

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	v
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xxi
<b>ABSTRAK</b> .....	xxiii
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Maksud dan Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1. Tinjauan Umum.....	6
2.2. Sistem Struktur .....	8
2.3. Konsep Pemilihan Struktur .....	12
2.3.1 Elemen-Element Struktur .....	13
2.3.2 Material/Bahan Struktur .....	13
2.4. Konsep Desain Perencanaan Struktur .....	14
2.4.1 Analisis Gaya .....	14

2.4.2	Perencanaan Kapasitas .....	15
2.4.3	Metode Analisis Struktur Terhadap Gempa.....	15
2.5.	Pembebanan Pada Bangunan .....	17
2.5.1.	Beban Mati .....	17
2.5.2.	Beban Hidup.....	19
2.5.3.	Beban Angin.....	20
2.5.4.	Beban Gempa .....	21
2.5.5.	Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan.....	22
2.5.6.	Faktor Reduksi Kekuatan .....	24
2.6.	Struktur Tahan Gempa .....	25
2.6.1.	Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan .....	25
2.6.2.	Daktilitas Struktur .....	27
2.6.3.	Faktor $R$ , $\Omega_0$ dan $C_d$ dalam Perancangan Sistem Penahan Gaya Gempa .....	31
2.6.4.	Koefisien Gempa Dasar (C) .....	33
2.6.5.	Parameter Percepatan Gempa.....	34
2.6.6.	Kelas Situs .....	35
2.6.7.	Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektral Berdasarkan Risiko Tertarget ( $MCE_R$ ) .....	37
2.6.8.	Parameter Percepatan Spektral Desain.....	38
2.6.9.	Desain Respon Spektrum.....	38
2.4.10.	Periode Getar (T).....	41
2.7.	Perencanaan Elemen Struktur .....	42
2.7.1.	Perencanaan Kuda-Kuda .....	42
2.7.2.	Perencanaan Pelat.....	44
2.7.3.	Perencanaan Tangga.....	47
2.7.4.	Perencanaan Balok .....	48
2.7.5.	Perencanaan Kolom.....	51
2.7.6.	Perencanaan Struktur Bawah.....	54
2.7.7.	Daya Dukung Vertikal Tiang Tunggal.....	56

	2.7.8. Daya Dukung Ijin Tiang Group ( $P_{all}$ Group) .....	59
	2.7.9. Beban Maksimum ( $P_{maks}$ ) Terjadi pada Tiang Akibat Pembebanan.....	60
	2.7.10. Kontrol Terhadap Momen yang Terjadi dengan Metode Brohm.....	60
	2.7.11. Perencanaan <i>Pile Cap</i> .....	61
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI</b> .....	62
	3.1. Pendahuluan .....	62
	3.2. Langkah-Langkah Perencanaan Struktur .....	62
	3.2.1. Pengumpulan Data .....	62
	3.2.2. Perhitungan Pembebanan .....	63
	3.3. Analisis Struktur dengan <i>Software</i> ETABS v.9.7.2 .....	64
	3.3.1. Tahap Perencanaan Struktur dengan <i>Software</i> ETABS v.9.7.2.....	64
	3.3.2. Desain Skematik.....	65
	3.3.3. Perhitungan Beban Struktur .....	66
	3.3.4. Analisis Struktur.....	67
	3.3.5. Desain Struktur.....	67
<b>BAB IV</b>	<b>PERHITUNGAN STRUKTUR</b> .....	69
	4.1. Tinjauan Umum.....	69
	4.2. Kriteria Desain .....	70
	4.3. Analisis Struktur.....	70
	4.3.1. Beban Mati ( <i>Dead Load</i> ).....	70
	4.3.2. Beban Hidup ( <i>Live Load</i> ).....	71
	4.4. Perhitungan Beban Gempa ( <i>Quake Load</i> ).....	71
	4.4.1. Kontrol Partisipasi Massa.....	75
	4.4.2. Periode Fundamental Pendekatan .....	76
	4.4.3. Koefisien Respon Seismik.....	77
	4.4.4. Hasil Analisis Dinamis ETABS v.9.7.2 .....	79

4.5.	Struktur Atap Gedung .....	82
4.5.1.	Perencanaan Gording .....	83
4.5.2.	Perhitungan Struktur Kuda-Kuda.....	87
4.6.	Perhitungan Pelat Lantai .....	89
4.6.1.	Penentuan Tebal Pelat Lantai .....	90
4.6.2.	Pembebanan Pada Pelat Lantai.....	90
4.6.3.	Karakteristik Material Beton .....	90
4.6.4.	Perhitungan Pelat Lantai .....	90
4.7.	Perencanaan Pembebanan Tangga .....	101
4.7.1.	Tinjauan Umum.....	101
4.7.2.	Perhitungan Tangga (Tipe 1).....	102
4.7.3.	Penulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes .....	106
4.8.	Perhitungan Balok Induk.....	112
4.8.1.	Perhitungan Tulangan Utama Balok Induk G4 .....	112
4.8.2.	Perhitungan Tulangan Geser .....	119
4.8.3.	Perhitungan Tulangan Torsi .....	120
4.8.4.	Perhitungan Tulangan Susut atau Pinggang.....	121
4.9.	Perhitungan Balok Anak .....	122
4.9.1.	Perhitungan Tulangan Utama Balok Anak B4 .....	122
4.9.2.	Perhitungan Tulangan Geser .....	128
4.9.3.	Perhitungan Tulangan Torsi .....	130
4.10.	Perhitungan Kolom KA1 80x80.....	131
4.10.1.	Perhitungan Tulangan Utama Kolom.....	132
4.10.2.	Perhitungan Tulangan Sengkang.....	133
4.10.3.	Kapasitas Penampang Kolom.....	134
4.11.	Perhitungan Pondasi .....	136
4.11.1.	Perhitungan Kapasitas Pondasi Tiang Pancang.....	136
4.11.2.	Perhitungan Tiang Pancang dan <i>Pile Cap</i> .....	139
4.11.3.	Perhitungan Tahanan Lateral Tiang Pancang Berdasarkan Defleksi Tiang Maksimum Metode Brhoms .....	141
4.11.4.	Perhitungan Kekuatan Pondasi.....	143

4.11.5. Penulangan <i>Pile Cap</i> .....	148
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	154
5.1 Kesimpulan.....	154
5.2 Saran.....	165
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	xxv
<b>LAMPIRAN</b> .....	xxvii

## DAFTAR NOTASI

$A_b$	= luas penampang ujung tiang ( $cm^2$ ); luas penampang tiang ( $cm^2$ )
$A_g$	= luas bruto penampang ( $mm^2$ )
$A_s$	= luas tulangan tarik ( $mm^2$ ); luas selimut tiang ( $cm^2$ )
$A_{sh}$	= luas penampang inti beton, di ukur dari serat terluar hoop ke serat terluar hoop di sisi lainnya.
$A_p$	= luas penampang tiang ( $cm^2$ )
$A_v$	= luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak $s$ ( $mm^2$ )
$A'_s$	= luas tulangan tekan ( $mm^2$ )
$b$	= lebar penampang balok ( $mm$ )
$b_w$	= lebar badan atau diameter penampang lingkaran ( $mm$ )
$C_a$	= koefisien akselerasi
$C_d$	= faktor pembesaran defleksi
$CP$	= <i>Collapse Prevention</i>
$C_s$	= koefisien respons seismik; kohesi <i>undrained</i> ( $ton/m^2$ )
$C_t$	= koefisien rangka beton pemikul momen
$C_u$	= koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung
$C_v$	= koefisien respon gempa vertikal
$D$	= diameter tiang ( $cm$ )
$DF$	= faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didisain
$DL$	= <i>dead load</i> (beban mati)
$D_t$	= displacement total
$D_1$	= displacement pertama
$d$	= tinggi efektif pelat; jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik ( $mm$ ); diameter tiang ( $cm$ )
$E$	= pengaruh beban gempa
$E_c$	= modulus elastisitas beton ( $MPa$ )
$E_g$	= Efisiensi kelompok tiang
$E_h$	= pengaruh beban gempa horisontal

$E_s$	= modulus elastisitas tulangan ( $MPa$ )
$E_v$	= pengaruh beban gempa vertikal
$F$	= gaya lateral ekuivalen
$F_a$	= koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)
$F_S$	= faktor keamanan = 2,5
$F_{sc}$	= <i>local friction</i> ( $kg/cm^2$ )
$F_v$	= koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik)
$f_s$	= tahanan selimut sepanjang tiang ( $kg/cm^2$ )
$f_y$	= tegangan leleh profil baja ( $MPa$ )
$f'_c$	= kuat tekan karakteristik beton ( $MPa$ )
$H$	= tebal lapisan tanah ( $m$ )
$h_c$	= lebar penampang inti beton (yang terkekang) ( $mm$ )
$h_n$	= ketinggian struktur ( $m$ )
$h_x$	= spasi horisontal maksimum untuk kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada muka kolom
$I$	= faktor keutamaan struktur
$IO$	= <i>Immediate Occupancy</i>
$J$	= koefisien lengan momen
$k$	= faktor panjang efektif
$k_c$	= faktor tahanan ujung
$LL$	= <i>live load</i> (beban hidup)
$LS$	= <i>Life Safety</i>
$l_n$	= panjang sisi terpanjang
$l_o$	= panjang minimum
$MCE_R$	= 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 $y$ ( $ton.m$ )
$m$	= jumlah lapisan tanah yang ada di atas tanah dasar; jumlah tiang dalam 1 kolom
$n$	= jumlah lantai gedung
$n$	= jumlah tingkat gedung; jumlah tiang dalam 1 baris; banyaknya tiang pancang
$n_x$	= banyaknya tiang dalam satu baris arah $y$
$n_y$	= banyaknya tiang dalam satu baris arah $x$
$p$	= keliling tiang ( $cm$ )
$P_{ijm} = P_{all}$	= daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal ( $ton$ )
$P_{maks}$	= beban maksimum yang diterima 1 tiang ( $ton$ )
$P_n$	= kuat nominal penampang yang mengalami tekan ( $N$ )
$P_{tiang}$	= daya dukung tiang pancang ( $ton$ )
$P_u$	= kuat beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu ( $N$ )
$Q_{all}$	= nilai daya dukung tanah ( $ton$ )
$Q_E$	= pengaruh gaya seismik horisontal dari V
$Q_p$	= tahanan ujung selimut tiang ( $kg$ )
$Q_s$	= tahanan geser selimut tiang ( $kg$ )
$Q_{ult}$	= daya dukung pondasi tiang pancang ( $ton$ )
$q_c$	= tahanan konus pada ujung tiang ( $kg/cm^2$ )
$q_{cb}$	= conus resistance rata-rata $1,5D$ di bawah ujung tiang ( $N/mm^2$ )
$q_{cu}$	= conus resistance rata-rata $1,5D$ di atas ujung tiang ( $N/mm^2$ )
$R$	= faktor reduksi gempa; radius girrasi
$R_x$	= resultan gaya arah $x$
$R_y$	= resultan gaya arah $y$
$S_a$	= spektrum respons percepatan disain
$S_{DS}$	= parameter respons spektral percepatan disain pada perioda pendek



$S_{DI}$	= parameter respons spektral percepatan disain pada perioda 1 detik
$S_{MS}$	= parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek
$S_{MI}$	= parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik
$S_s$	= percepatan batuan dasar pada perioda pendek
$s_x$	= spasi longitudinal tulangan transversal dalam panjang $l_0$
$S_I$	= percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik
$s$	= jarak antar tiang ( $cm$ )
$T_a$	= perioda getar fundamental struktur
$T_{eff}$	= waktu getar gedung efektif ( $dt$ )
$t_i$	= tebal lapisan tanah ke - i
$V$	= gaya lateral ( $kg$ )
$V_t$	= beban gempa dasar nominal
$V_e$	= gaya geser rencana
$V_n$	= kuat geser nominal penampang ( $N$ )
$V_s$	= kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i; kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser ( $N$ )
$V_{sway}$	= gaya geser rencana berdasarkan momen kapasitas pada balok
$V_u$	= gaya geser terfaktor penampang ( $N$ )
$V_x$	= beban gempa arah $x$
$V_y$	= beban gempa arah $y$
$W$	= berat lantai
$W_t$	= berat total struktur
$x$	= absis tiang ke pusat koordinat penampang ( $m$ )
$y$	= ordinat tiang ke pusat koordinat penampang ( $m$ )
$\alpha$ ( $alpha$ )	= faktor adhesi antara tanah dan tiang
$B_{eff}$	= indeks kepercayaan efektif
$\beta_1$	= 0,85 untuk $f'c \leq 30 \text{ Mpa}$
$\beta_c$	= sisi panjang kolom / sisi pendek kolom
$\delta_e$ ( $delta e$ )	= deformasi elastis
$\delta_p$	= deformasi plastis

$\delta_m$	= simpangan maksimum
$\delta_{xe}$	= defleksi pada lokasi yang disyaratkn dan ditentukan seuai dengan analisis elastis
$\delta_y$	= pelelehan pertama
$\rho$ ( <i>rho</i> )	= 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
$\rho_{min}$	= rasio penulangan minimum
$\rho_{maks}$	= rasio penulangan maksimum
$\sigma_b$ ( <i>sigma b</i> )	= tegangan ijin beton ( <i>MPa</i> )
$\sigma_{pons}$	= tegangan geser pons pada pile cap ( <i>kg/cm<sup>2</sup></i> )
$\phi$ ( <i>phi</i> )	= faktor reduksi lentur
$\lambda$	= angka kelangsingan
$\Psi$ ( <i>psi</i> )	= koefisien pengali dari percepatan puncak muka tanah (termasuk faktor keutamaannya) untuk mendapatkan faktor respons gempa vertikal, bergantung pada wilayah gempa.
$\Sigma M_c$	= jumlah Mn kolom yang bertemu di joint balok kolom.
$\Sigma M_g$	= jumlah Mn balok yang bertermu di joint balok kolom.
$\Sigma P_v$	= jumlah beban vertikal ( <i>ton</i> )
$\Sigma x^2$	= jumlah kuadrat jarak arah <i>x</i> (ordinat-ordinat) tiang ( <i>m</i> )
$\Sigma y^2$	= jumlah kuadrat jarak arah <i>y</i> (absis-absis) tiang ( <i>m</i> )
$\Delta l$	= interval lapisan ( <i>m</i> )

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Berat Bahan Bangunan .....	17
Tabel 2.2	Daftar Beban Hidup pada Lantai Ruangan Gedung .....	19
Tabel 2.3	Reduksi Kekuatan .....	24
Tabel 2.4	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa .....	25
Tabel 2.5	Faktor Keutamaan Gempa .....	27
Tabel 2.6	Faktor $R$ , $\Omega_0$ dan $C_d$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	32
Tabel 2.7	Klasifikasi Situs .....	36
Tabel 2.8	Koefisien Situs, $F_a$ .....	37
Tabel 2.9	Koefisien Situs, $F_v$ .....	38
Tabel 2.10	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	41
Tabel 2.11	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	41
Tabel 2.12	Koefisien Pembatas Periode Getar Struktur .....	42
Tabel 2.13	<i>Skin Friction</i> Berdasarkan Jenis Tanah dan Tipe Tiang .....	58
Tabel 4.1	Nilai Hasil Tes <i>Bore Log</i> .....	72
Tabel 4.2	Hasil dari Modal Partisipasi Massa Rasio .....	75
Tabel 4.3	Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung.....	76
Tabel 4.4	Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	76
Tabel 4.5	Faktor Keutamaan Gempa .....	78
Tabel 4.6	Periode Getar Alami Struktur .....	80
Tabel 4.7	Berat Beban Tiap Lantai .....	81
Tabel 4.8	Penulangan Balok Induk G4 (30/70) .....	121
Tabel 4.9	Penulangan Balok Anak B4 (20/40) .....	130
Tabel 4.10	Nilai $N$ -SPT Mayerhof .....	136
Tabel 4.11	Gesekan Selimut Tiang .....	138
Tabel 4.12	Daya Dukung Selimut Tiang (QS).....	139

Tabel 4.13	Nilai $n_h$ untuk Tanah Granular ( $c = 0$ ) (Hary Christady, 2011) ..	142
Tabel 4.14	Data Susunan Tiang Pancang .....	144
Tabel 5.1	Optimasi Pelat Lantai.....	155
Tabel 5.2	Optimasi Tangga.....	155
Tabel 5.3	Optimasi Balok .....	156
Tabel 5.4	Optimasi Kolom.....	160
Tabel 5.5	Optimasi Pondasi .....	162
Tabel 5.6	Jumlah Penggunaan Pondasi Tiang .....	163

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Beberapa Konfigurasi Portal Terbuka.....	10
Gambar 2.2	Konfigurasi Portal Dinding .....	11
Gambar 2.3	Konfigurasi Perletakan Dinding Geser .....	12
Gambar 2.4	Beban Gempa Pada Struktur Bangunan.....	22
Gambar 2.5	Deformasi Elastis pada Struktur.....	29
Gambar 2.6	Deformasi Plastis pada Struktur.....	29
Gambar 2.7	Permodelan Arah Beban Gempa Pada Struktur .....	31
Gambar 2.8	$S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko – Tertarget ( $MCE_R$ ), Kelas Situs SD (Tanah Sedang).....	33
Gambar 2.9	$S_1$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko – Tertarget ( $MCE_R$ ), Kelas Situs SD (Tanah Sedang).....	33
Gambar 2.10	Peta Parameter $S_y$ (Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek) untuk Kota Semarang dan Sekitarnya.....	34
Gambar 2.11	Peta Parameter $S_l$ (Percepatan Batuan Dasar Pada Periode 1 detik) untuk Kota Semarang dan Sekitarnya.....	35
Gambar 2.12	Desain Respons Spektrum .....	40
Gambar 2.13	Struktur Tangga.....	48
Gambar 2.14	Dimensi Balok.....	49
Gambar 2.15	Diagram Interaksi Kolom.....	52
Gambar 2.16	Grafik Hubungan Antara Kohesi dan Nilai $N$ .....	58
Gambar 2.17	Grafik Faktok Adhesi pada Tanah Kohesif.....	59
Gambar 2.18	Grafik $Brhoms$ untuk Ultimate Lateral Resistance (Das 2004) ....	61
Gambar 3.1	Diagram Alir Perencanaan Umum Struktur Gedung .....	68
Gambar 4.1	Tampak 3D Model Struktur .....	69
Gambar 4.2	Peta Koordinat Lokasi.....	73
Gambar 4.3	Grafik Respon Spektrum Jenis Tanah Sedang Wilayah Semarang.....	74
Gambar 4.4	Grafik Respons Spektrum IBC 2006 .....	74

Gambar 4.5	Denah Atap Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Semarang.....	83
Gambar 4.6	Kuda-Kuda Utama WF 250.125 .....	88
Gambar 4.7	Reaksi Tumpuan Kuda-Kuda.....	89
Gambar 4.8	Detail Penulangan Pelat S1 .....	100
Gambar 4.9	Detail Tangga Tipe 1.....	102
Gambar 4.10	Detail Jarak Tangga Tipe 1 .....	103
Gambar 4.11	Permodelan Struktur Tangga Tipe 1 .....	105
Gambar 4.12	Momen Maksimum Tangga .....	106
Gambar 4.13	Detail Tulangan Balok Induk G4 30/70 (a) Melintang Tumpuan (b) Melintang Lapangan.....	121
Gambar 4.14	Detail Tulangan Balok Anak B4 20/40 Melintang Tumpuan (b) Melintang Lapangan.....	130
Gambar 4.15	Tampak Samping Kolom (Sumbu x) .....	131
Gambar 4.16	Tampak Atas Kolom .....	131
Gambar 4.17	Cek Kapasitas Penampang dengan PCA Column.....	135
Gambar 4.18	Detail Penulangan Kolom .....	135
Gambar 4.19	<i>Pile Cap</i> As E 10.....	140
Gambar 4.20	Tulangan Lentur Arah x.....	148
Gambar 4.21	Tulangan Lentur Arah y.....	150
Gambar 4.22	Penulangan <i>Pile Cap</i> .....	153
Gambar 5.1	Grafik Optimasi Balok .....	160
Gambar 5.2	Grafik Optimasi Tulangan Kolom .....	161
Gambar 5.3	Grafik Optimasi Pondasi Tiang.....	164