



**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN TAMANSARI AMARTA
YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil

Disusun Oleh :

DODY PURNOMO NIM.5113415030

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Dody Purnomo
NIM : 5113415030
Program Studi : Teknik Sipil, S1
Judul : Perencanaan Ulang Struktur Gedung Apartemen Tamansari
Amarta Yogyakarta

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia Ujian Skripsi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Hari : Rabu
Tanggal : 8 Januari 2020

Dosen Pembimbing



Ir. Agung Sutarto, M.T.
NIP.196104081991021001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN TAMANSARI AMARTA YOGYAKARTA" telah dipertahankan di depan sidang panitia ujian skripsi fakultas teknik universitas negeri semarang, pada tanggal, Januari 2020.

Oleh:

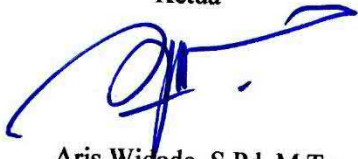
Nama : Dody Purnomo

NIM : 5113415030

Program Studi : Teknik Sipil, S1

Panitia:

Ketua



Aris Widodo, S.Pd, M.T.
NIP.19710207199031001

Sekretaris



Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc.
NIP.197809212005012001

Penguji 1



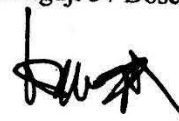
Hanggoro Tri Cahyo A, S.T., M.T.
NIP.197505292005011001

Penguji 2



Mego Purnomo, S.T., M.T.
NIP.197306182005011001

Penguji 3 / Dosen Pembimbing



Ir. Agung Sutarto, M.T.
NIP.196104081991021001

Mengetahui,

Dean Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM
NIP.196911301994031001

iii

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi/Tugas Akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing dan masukan tim penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 8 Januari 2020

Yang membuat pernyataan,



Dody Purnomo

NIM.5113415030

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

1. Tiada doa yang lebih khusus selain doa agar skripsi ini cepat selesai.
2. Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan? Semua yang ada di Bumi itu akan binasa. (QS. Ar-Rahman, 25-26)
3. Gedung membutuhkan pondasi agar dapat berdiri dengan kokoh, begitupun aku membutuhkan seorang pendamping agar dapat menyepurnakan ibadahku kepada Allah SWT.

PERSEMBAHAN :

1. Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat dibuat dan lancar dalam mengerjakannya.
2. Untuk Ibu dan Bapak tercinta yang telah memberikan dukungan serta doa sehingga bisa menyelesaikan skripsi ini.
3. Dosen pembimbing skripsi, Bapak Ir. Agung Sutarto, M.T., Dosen penguji 1 Bapak Hanggoro Tri Cahyo A, S.T., M.T., Dosen penguji 2 Bapak Mego Purnomo, S.T., M.T., terima kasih untuk bimbingan, nasehat, dan kesabaran dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Dosen wali Bapak Karuniadi Satrijo Utomo, S.T., M.T., dan seluruh Dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang, terima kasih untuk ilmu yang telah diajarkan.
5. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2015 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terima kasih atas kebersamaan dalam menempuh pendidikan di Universitas Negeri Semarang ini.

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN TAMANSARI AMARTA YOGYAKARTA

Dody Purnomo
Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
Email : dodypurnomo97@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat merupakan salah satu prosedur dalam membangun suatu bangunan. Tahapan ini merupakan tahapan yang penting agar hasil dari bangunan yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik, serta menimbulkan rasa aman bagi penggunanya. Tidak semua orang dapat merencanakan struktur bangunan. oleh karena itu, dengan menyusun tugas akhir ini penulis diharap mampu merencanakan perencanaan bangunan gedung, mulai dari struktur bawah hingga struktur atas. Gedung direncanakan dengan tingkat daktilitas tinggi, agar saat terjadi gempa kuat struktur gedung tidak runtuh. Dengan menentukan kategori desain seismik berdasarkan kategori resiko gempa, bangunan masuk kategori desain seismik D. Gedung termasuk ke dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa $I_e = 1,0$. Tanah di lokasi yang tergolong tanah sedang didapat dari hasil penyelidikan tanah dengan N-SPT kedalaman sampai 30 meter. Parameter percepatan gempa, spektrum respons percepatan dan respons spektrum desain dapat diketahui secara detail melalui situs online Dinas PU di link:<http://puskim.go.id/Aplikasi/desain-spektraIndonesia2011/>. Struktur didesain menggunakan Sistem Ganda yaitu gabungan dari sistem rangka pemikul momen dengan dinding geser dengan nilai koefisien modifikasi respons (R) 8. Faktor kegempaan dirancang menggunakan statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum. Periode maksimum untuk syarat batas periode gedung adalah 3,024 detik. Waktu getar gedung untuk mode satu didapatkan sebesar 2,032 detik dan mode dua sebesar 1,80 detik, sehingga batasan periode terpenuhi. Simpangan antar lantai baik gempa statik dan dinamik arah x dan y tidak melebihi simpangan yang diijinkan sehingga struktur tahan terhadap gempa.

Kata Kunci : Gedung, Respon Spektrum, Gempa

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Ulang Struktur Gedung Apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta”. Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat meraih gelar sarjana teknik pada program studi Teknik Sipil S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebagai penghargaan kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta, Bapak Sarso dan Ibu Ruhesih sebagai kedua orang tua penulis.
2. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., sebagai Rektor Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Nur Qudus, M.T., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Aris Widodo, S.Pd.,M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
5. Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc., sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
6. Hanggoro Tri Cahyo A, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji 1 skripsi penulis.
7. Mego Purnomo, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji 2 skripsi penulis.

8. Ir. Agung Sutarto, M.T., sebagai Dosen Pembimbing yang selalu penuh kesabaran dan perhatian dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Semua Dosen Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah mendidik penulis dan memberi ilmu yang berharga.
10. Semua teman-teman di lingkungan Universitas Negeri Semarang yang selalu memberi dukungan kepada penulis selama masa studi dan penyusunan skripsi ini.
11. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penelitian lain yang relevan di bidang struktur bangunan.

Semarang, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir.....	4
BAB II STUDI PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5

2.2	Struktur.....	6
2.2.1	Struktur Atas.....	6
2.2.2	Struktur Bawah.....	9
2.3	Kriteria Desain Struktur.....	14
2.3.1	Elemen Struktur.....	14
2.3.2	Kemampuan Layan (serviceability).....	15
2.3.3	Efisiensi.....	16
2.3.4	Konstruksi.....	16
2.3.5	Ekonomis.....	17
2.3.6	Lain-lain.....	17
2.4	Pembebanan dan Kombinasinya.....	17
2.4.1	Pembebanan.....	17
2.4.2	Kombinasi Pembebanan.....	20
2.5	Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	21
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN.....		22
3.1	Diagram Alur Perencanaan.....	22
3.2	Tahap Pengumpulan Data.....	23
3.2.1	Data Tanah.....	23
3.2.2	Data Lokasi Perencanaan.....	24
3.2.3	Pemilihan Kriteria Desain dan Spesifikasi Bangunan.....	24
3.2.4	Pengumpulan Gambar.....	26

3.3	Perencanaan Struktur Atas	28
3.3.1	Perencanaan Kolom.....	28
3.3.2	Perencanaan Balok.....	38
3.3.3	Perencanaan Pelat Lantai.....	49
3.3.4	Perencanaan Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	54
3.3.5	Perencanaan Tangga dan Bordes.....	57
3.4	Analisis Desain Seismik (SNI Gempa 1726:2012).....	63
3.4.1	Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan (<i>I_e</i>).....	63
3.4.2	Menentukan Parameter Percepatan Gempa (<i>S_s, S₁</i>).....	66
3.4.3	Menentukan Kelas Situs.....	66
3.4.4	Menentukan Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral Percepatan	69
3.4.5	Parameter Percepatan Spektral Desain.....	70
3.4.6	Menentukan Spektrum Respons Desain.....	71
3.4.7	Menentukan Kategori Desain Seismik.....	71
3.4.8	Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem.....	73
3.4.9	Batasan Periode Fundamental.....	73
3.4.10	Perhitungan Geser Dasar Seismik.....	75
3.5	Pembebanan Struktur	77
3.5.1	Beban Mati.....	77
3.5.2	Beban Hidup.....	77

3.5.3	Kombinasi Pembebanan.....	78
3.5.4	Beban Gempa.....	79
3.6	Perencanaan Pondasi.....	80
3.6.1	Daya Dukung Pondasi Tiang Bor.....	80
3.6.2	Daya Dukung Ujung Tiang.....	81
3.6.3	Daya Dukung Gesekan Tiang.....	81
3.6.4	Penentuan Kapasitas Tiang Group.....	82
3.6.5	Menentukan Jumlah Tiang dan Konfigurasi Titik Tiang.....	82
3.6.6	Cek Terhadap Geser Pons.....	82
3.6.7	Cek Terhadap Geser Lentur.....	83
3.6.8	Perhitungan Pile Cap.....	83
BAB IV DESAIN STRUKTUR.....		85
4.1	Pemodelan Struktur.....	85
4.1.1	Material Struktur.....	85
4.1.2	Detail Elemen Struktur.....	86
4.1.3	Pembebanan Struktur Gedung.....	87
4.1.4	Analisis Beban Gempa.....	93
4.2	Tahap Perencanaan Struktur dengan Program ETABS 2016 v16.2.1	115
4.2.1	Tahap 1 : Membuat Desain Struktur dengan ETABS 2016.....	115
4.2.2	Tahap 2 : Input Material Perencanaan.....	117
4.2.3	Tahap 3 : Input Elemen Struktur.....	118

4.2.4	Tahap 4 : Penggambaran Model Struktur.....	123
4.2.5	Tahap 5 : Input Respons Spektrum Functions.....	125
4.2.6	Tahap 6 : Input Kombinasi Pembebanan.....	125
4.2.7	Tahap 7 : Input Tipe Modal Case.....	126
4.2.8	Tahap 8 : Input Load Patterns (Dead, Superdead, Live, Seismic/Gempa Statik Equivalen).....	127
4.2.9	Tahap 9 : Input Load Cases.....	129
4.2.10	Tahap 10 : Pemodelan Tumpuan Pondasi.....	129
4.2.11	Tahap 11 : Input Pembebanan Gedung.....	130
4.2.12	Tahap 12 : Input Diaphragm (kekakuan sambungan balok - kolom)	131
4.2.13	Tahap 13 : Memasukan Parameter Massa (Mass Source).....	131
4.2.14	Tahap 14 : Analisis Struktur.....	132
4.2.15	Tahap 15 : Pembacaan/Cek Hasil Analisis.....	133
4.3	Perhitungan Desain Struktur	133
4.3.1	Perhitungan Balok.....	133
4.3.1.1	Perhitungan Praktis dengan ETABS	133
4.3.1.2	Perhitungan Manual dengan Program Excel.....	139
4.3.1.2.1	Menentukan Persyaratan Komponen Struktur Balok	139
4.3.1.2.2	Perhitungan Tulangan Utama Balok.....	139
4.3.1.2.3	Perhitungan Tulangan Geser.....	149

4.3.1.2.4	Perhitungan Gaya Geser Balok.....	150
4.3.1.3	Perhitungan Tulangan Torsi.....	155
4.3.1.4	Desain Tulangan Badan	156
4.3.1.5	Perencanaan Panjang Penyaluran (<i>L_d</i>).....	156
4.3.1.6	Kontrol Lendutan Balok.....	157
4.3.2	Perhitungan Struktur Kolom	160
4.3.2.1	Perhitungan Praktis Kolom dengan ETABS	160
4.3.2.2	Perhitungan Manual Kolom	165
4.3.2.2.1	Data Perencanaan.....	165
4.3.2.2.2	Hasil Output Etabs	165
4.3.2.2.3	Perhitungan Kekakuan Kolom.....	166
4.3.2.2.4	Perhitungan Kekakuan Balok	166
4.3.2.2.5	Menentukan Faktor Panjang Efektif Kolom.....	167
4.3.2.2.6	Menentukan radius geser, <i>r</i>	167
4.3.2.2.7	Pembesaran Momen.....	168
4.3.2.2.8	Penulangan utama kolom.....	171
4.3.2.2.9	Diagram Interaksi Kolom	171
4.3.2.2.10	Menentukan beban aksial	172
4.3.2.2.11	Menentukan Tulangan Geser (Sengkang) Kolom	173
4.3.3	Perhitungan Pelat Lantai.....	180
4.3.3.1	Perhitungan Praktis Pelat Lantai	180

4.3.3.2	Perhitungan Manual Pelat Lantai	182
4.3.3.2.1	Data Perencanaan.....	182
4.3.3.2.2	Pembebanan Pelat	182
4.3.3.2.3	Menentukan Syarat-syarat Batas dan Bentang Perencanaan Pelat Lantai.....	183
4.3.3.2.4	Menentukan Tulangan Pokok Daerah Tumpuan dan Lapangan	186
4.3.4	Perencanaan Tangga dan Bordes.....	199
4.3.4.1	Perhitungan Dimensi Tangga.....	199
4.3.4.2	Pembebanan Tangga	200
4.3.4.3	Momen pada Struktur Pelat Tangga.....	201
4.3.4.4	Perencanaan Penulangan Pelat Tangga.....	202
4.3.4.5	Perencanaan Penulangan Pelat Bordes.....	205
4.3.5	Perencanaan Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	210
4.3.5.1	Data Perencanaan	211
4.3.5.2	Menentukan Kuat Geser sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.9.6.....	212
4.3.5.3	Ketentuan Tambahan Khusus untuk Shearwall	213
4.3.6	Perencanaan Tie Beam.....	215
4.3.6.1	Gaya aksial yang bekerja pada tie beam diambil dari kolom di atasnya	216
4.3.6.2	Pembebanan Tie Beam.....	216

4.3.6.3	Perencanaan Tulangan Longitudinal.....	217
4.3.6.4	Perhitungan Tulangan Transversal (sengkang).....	219
4.4	Perencanaan Pondasi Tiang Bor (<i>Borpile</i>).....	221
4.4.1	Daya Dukung Pondasi Tiang Bor.....	221
4.4.2	Jumlah Tiang yang dibutuhkan dalam Desain.....	225
4.4.3	Distribusi Beban Kolom ke masing-masing Tiang.....	227
4.4.4	Menghitung Tinggi dan Penulangan Pile Cap Tipe P-1.....	228
4.4.5	Menghitung Tinggi dan Penulangan Pile Cap Tipe P-2.....	232
4.4.6	Menghitung Tinggi dan Penulangan Pile Cap Tipe P-3.....	235
4.4.7	Menghitung Tinggi dan Penulangan Pile Cap Tipe P-4.....	238
4.5	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	244
4.5.1	Volume Struktur Gedung.....	245
4.5.2	Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	246
4.5.3	Time Schedule (Kurva S).....	249
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		255
5.1	Simpulan	255
5.2	Saran.....	257
DAFTAR PUSTAKA		258

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Elevasi dan Kedalaman Penyelidikan Tanah	23
Tabel 3.2 Data Tanah N-SPT Proyek Tamansari Amarta.....	23
Tabel 3.3 Kriteria Desain Pembanguna Gedung Apartemen Tamansari Amarta.	24
Tabel 3.4 Spesifikasi bangunan.....	25
Tabel 3.5. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung.....	64
Tabel 3.6. Faktor Keutamaan Gempa.	65
Tabel 3.7. Klasifikasi Situs.	66
Tabel 3.8. Koefisien Situs, F_a	70
Tabel 3.9. Koefisien Situs, F_v	70
Tabel 3.10. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.....	72
Tabel 3.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik.....	72
Tabel 3.12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (untuk rangka beton bertulang pemikul momen.....	73
Tabel 3.13 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	74
Tabel 3.14 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	74
Tabel 3.15 Beban hidup terdistribusi minimum menurut SNI 1727:2013.....	77
Tabel 4.1 Material Beton yang digunakan dalam Perencanaan	86
Tabel 4.2 Detail Elemen Struktur Balok	87

Tabel 4.3 Detail Elemen Struktur Kolom	87
Tabel 4.4 Detail Elemen Struktur Shearwall.....	87
Tabel 4.5 Kombinasi Pembebanan pada Struktur Gedung	89
Tabel 4.6 Jenis Beban Mati pada Gedung.....	90
Tabel 4.7 Tabel Data Nilai Soil Penetration Test	93
Tabel 4.8 Respons Spektrum Desain	97
Tabel 4.9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.	98
Tabel 4.10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.	99
Tabel 4.11 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	100
Tabel 4.12 Koefisien batas atas pada periode yang dihitung.....	102
Tabel 4.10 Berat Sendiri dan Massa Struktur Bangunan tiap Lantai.....	103
Tabel 4.13 Berat Struktur Gedung Apartemen	107
Tabel 4.14 Nilai Kurva Spektrum Gempa.....	110
Tabel 4.16 Besarnya gaya geser dasar nominal untuk masing-masing gempa...	113
Tabel 4.17 Simpangan Antar Lantai akibat Gempa Statik Arah X dan Y	114
Tabel 4.18 Simpangan Antar Lantai akibat Gempa Dinamik Arah X dan Y	115
Tabel 4.19 Output elemen balok yang ditinjau	136
Tabel 4.20 Rekapitulasi hasil praktis tulangan balok	138
Tabel 4.21 Rekapitulasi Tulangan Geser Praktis Balok	139

Tabel 4.22 Tulangan Pokok Hasil Perhitungan Manual	155
Tabel 4.23 Tulangan Geser Hasil Perhitungan Manual	155
Tabel 4.24 Output ETABS kolom.....	162
Tabel 4.25 Luas Tulangan Utama Kolom yang ditinjau	164
Tabel 4.26 Rekap tulangan praktis kolom.....	165
Tabel 4.27 Rekap Hasil Perhitungan Tulangan Manual Kolom	180
Tabel 4.28 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Praktis Tulangan Pelat Lantai	183
Tabel 4.29 Rekapitulasi hasil perhitungan Tulangan pelat lantai	196
Tabel 4.30 Output Momen Pelat Tangga M11 dan M22	203
Tabel 4.31 Output Momen Pelat Bordes M11 dan M22	206
Tabel 4.32 Rekapitulasi Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes	209
Tabel 4.33 Output Shearwall.....	211
Tabel 4.34 Data Tanah N-SPT	223
Tabel 4.35 Kuat Dukung Pondasi Tiang Bor dengan berbagai Diameter	225
Tabel 4.36 Distribusi Kolom ke masing-masing Tiang pada pile cap P-1.....	228
Tabel 4.37 Distribusi Kolom ke masing-masing Tiang pada pile cap P-2.....	228
Tabel 4.38 Distribusi Kolom ke masing-masing Tiang pada pile cap P-3.....	228
Tabel 4.38 Distribusi Kolom ke masing-masing Tiang pada pile cap P-4.....	229
Tabel 4.39 Rekapitulasi Hasil Desain Pile Cap	243
Tabel 4.40 Rekapitulasi volume struktur gedung Apartemen.....	246
Tabel 4.41 Rekapitulasi rencana anggaran biaya.....	248

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan di Sleman, Yogyakarta.....	24
Gambar 3.2 Denah Apartemen Tamansari Amarta.....	26
Gambar 3.3 Potongan Gedung Tamansari Amarta.....	27
Gambar 3.4 Tampak Gedung Tamansari Amarta.....	27
Gambar 3.5 Diagram regangan-tegangan balok.....	40
Gambar 3.6 Rangka Bergoyang Akibat Gempa Arah Kanan.....	46
Gambar 3.7 Rangka Bergoyang Akibat Gempa Arah Kiri.....	46
Gambar 3.8 Menentukan tipe tiang.....	81
Gambar 3.9 Panjang tiang dan tinggi tiang di atas permukaan tanah.....	81
Gambar 3.10 Data tiang.....	82
Gambar 3.11 Beban dan tipe tiang untuk <i>single pile</i>	82
Gambar 3.12 Beban dan tipe tiang untuk <i>group pile</i>	83
Gambar 3.13 Menginput data tanah.....	83
Gambar 4.1 Rencana Pemodelan Struktur Gedung Apartemen.....	85
Gambar 4.2 Pemilihan jenis input.....	95
Gambar 4.3 Output Desain Spektra.....	95
Gambar 4.4 Peristiwa bergetarnya struktur dalam 1 periode.....	100
Gambar 4.5 Waktu getar struktur Mode 1 (arah X).....	101
Gambar 4.6 Waktu getar struktur Mode 2 (arah Y).....	102

Gambar 4.7 Input Standar Perencanaan yang digunakan.....	116
Gambar 4.8 Pemodelan System Grid	117
Gambar 4.9 Input Material Beton	118
Gambar 4.10 Input Material Besi Tulangan.....	119
Gambar 4.11 Input Perencanaan Kolom	120
Gambar 4.12 Input Perencanaan Balok.....	121
Gambar 4.13 Input Data Perencanaan Pelat Lantai	121
Gambar 4.14 Input Data Perencanaan Shearwall.....	122
Gambar 4.15 Detail Penulangan dan Dimensi Elemen Shearwall dengan section designer	123
Gambar 4.16 General Reinforcing untuk Shearwall	124
Gambar 4.17 Permodelan Struktur Gedung	125
Gambar 4.18 Input Respons Spektrum Functions.....	126
Gambar 4.19 Input Kombinasi Pembebanan	127
Gambar 4.20 Input Tipe Modal Case	128
Gambar 4.21 Hasil Input Load Patterns	128
Gambar 4.22 Hasil Input Gempa Statik Equivalen arah – X	129
Gambar 4.23 Hasil Input Gempa Statik Equivalen arah – X	129
Gambar 4.24 Hasil Input Load Cases	130
Gambar 4.25 Pemilihan Model Tumpuan.....	131
Gambar 4.26 Input Diaphragms	132

Gambar 4.27 Input Mass Source	133
Gambar 4.28 Analisis struktur	133
Gambar 4.29 Tampak Luas Tulangan Utama Balok.....	135
Gambar 4.30 Tampak Luas Tulangan Geser (<i>sengkan</i>) Balok	135
Gambar 4.31 Gambar Output Etabs Momen Lapangan Balok	141
Gambar 4.32 Output Momen Tumpuan Balok B1.....	146
Gambar 4.33 Nilai geser maksimum pada balok (B1-450x750).....	152
Gambar 4.34 Rangka Bergoyang Akibat Gempa Arah Kanan	152
Gambar 4.35 Rangka Bergoyang akibat Gempa Arah Kiri	153
Gambar 4.36 Detail Penulangan Balok B1 – 450 x 750	156
Gambar 4.37 Hasil Etabs Tulangan Torsi.....	157
Gambar 4.38 Tampak Luas Tulangan Kolom pada As E	161
Gambar 4.39 Tampak Luas Tulangan Geser Kolom yang ditinjau	164
Gambar 4.40 Diagram momen hasil output ETABS untuk kolom	166
Gambar 4.41 Diagram interaksi kolom.....	173
Gambar 4.42 Detail penulangan kolom di dalam bentang <i>lo</i>	180
Gambar 4.43 Detail penulangan kolom di luar bentang <i>lo</i>	180
Gambar 4.44 Momen pada Pelat Lantai arah X (kiri) dan arah Y (kanan).....	181
Gambar 4.45 Output Momen M11 arah X – Tumpuan dan Lapangan	185
Gambar 4.46 Output Momen M22 arah Y – Tumpuan dan Lapangan	186
Gambar 4.47 Detail tulangan pelat lantai.....	197

Gambar 4.48 Analisis struktur tangga dengan SAP2000.....	202
Gambar 4.49 Detail tampak atas penulangan tangga.....	210
Gambar 4.50 Detail potongan penulangan tangga.....	210
Gambar 4.51 Detail Penulangan Shearwall	216
Gambar 4.52 Detail Penulangan Tie Beam.....	222
Gambar 4.53 Detail Pile Cap P-1	244
Gambar 4.54 Detail Pile Cap P-2.....	244
Gambar 4.55 Detail Pile Cap P-3.....	244
Gambar 4.56 Detail Pile Cap P-4.....	245
Gambar 4.57 Denah Pondasi Tiang Bor (Bored Pile).....	245

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar denah dan potongan.....	260
Lampiran 2. Gambar detail kolom.....	262
Lampiran 3. Gambar detail balok.....	266
Lampiran 4. Gambar detail pelat lantai.....	268
Lampiran 5. Gambar detail pelat tangga.....	269
Lampiran 6. Gambar detail shearwall.....	270
Lampiran 7. Gambar detail pile cap.....	271
Lampiran 8. Data tanah proyek tamansari amarta.....	274

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era pembangunan, semakin banyak bangunan bertingkat yang telah dibangun untuk memenuhi kebutuhan manusia. Bangunan bertingkat dibangun sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi kepadatan lahan pembangunan yang semakin lama semakin terbatas dikarenakan banyaknya pembangunan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti pembangunan perkantoran, mall, sekolah, perumahan, hotel dan lain-lain.

Proyek pembangunan tamansari amarta apartemen yang berada di Palagan, Yogyakarta terdiri dari 20 lantai. Lantai satu direncanakan sebagai lobi, kamar unit, sedangkan untuk lantai 2 sampai 20 berfungsi sebagai kamar unit. Pada proyek pembangunan gedung Tamansari Amarta direncanakan dengan menggunakan konstruksi beton bertulang. sesuai dengan fungsi, bangunan tersebut difungsikan sebagai gedung Apartemen.

Penyusunan tugas akhir ini dilakukan untuk merencanakan ulang struktur Gedung Tamansari Amarta menggunakan permodelan struktur analisis program ETABS 2016 versi 16.2.1. Dengan mengacu SNI Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Struktur Gedung dan non-Gedung SNI 1726:2012 serta dengan memperhatikan beban dan kombinasi beban harus seperti ditetapkan oleh Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727:2013 dan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana perencanaan struktur tahan gempa yang sesuai dengan kriteria desain struktur yang aman dan memenuhi syarat pada perencanaan ulang struktur gedung apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta menurut SNI 1726:2012?
2. Bagaimana merencanakan Struktur Gedung Apartemen Tamansari Amarta dengan menggunakan software ETABS 2016 versi 16.2.1?
3. Bagaimana merencanakan pondasi pada Gedung Apartemen Tamansari Amarta berdasarkan data tanah yang diperoleh?
4. Bagaimana merencanakan Rencana Anggaran Biaya dari Gedung Apartemen Tamansari Amarta?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Tujuan
 - a. Mengetahui langkah-langkah dalam mendesain struktur beton bertulang Apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta sesuai dengan perencanaan struktur beton SNI 2847:2013.
 - b. Mengetahui perencanaan struktur tahan gempa gedung apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta sesuai SNI 1726:2012.
 - c. Mengetahui perencanaan struktur gedung menggunakan software ETABS 2016 versi 16.2.1.

d. Merencanakan Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan dari Gedung Apartemen Tamansari Amarta.

2. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah menambah wawasan, pengalaman dan ilmu pengetahuan penulis tentang meredesain struktur bangunan gedung.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir adalah:

1. Bangunan yang akan di rencanakan adalah Gedung Apartemen Tamansari Amarta 20 lantai yang berada di Jalan Palagan Tentara Pelajar, Sleman, Yogyakarta.
2. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung Apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta menggunakan SNI 1726:2012.
3. Standar beban minimum yang digunakan untuk perancangan bangunan gedung Apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta adalah SNI 1727:2013. Standar ini memuat ketentuan beban minimum untuk merancang bangunan gedung dan struktur lain.
4. Persyaratan beton struktural yang digunakan untuk bangunan gedung Apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta adalah SNI 2847:2013.
5. Perhitungan manual hanya dilakukan pada elemen struktur yang ditinjau.

1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Untuk memberikan gambaran yang jelas dan mempermudah dalam pembahasan pada uraian, maka laporan tugas akhir disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

BAB II : STUDI PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang uraian umum, peraturan perencanaan, jenis material, pembebanan struktur, perencanaan struktur, dan tuntutan ketentuan umum perencanaan.

BAB III : METODOLOGI PERENCANAAN

Bab ini berisikan tentang Tahap Pengumpulan Data, Bagan Alir Desain Struktur, Langkah-langkah perencanaan struktur bangunan tahan gempa, aturan-aturan dan rumus yang dipakai dalam perhitungan gedung tinggi meliputi perhitungan Pondasi, Kolom, Balok, Plat Lantai, Shearwall, Tangga.

BAB IV : DESAIN STRUKTUR

Bab ini berisikan tentang Uraian secara Umum mengenai desain struktur, Permodelan Struktur, Analisis Struktur, Desain Struktur Atas, Desain Struktur Bawah, Gambar Detail Struktur Per Elemen yang ditinjau.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari keseluruhan perencanaan.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam SNI 1726:2012 disebutkan bahwa, Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur basemen, dan/atau struktur fondasinya. Prosedur analisis dan desain seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai yakni Analisis gaya lateral ekuivalen atau Analisis spektrum respons ragam, dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan. Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada besmen. Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari

struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia sendiri, gaya kinematik dan beban gempa yang berasal dari tanah sekelilingnya. Struktur bawah tidak boleh gagal dari struktur atas. Desain detail kekuatan (*strength*) struktur bawah harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana. Analisis deformasi dan analisis lain seperti penurunan total dan diferensial, tekanan tanah lateral, deformasi tanah lateral, dan lain-lain, dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan beban kerja (*working stress*).

2.2 Struktur

2.2.1 Struktur Atas

Komponen-komponen yang terdapat pada bagian struktur atas gedung antara lain sebagai berikut:

1. Kolom

Kolom merupakan komponen yang memiliki peran penting dalam suatu bangunan. Fungsi kolom adalah penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup.

Menurut SNI 03-2847-2013, kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga ditinjau.

Pada rangka atau konstruksi menerus, pertimbangan harus diberikan pada pengaruh beban lantai atau atap tak seimbang baik kolom interior dan eksterior serta dari pembebanan eksentris akibat penyebab lainnya (SNI 03-2847-2013)

2. Balok

Balok adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya serta sebagai penyalur momen ke kolom-kolom yang menopangnya. Balok yang bertumpu langsung pada kolom disebut dengan balok induk, sedangkan yang bertumpu pada balok induk disebut balok anak. Tulangan rangkap pada perancangan balok pada umumnya ditujukan untuk meningkatkan daktilitas tampang, pengendalian defleksi jangka panjang akibat adanya rangkai dan susut. (McCormac,2003).

3. Plat Lantai

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, jadi merupakan lantai tingkat. Plat lantai ini didukung oleh balok balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan.

4. Shearwall (*Dinding Geser*)

a. Definisi Shearwall

Dinding Geser (*shearwall*) adalah suatu struktur balok kantilever tipis yang langsing vertikal, untuk digunakan menahan gaya lateral. Biasanya dinding geser berbentuk persegi panjang, Box core suatu tangga, elevator atau shaft lainnya. Dan biasanya diletakkan di sekeliling lift, tangga atau shaft

guna menahan beban lateral tanpa mengganggu penyusunan ruang dalam bangunan.

Pada umumnya dinding geser dikategorikan berdasarkan geometrinya, yaitu :

1. *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $hw/l= 2$, dimana desain dikontrol terhadap perilaku lentur.
2. *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $hw=2$, dimana desain dikontrol terhadap perilaku lentur.
3. *Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding geser yang dihubungkan dengan balok-balok penghubung sebagai gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar dinding tersebut.

Dalam merencanakan dinding geser, perlu diperhatikan bahwa dinding geser yang berfungsi untuk menahan gaya lateral yang besar akibat beban gempa tidak boleh runtuh akibat gaya lateral, karena apabila dinding geser runtuh karena gaya lateral maka keseluruhan struktur bangunan akan runtuh karena tidak ada elemen struktur yang mampu menahan gaya lateral. Oleh karena itu, dinding geser harus didesain untuk mampu menahan gaya lateral yang mungkin terjadi akibat beban gempa, dimana berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.3.1, tebal minimum dinding geser (t_d) tidak boleh kurang dari 100 mm.

b. Sistem Dinding Geser

Dalam pelaksanaannya dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen. Dinding struktural yang biasa digunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser kantilever, dinding geser berangkai, dan sistem rangka-dinding geser (dual system). Kerja sama antara sistem rangka penahan momen dan dinding geser merupakan suatu keadaan khusus, dimana dua struktur yang berbeda sifat dan perilakunya digabungkan sehingga diperoleh struktur yang lebih ekonomis. Kerja sama ini dapat dibedakan menjadi beberapa macam sistem struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.2.5.1, namun yang digunakan dalam perencanaan yaitu:

Sistem ganda yaitu sistem struktur yang merupakan gabungan dari sistem rangka pemikul momen dengan dinding geser. Rangka pemikul momen sekurang-kurangnya mampu menahan 25% dari gaya lateral dan sisanya ditahan oleh dinding geser. Nilai koefisien modifikasi respons (R) yang direkomendasikan untuk sistem ganda dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah 7.

2.2.2 Struktur Bawah

2.2.2.1 Pondasi

Pondasi merupakan suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya *differential settlement* pada sistem strukturnya. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak di dalam. Pondasi tiang juga

digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, oleh gaya-gaya pengulingan akibat beban angin. (Hardiyatmo, 2011:76).

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud, antara lain: (Hardiyatmo, 2011:76)

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas tanah lunak, ke pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan sisi tiang dengan tanah disekitarnya.
3. Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring.

Pondasi sebagai struktur bawah tidak boleh gagal dari struktur atas. Desain detail kekuatan (*strength*) struktur bawah harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana berdasarkan kombinasi beban untuk metode ultimit (Indarto,2013:58) Analisis deformasi dan analisis lain seperti likuifaksi, rambatan gelombang, penurunan total dan diferensial, tekanan tanah lateral, deformasi tanah lateral, reduksi kuat geser, reduksi daya dukung akibat deformasi, reduksi daya dukung aksial dan lateral pondasi tiang pengapuran (*flotation*) struktur bawah tanah, dan lain-lain, dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan beban kerja (*working stress*) yang besarnya minimum sesuai dengan kombinasi beban untuk metode tegangan ijin (Indarto, 2013:76).

Pengikat pondasi (*pile cap*) tiang individu, tiang bor, atau kaisan harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus mempunyai

kuat tarik atau tekan desain paling sedikit sama dengan gaya yang sama dengan 10 persen SDs kali beban mati terfaktor ditambah beban hidup terfaktor per tiang atau kolom yang lebih besar kecuali bila ditunjukkan bahwa kekangan ekuivalen akan disediakan oleh balok beton bertulang dalam plat di atas tanah atau pelat beton bertulang di atas tanah atau pengekangan oleh batu yang memenuhi syarat, tanah kohesif keras, tanah berbutir sangat padat, atau cara lainnya yang disetujui (Indarto,2013:76).

2.2.2.2 Pile Cap

Pile cap merupakan suatu cara untuk mengikat pondasi sebelum didirikan kolom di bagian atasnya. Pile cap tersusun atas tulangan baja berdiameter yang telah direncanakan dan lebar yang berbeda-beda tergantung dari jumlah tiang yang tertanam.

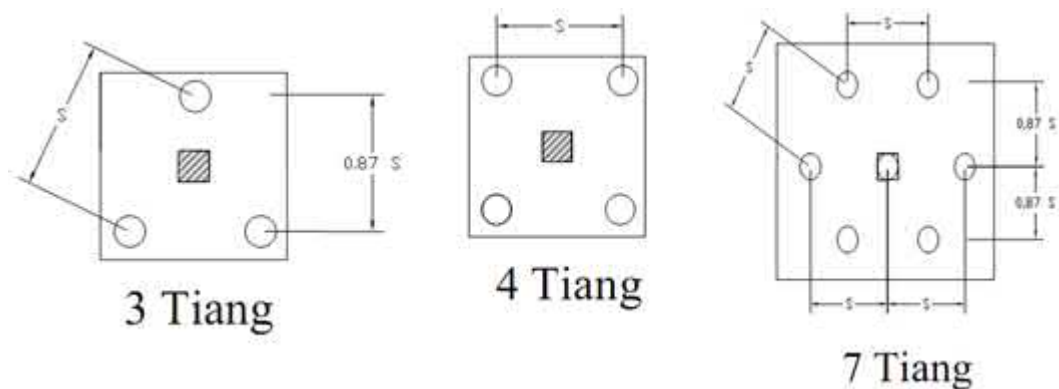
Fungsi dari pile cap adalah untuk menerima beban dari kolom yang kemudian akan terus disebarkan ke tiang pancang. Pile cap ini bertujuan agar lokasi kolom benar-benar berada dititik pusat pondasi sehingga tidak menyebabkan eksentrisitas yang dapat menyebabkan beban tambahan pada pondasi. Selain itu, seperti halnya kepala kolom, pile cap juga berfungsi untuk menahan gaya geser dari pembebanan yang ada. Bentuk dari pile cap juga bervariasi dengan bentuk segitiga dan persegi panjang. Jumlah kolom yang diikat pada tiap pile cap pun berbeda tergantung kebutuhan atas beban yang akan diterimanya. Terdapat pile cap dengan pondasi tunggal, ada yang mengikat 2 dan 4 buah pondasi yang diikat menjadi satu.

2.2.2.3 Tipe Pondasi

Penggunaan tipe pondasi dalam disesuaikan dengan besarnya beban, kondisi lingkungan, dan lapisan tanah. Klasifikasi tiang yang didasarkan pada metode pelaksanaan adalah sebagai berikut: Tiang pancang (*driven pile*), dipasang dengan cara membuat bahan berbentuk nulat atau bujur sangkar memanjang yang dicetak lebih dulu dan kemudian dipancang atau ditekan ke dalam tanah. (Hardiyatmo, 2011:77).

2.2.2.4 Kapasitas Dukung Tiang

Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang. Kelompok tiang dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.1 Kelompok tiang.

a. Jumlah Tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang didasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang.

b. Jarak Tiang

Jarak antar tiang pancang didalam kelompok tiang sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas dukung dari kelompok tiang tersebut. Untuk bekerja sebagai kelompok tiang, jarak antar tiang yang dipakai adalah menurut peraturan – peraturan bangunan pada daerah masing–masing. Menurut K. Basah Suryolelono (1994), pada

prinsipnya jarak tiang (S) makin rapat, ukuran pile cap makin kecil dan secara tidak langsung biaya lebih murah. Tetapi bila pondasi memikul beban momen maka jarak tiang perlu diperbesar yang berarti menambah atau memperbesar tahanan momen.

c. Susunan Tiang

Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah pile cap, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah pile cap akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi membengkak (K. Basah Suryolelono, 1994).

d. Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- a. Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
- b. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
- c. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
- d. Urutan pemasangan tiang
- e. Macam tanah.
- f. Waktu setelah pemasangan.
- g. Interaksi antara pelat penutup tiang (pile cap) dengan tanah.

h. Arah dari beban yang bekerja.

2.2.2.5 Tie Beam

Tie Beam merupakan konstruksi pengaku yang mengikat atau menghubungkan pondasi satu dengan pondasi yang lainnya. Fungsi dari Tie Beam adalah untuk mengurangi penurunan akibat pembebanan pada struktur, khususnya beban lateral akibat gempa bumi dan apabila terjadi penurunan, maka penurunannya pun seimbang/bersamaan.

2.3 Kriteria Desain Struktur

2.3.1 Elemen Struktur

Suatu struktur dapat tersusun dari beberapa elemen, dengan sifat atau karakteristik yang berlainan. Berdasarkan elemen-elemen penyusunnya, struktur dapat dibedakan menjadi 4 yaitu Struktur Balok-Kolom, Struktur Struktur Rangka Batang (Trusses), Struktur Rangka Kaku (Struktur Frame), dan Struktur Shell (meliputi plate, Shell dan Membran) (SNI 1726:2012).

Menurut Schodek (1999:8) struktur yang dibentuk dengan cara meletakkan elemen kaku horizontal di atas elemen kaku vertikal adalah struktur yang umum dijumpai. Elemen horizontal (balok) memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertikal yang menumpunya. Kolom tersebut dibebani secara aksial oleh balok, kemudian mentransfer beban itu ke tanah. Kolom-kolom menerima gaya terpusat, umumnya dari ujung-ujung balok. Jadi, jelas ada hubungan yang erat antara pola dari sistem

tumpuan yang membentang vertikal dan sistem tumpuan yang membentang horizontal.

Menurut Schodek (1999:10), plat datar dan dinding adalah struktur kaku pembentuk permukaan. Suatu dinding pemikul beban biasanya dapat memikul baik beban yang bekerja dalam arah vertikal maupun beban lateral (angin, gempa, dan lain-lain). Suatu plat datar biasanya digunakan secara horizontal dan memikul beban sebagai lentur, dan meneruskannya ke tumpuan.

Dinding geser adalah slab beton bertulang yang dipasang dalam posisi vertikal pada sisi gedung tertentu yang berfungsi menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya struktur (Hasan dan Astira, 2013). Elemen struktur kaku dinding geser atau *shear wall* ini berpengaruh untuk menahan gaya lateral yang terlalu besar yang dibebankan ke kolom. Dengan begitu, dinding geser ini akan mendukung gaya-gaya horizontal sedangkan kolom hanya ada memikul gaya normal atau gaya vertikal saja.

2.3.2 Kemampuan Layan (serviceability)

Struktur harus mampu memikul beban rancangan secara aman, tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai batas deformasi dalam batas yang diizinkan. Kemampuan layan meliputi: Kriteria kekuatan, yaitu pemilihan dimensi serta bentuk elemen struktur pada taraf yang dianggap aman sehingga kelebihan tegangan pada material (misalnya ditunjukkan adanya keretakan) tidak terjadi. variasi kekakuan struktur yang berfungsi untuk mengontrol deformasi yang diakibatkan oleh beban. gerakan pada struktur yang juga berkaitan dengan deformasi. Kecepatan dan percepatan aktual struktur yang memikul beban dinamis

dapat dirasakan oleh pemakai bangunan, dan dapat menimbulkan rasa tidak nyaman. Pada struktur bangunan tinggi terdapat gerakan struktur akibat beban angin. Untuk itu diperlukan kriteria mengenai batas kecepatan dan percepatan yang diizinkan. Kontrol akan tercapai melalui manipulasi kekakuan struktur dan karakteristik redaman.

2.3.3 Efisiensi

Kriteria efisiensi mencakup tujuan untuk mendesain struktur yang relatif lebih ekonomis. Indikator yang sering digunakan pada kriteria ini adalah jumlah material yang diperlukan untuk memikul beban. Setiap sistem struktur dapat memerlukan material yang berbeda untuk memberikan kemampuan layan struktur yang sama. Penggunaan volume yang minimum sebagai kriteria merupakan konsep yang penting bagi arsitek maupun perencana struktur.

2.3.4 Konstruksi

Tinjauan konstruksi juga akan mempengaruhi pilihan struktural. Suatu konstruksi akan efisien apabila materialnya mudah didapat dan dirakit. Kriteria konstruksi sangat luas mencakup tinjauan tentang cara atau metode untuk melaksanakan struktur bangunan, serta jenis dan alat yang diperlukan dan waktu penyelesaian. Pada umumnya perakitan dengan bagian-bagian yang bentuk dan ukurannya mudah dikerjakan dengan peralatan konstruksi yang ada merupakan hal yang dikehendaki.

2.3.5 Ekonomis

Harga merupakan faktor yang menentukan pemilihan struktur. Konsep harga berkaitan dengan efisiensi bahan dan kemudahan pelaksanaannya. Harga total suatu struktur sangat bergantung pada banyak dan harga material yang digunakan, serta biaya tenaga kerja pelaksana konstruksi, serta biaya peralatan yang diperlukan selama pelaksanaan pekerjaan.

2.3.6 Lain-lain

Selain faktor yang dapat diukur seperti kriteria sebelumnya, berbagai kriteria relatif yang lebih subyektif juga akan menentukan pemilihan struktur.

2.4 Pembebanan dan Kombinasinya

Bangunan gedung dan struktur lainnya harus dirancang menggunakan ketentuan kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan atau kombinasi beban nominal yang menggunakan desain tegangan izin.

2.4.1 Pembebanan

Beban menurut SNI 1727:2013 adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi.

Struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut:

2.4.1.1 Beban Vertikal (Gravitasi)

a. Beban mati (*Dead Load, DL*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727-2013). Beban mati dapat dinyatakan sebagai gaya statis yang disebabkan oleh berat setiap unsur di dalam struktur. Gaya-gaya yang menghasilkan beban mati terdiri dari berat unsure pendukung beban dari bangunan, lantai, penyelesaian langit-langit, dinding partisi tetap, penyelesaian fasade, tangki simpan, sistem distribusi mekanis, dan seterusnya. Gabungan beban semua unsure ini menjadikan beban mati dari suatu bangunan (Schueller, 1989:8). Pada analisis permodelan *software* SAP2000, pembebanan mati dapat dihitung secara langsung.

b. Beban hidup (*Live Load, LL*)

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

2.4.1.2 Beban Horizontal (Lateral)

a. Beban Gempa (*Earthquake Load, E*)

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan, yaitu massa dan kekakuan struktur,

waktu getar alami dan pengaruh redaman pada struktur, kondisi tanah, dan wilayah kegempaan dimana struktur gedung tersebut berada.

Pada dasarnya ada dua metode Analisa Perencanaan Gempa, yaitu :

1) Analisis Beban Statik Ekuivalen (*Equivalent Static Load Analysis*).

Analisis ini adalah suatu cara analisa struktur, dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal untuk menirukan pengaruh gempa yang sesungguhnya akibat gerakan tanah. Metode ini digunakan untuk bangunan struktur yang beraturan dengan ketinggian tidak lebih dari 40 m.

2) Analisis Dinamik (*Dynamic Analysis*).

Metode ini digunakan untuk bangunan dengan struktur yang tidak beraturan. Perhitungan gempa dengan analisis dinamik ini terdiri dari :

a) Analisa Ragam Spektrum Respons.

Analisa Ragam Spektrum Respons adalah suatu cara analisa dinamik struktur, dimana suatu model dari matematik struktur diberlakukan suatu spektrum respons gempa rencana, dan ditentukan respons struktur terhadap gempa rencana tersebut.

b) Analisa Respons Riwayat Waktu.

Analisa Respons Riwayat Waktu adalah suatu cara analisa dinamik struktur, dimana suatu model matematik dari struktur dikenakan riwayat waktu dari gempa-gempa hasil pencatatan atau gempa-gempa tiruan terhadap riwayat waktu dari respons struktur ditentukan.

b. Beban Angin (*Wind Load, W*)

Beban mempunyai definisi yang kompleks. Beban angin mempunyai efek statis dan dinamis. Efek statis menurut Schodek (1999:80), struktur yang berada pada lintasan angin akan menyebabkan angin berbelok atau berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik angin berubah bentuk menjadi energi potensial yang berupa tekanan atau isapan pada struktur.

Sedangkan efek dinamis menurut Schodek (1999:82), efek dinamis dapat muncul dengan berbagai cara. Salah satunya adalah bahwa angin sangat jarang mempunyai fenomena *steady-state* (dalam keadaan tetap). Dengan demikian, gedung dapat mengalami beban yang berbalik arah. Apabila ada gedung-gedung yang terletak berdekatan, pola angin menjadi kompleks karena dapat terjadi suatu aliran yang turbulen di antara gedung-gedung itu. Aksi angin tersebut dapat menyebabkan terjadinya goyangan pada gedung ke berbagai arah.

2.4.2 Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen, dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut : (SNI 03-1726-2012)

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2 DL + 1,0 E + LL
4. 0,9 DL + 1,0 E

DL = Beban mati (*Dead Load*)

LL = Beban Hidup (*Live Load*)

L_r = Beban hidup pada atap (*roof live load*)

E = Beban gempa (*Earthquake load*)

Menurut SNI 1727-2013, kombinasi dasar pembebanan, sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

2.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB adalah Suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan, biaya alat (Sewa atau beli), Upah Pekerja, dan biaya lainnya yang diperlukan.

Secara garis besar RAB terdiri dari 2 Komponen utama yaitu, Volume pekerjaan dan Harga satuan Pekerjaan. Volume pekerjaan dapat diperoleh dengan cara melakukan perhitungan dari gambar rencana yang tersedia atau berdasarkan kebutuhan real di lapangan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Perencanaan Gedung Apartemen yang berada di Yogyakarta dengan Dual System yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser. Perencanaan pemodelan Struktur Utama Gedung menggunakan Program ETABS 2016 Ultimate 16.2.1 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk bangunan gedung yang telah direncanakan tahan gempa telah memenuhi persyaratan karena batas perioda fundamental yang didapat dari ETABS untuk arah $x = 2,032$ detik dan untuk arah $y = 1,80$ detik tidak melebihi batas maksimal perioda fundamental yang didapat dari hasil perhitungan sebesar $3,024$ detik. Batas maksimal simpangan antar lantai didapatkan untuk tinggi lantai $4,5$ meter yaitu $112,5$ mm dan untuk tinggi lantai $3,5$ meter didapatkan batas maksimal yaitu $87,5$ mm sedangkan untuk nilai simpangan yang didapatkan tidak ada yang melebihi nilai batas maksimal simpangan untuk gempa dinamik maupun statik. Simpangan antar lantai akibat gempa dinamik yang paling besar yaitu $14,26$ mm untuk arah x terjadi pada lantai 5 dan $11,34$ mm untuk arah y terjadi pada lantai 8 . Sedangkan simpangan antar lantai akibat gempa statik yang paling besar yaitu $25,76$ mm untuk arah x dan $19,899$ mm untuk arah y masing-masing terjadi pada lantai 8 .
2. Struktur balok yang direncanakan sudah aman atau telah memenuhi persyaratan apabila momen rencana lebih besar dari momen perlu

($\phi M_n \geq M_u$). Untuk balok daerah tumpuan didapatkan nilai momen rencana bernilai 529,82 kN lebih besar daripada momen perlu yang bernilai 400,39 kN, sedangkan untuk balok daerah lapangan didapatkan nilai momen rencana bernilai 611,95 kN lebih besar daripada momen perlu yang bernilai 229,64 kN.

3. Struktur kolom yang direncanakan sudah aman atau memenuhi persyaratan karena nilai $\phi P_u > P_n$ yaitu 25270,69 kN > 9826,98 kN.
4. Pelat lantai yang direncanakan sudah aman atau telah memenuhi persyaratan karena momen rencana lebih besar daripada momen perlu ($\phi M_n \geq M_u$). Untuk pelat arah x daerah tumpuan didapatkan bahwa momen rencana bernilai 1210,23 kg lebih besar daripada momen perlu yang bernilai 991,99 kg, untuk pelat arah x daerah lapangan didapatkan bahwa momen rencana bernilai 1069,83 kg lebih besar daripada momen perlu yang bernilai 491,82 kg, sedangkan untuk pelat arah y daerah tumpuan didapatkan bahwa momen rencana bernilai 1069,83 kg lebih besar daripada momen perlu yang bernilai 387,77 kg, untuk pelat arah y daerah lapangan didapatkan bahwa momen rencana bernilai 1069,83 kg lebih besar daripada momen perlu yang bernilai 310,27 kg.
5. Perencanaan Shearwall sudah memenuhi persyaratan dimana Shearwall mampu menahan kuat geser $\phi V_n > V_u$ dimana ϕV_n didapatkan nilai sebesar 8154814,98 N lebih besar dari V_u dengan nilai 4269525,45 N.
6. Pondasi tiang bor dikatakan aman apabila nilai daya dukung grup tiang lebih besar daripada beban yang bekerja di atasnya ($Q_u > P_u$). Untuk pondasi tipe P-1 didapatkan nilai Q_u sebesar 17207,99 kN lebih besar daripada beban yang

bekerja di atasnya senilai 16321,67 kN. Untuk pondasi tipe P-2 didapatkan nilai Q_u sebesar 12906 kN lebih besar daripada beban yang bekerja di atasnya senilai 12437,75 kN. Untuk pondasi tipe P-3 didapatkan nilai Q_u sebesar 8603,97 kN lebih besar daripada beban yang bekerja di atasnya senilai 8520,09 kN. Untuk pondasi tipe P-4 didapatkan nilai Q_u sebesar 38717,99 kN lebih besar daripada beban yang bekerja di atasnya senilai 33786,18 kN.

5.2 Saran

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan maka disarankan:

1. Dalam perencanaan suatu konstruksi bangunan diharapkan selalu menggunakan peraturan-peraturan terbaru untuk standar struktural dan analisis harga terbaru untuk perincian harga, sehingga bangunan yang dihasilkan selalu memenuhi persyaratan yang berlaku dengan harga yang sesuai.
2. Pada perencanaan pondasi, apabila jarak masing-masing pile cap saling berdekatan sebaiknya menggunakan pondasi rakit (raft foundation), dimana raft pondasi dapat mengurangi momen guling pada pada bangunan bertingkat tinggi.
3. Pada perhitungan volume struktur perlu diperhatikan volume perhitungan tulangan secara manual, pada perencanaan struktur ini penulis menggunakan perhitungan volume berdasarkan hasil dari perhitungan tulangan praktis. Sehingga hasil rencana anggaran biaya menjadi tidak maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1727-2012. Jakarta : Standar Nasional Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2013. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 03-1727-2013. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Indarto H, Andiyarto H.T.C, dan Putra K.C.A. 2013. Aplikasi SNI Gempa 2012 for Dummies. Bambang Dewasa File.
- Andiyarto H.T.C dan Chotimah C. 2015. Short Course Aplikasi SNI Terbaru untuk Mahasiswa Tugas Akhir. Bambang Dewasa File.
- Andiyarto H.T.C. 2006. Hand Out Rekayasa Pondasi 2. Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
- Riza M.M. 2010. Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan Etabs. Azza Reka Struktur. www.engineerwork.blogspot.com
- Prasetyo M.E, dan D Wicaksono. 2016. Desain Gedung Kuliah 21 Lantai di Universitas Trunojoyo Bangkalan Madura. Skripsi. Program S1 Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Pratikno. 2009. Konstruksi Beton 1. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.

Kusuma H.G, dan W.C Vis. 1993. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.
Seri Beton 4. Lentera Karya.

Kusuma H.G, dan W.C Vis. 1993. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang.
Cetakan Pertama. Erlangga. Jakarta.