$kh$	= Modulus subgrade horisontal ( $kN/m^3$ )
$L_1$	= Panjang segmen pondasi yang ditinjau (m)
$LL$	= Beban hidup
$MCE_R$	= Spektrum respons gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
$M_n$	= Kuat momen nominal pada penampang ( $kN-m$ )
$M_{nb}$	= Momen terfaktor dalam keadaan <i>balanced</i>

- $M_{pr}$  = Momen lentur dari suatu komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada joint dengan menganggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum
- $M_u$  = Momen yang terjadi pada penampang
- $M_x$  = Momen arah  $x$  ( $ton.m$ )
- $M_y$  = Momen arah  $y$  ( $ton.m$ )
- $\check{N}$  = Nilai SPT rata-rata di sepanjang tiang
- $N_b$  = Nilai SPT di sekitar dasar tiang, dihitung dari 8.D di atas dasar tiang s.d 4.D di bawah dasar tiang
- $N_c$  = Faktor daya dukung
- $P_{maks}$  = Beban maksimum yang diterima 1 tiang ( $ton$ )
- $P_n$  = Kuat nominal penampang yang mengalami tekan ( $N$ )
- $P_u$  = Kuat beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu ( $N$ )
- $Q_{ult}$  = Daya dukung pondasi tiang pancang ( $ton$ )
- $Q_{all}$  = Nilai daya dukung tanah ( $ton$ )
- $q_c$  = Tahanan penetrasi kerucut statis yang merupakan nilai rata-rata dihitung
- $Q_E$  = Pengaruh gaya seismik horisontal dari  $V$
- $QE$  = Pengaruh gaya seismik horizontal dari  $V$
- $q_f$  = Tahanan gesek kerucut statis rata-rata ( $kN/m$ )
- $Q_p$  = Tahanan ujung selimut tiang ( $kg$ )
- $Q_s$  = Tahanan geser selimut tiang ( $kg$ )
- $R$  = Faktor modifikasi periode; Faktor modifikasi *response*
- $S_1$  = Parameter percepatan *response spectral* MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen; Parameter *response spectral* percepatan gempa  $MCE_R$  untuk periode 1 detik.
- $S_D$  = Parameter percepatan *response spectrum design* pada periode 1 detik
- $S_{D1}$  = Parameter percepatan periode *spectrum* pada periode 1 detik redaman 5 persen; Parameter percepatan *response spectrum* yang dipetakan
- $S_{DS}$  = Parameter percepatan *response spectrum design* pada periode pendek; Parameter percepatan periode *spectrum* pada periode pendek, redaman 5 persen
- $S_{M1}$  = Parameter percepatan *response spectral* MCE pada periode 1 detik yang sudah

disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

$\Sigma M_c$  = Jumlah Mn kolom yang bertemu di joint balok kolom.

$\Sigma M_g$  = Jumlah Mn balok yang bertemu di joint balok kolom.

$S_{MS}$  = Parameter percepatan *response spectral* MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

$S_s$  = Parameter percepatan *response spectral* MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen; Parameter *response spectral* percepatan gempa  $MCE_R$  untuk periode pendek

$T$  = Periode struktur dasar (detik)

$T_a$  = Periode fundamental pendekatan.

$V$  = Gaya lateral ( $kg$ )

$V_e$  = Gaya geser rencana

$V_n$  = Kuat geser nominal penampang ( $N$ )

$V_t$  = Beban gempa dasar nominal

$V_u$  = Gaya geser terfaktor penampang ( $N$ )

$V_x$  = Beban gempa arah  $x$

$V_y$  = Beban gempa arah  $y$

$W$  = Berat lantai

$W_t$  = Berat total gedung.

$x$  = Absis tiang ke pusat koordinat penampang ( $m$ )

$y$  = Ordinattiang ke pusat koordinat penampang ( $m$ )

$Y_o$  = Defleksi tiang maksimum ( $m$ )

$\alpha$  (*alpha*) = Faktor adhesi antara tanah dan tiang

$\beta$  = Koefisien defleksi tiang

$\beta_l$  = 0,85 untuk  $f'c \leq 30 \text{ Mpa}$

$\beta_c$  = Sisi panjang kolom / sisi pendek kolom

$\Delta l$  = Interval lapisan ( $m$ )

$\delta_e$  (*delta e*) = Deformasi elastis

$\delta_m$  = Simpangan maksimum

$\delta_p$  = Deformasi plastis

- $\delta_{xe}$  = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan dan ditentukan sesuai dengan analisis elastis
- $\delta_y$  = Pelelehan pertama
- $\phi$  (*phi*) = Faktor reduksi lentur; Faktor reduksi; jika  $D < 1$  m  $\rightarrow \phi = 0,8$  dan  $D > 1$  m  $\rightarrow \phi = 0,75$
- $\lambda$  = Angka kelangsingan
- $\rho$  = Faktor redundansi untuk desain seismik
- $\rho$  (*rho*) = Rasio tulangan, faktor redundansi untuk desain seismik
- $\rho_b$  = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang
- $\rho_g$  = Rasio penulangan total terhadap luas penampang kolom
- $\rho_{maks}$  = Rasio penulangan maksimum
- $\rho_{min}$  = Rasio penulangan minimum
- $\sigma_b$  (*sigma b*) = Tegangan ijin beton (*MPa*)
- $\Sigma P_v$  = Jumlah beban vertikal (*ton*)
- $\Sigma x^2$  = Jumlah kuadrat jarak arah *x* (ordinat-ordinat) tiang (*m*)
- $\Sigma y^2$  = Jumlah kuadrat jarak arah *y* (absis-absis) tiang (*m*)
- $\Psi$  (*psi*) = Koefisien pengali dari percepatan puncak muka tanah (termasuk faktor keutamaannya) untuk mendapatkan faktor respons gempa vertikal, bergantung pada wilayah gempa.
- $\omega$  = Faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang