



**“DESAIN STRUKTUR GEDUNG 20 LANTAI + 1
BASEMENT DI JALAN DIPONEGORO SEMARANG
TAHUN 2016”**

**Tugas Akhir
diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Sipil**

Oleh

Distya Dea Rena Kalista NIM. 5113412047

Dwi Rosalina Sulistiyani NIM. 5113412048

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul “Desain Bangunan Gedung 20 Lantai + 1 Basement Di Jalan Diponegoro Semarang Tahun 2016” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Tugas Akhir Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 25 bulan Agustus tahun 2016.

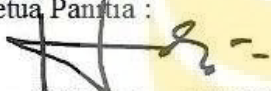
Oleh :

DISTYA DEA RENA KALISTA 5113412047/TEKNIK SIPIL S.1.

DWI ROSALINA SULISTIYANI 5113412048/TEKNIK SIPIL S.1.

Panitia :

Ketua Panitia :


Dra. Sri Handayani, M.Pd.
NIP. 19671108 1991032 001

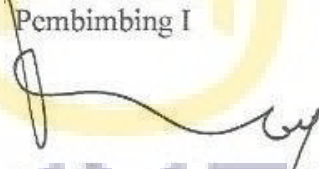
Sekretaris :


Dr. Rini Kusumawardani, S.T.,M.T.,M.Sc.
NIP. 19780911 2005012 001


Penguji


Endah Kanti Pangestuti, S. T.,M.T
NIP. 19720709 199832 003


Pembimbing I


Drs. Henry Apriyatno, M.T.
NIP.19590409 1987021 001

Pembimbing II:


Ir. Agung Sutarto, M.T.
NIP. 19610408 1991021 001


UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Mengetahui Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang


Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 19691130 1994031 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DISTYA DEA RENA KALISTA

NIM : 5113412047

Nama : DWI ROSALINA SULISTIYANI

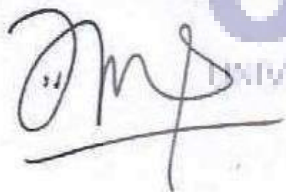
NIM : 5113412047

Judul : “DESAIN BANGUNAN GEDUNG 20 LANTAI + 1 BASEMENT DI
JALAN DIPONEGORO SEMARANG TAHUN 2016”

Menyatakan bahwa yang tertulis dalam tugas akhir ini benar - benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Yang membuat pernyataan,

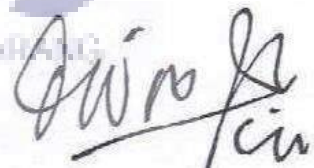


Distya Dea Rena Kalista

NIM. 5113412047

Semarang, 25 Agustus 2016

Yang membuat pernyataan,



Dwi Rosalina Sulistiyani

NIM. 5113412048

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- Percayalah bahwa Tuhan tidak salah memberi rezeki.
- Jangan tunda sampai besok apa yang bisa dikerjakan hari ini.s

PERSEMBAHAN :

1. Allah S.W.T dan Rasullah S.A.W
2. Kedua orang tua tercinta yang tidak hentinya mendoakan dan memberikan dukungan sepenuhnya
3. Keluarga yang selalu memberi semangat, doa, serta dukungan
4. Teman – teman yang telah memberi semangat dan senantiasa membantu
5. Semua pihak yang sudah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu – satu.



KATA PENGANTAR

Puji syukur diucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul “DESAIN BANGUNAN GEDUNG 20 LANTAI + 1 BASEMENT DI JALAN DIPONEGORO SEMARANG TAHUN 2016” dapat diselesaikan dengan lancar.

Tugas Akhir ini disusun guna mendapatkan gelar Strata 1 Program Studi Teknik Sipil. terselesaikannya Tugas Akhir ini berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu diucapkan terima kasih kepada :

1. Nur Qudus, S.Pd, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dra. Sri Handayani, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Rini Kusumawardani, S.T.,M.T.,M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S1 Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Henry Apriyatno, M.T. dan Ir. Agung Sutarto, M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Segenap dosen di lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
6. Keluarga, Bapak dan Ibu yang senantiasa memberikan bantuan yang berupa materi maupun nomateri.
7. Teman-teman Teknik Sipil S1 2012 yang selalu memberi semangat untuk mengerjakan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pelaksanaan hingga pembuatan Tugas Akhir terdapat kesalahan dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan waktu penulis untuk mengumpulkan data. Oleh sebab itu, penulis memohon saran dan kritik yang dapat meningkatkan kualitas Tugas Akhir yang lebih baik lagi.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan sebagai bekal untuk pengembangan di masa mendatang.

Semarang, Agustus 2016

DESAIN STRUKTUR GEDUNG 20 LANTAI + 1 BASEMENT DI JALAN
DIPONEGORO SEMARANG TAHUN 2016

Distya Dea R. K., Dwi Rosalina S., Universitas Negeri Semarang

Henry Apriyatno

ABSTRAK

Perencanaan gedung 20 lantai + 1 basement bertujuan menghasilkan bangunan sesuai SNI-2847-2013, yang memenuhi syarat keamanan gempa dengan analisis gempa menggunakan SNI 1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung) dan Analisis Dinamik Respon Spektrum, desain prinsip *strong colom weak beam*. Analisis beban gempa dilakukan dengan dua cara yaitu statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum.

Parameter Percepatan Gempa diketahui secara detail melalui situs online Dinas PU di link : http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ yang selanjutnya diinput dalam perhitungan ETABS 9.6.0 dipakai perencanaan struktur atas yang meliputi pelat lantai, balok induk, balok anak, tie beam, balok bordes tangga, kolom, dan dimensi balok terlemah. Selanjutnya hasil perencanaan dari ETABS 9.6.0 divalidasi menggunakan perhitungan teori secara manual dengan MathCAD 14.

Dari perencanaan ETABS 9.6.0 dan MathCAD 14 diperoleh hasil penulangan utama struktur balok 1954 mm²(getas), 996,422 mm²(daktail); penulangan utama struktur tie beam 13098 mm²(getas), 32493,26 mm²(daktail);

Penulangan utama struktur kolom 10000 mm²(getas), 803,84 mm²(daktail); Penulangan utama struktur pelat lantai 523,33 mm²(getas), 426,829 mm²(daktail);

Dengan demikian, perencanaan ETABS 9.6.0 diperoleh struktur *over reinforce* (getas), sedangkan perencanaan MathCAD 14 diperoleh struktur *under reinforce* (daktail).

Kata kunci : struktur, gedung, ETABS, MathCAD

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan	iii
Moto dan Persembahan	iv
Kata Pengantar	v
Abstrak	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xxii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	BAB I-1
1.2 Lokasi Perencanaan Tugas Akhir	BAB I-2
1.3 Batasan Masalah	BAB I-3
1.4 Rumusan Masalah	BAB I-3
1.5 Tujuan dan Manfaat Penulisan Tugas Akhir	BAB I-4
1.6 Sistematika Tugas Akhir	BAB I-5

BAB II PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Jenis Tanah	BAB II-1
2.2 Gempa	BAB II-3
2.2.1 Nilai N-SPT	BAB II-4
2.2.2 Klasifikasi Situs	BAB II-5
2.2.3 Parameter Percepatan Gempa	BAB II-6
2.2.4 Koefisien Situs dan Parameter Respons-Spectra Percepatan Gempa	BAB II-7
2.2.5 Menentukan Spectrum Respon Desain	BAB II-8
2.2.6 Menentukan Kategori Desain Seismic	BAB II-8
2.2.7 Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem	BAB II-9
2.2.8 Periode Struktur	BAB II-10
2.3 Pondasi	BAB II-11
2.4 Beton	BAB II-14
2.4.1 Mix Design	BAB II-14

2.4.2 Uji Silinder	BAB II-16
2.4.3 Uji Lapangan	BAB II-18
2.5 Baja	BAB II-19
2.6 Struktur Atas	BAB II-19
2.6.1 Kolom	BAB II-19
2.6.2 Balok	BAB II-22
2.6.3 Pelat	BAB II-23
2.6.4 Shearwall	BAB II-23
2.7 Syarat Stabilitas	BAB II-27
2.7.1 Statik	BAB II-29
2.7.2 Dinamik	BAB II-29
2.8 Syarat Kekuatan	BAB II-31
2.9 Syarat Daktailitas	BAB II-32
2.9.1 Elastik	BAB II-32
2.9.2 Daktailitas Parsial	BAB II-32
2.9.3 Daktailitas Penuh	BAB II-32
2.9.4 Shearwall	BAB II-23
2.10 Syarat Layak Pakai	BAB II-37
2.10.1 Lendutan Pelat dan Balok	BAB II-37
2.10.2 Simpangan Antar Tingkat	BAB II-39
2.10.3 Retakan	BAB II-41
2.10.4 Getaran/Vibrasi	BAB II-42
2.11 Syarat Durabilitas	BAB II-43
2.11.1 Kuat Tekan Minimum Beton	BAB II-43
2.11.2 Tebal Selimut Beton	BAB II-43
2.11.3 Jenis dan Kandungan Semen	BAB II-44
2.11.4 Tinjauan Korosi	BAB II-46
2.11.5 Mutu Baja	BAB II-47
2.12 Syarat Ketahanan Terhadap Kebakaran	BAB II-47
2.12.1 Tebal Selimut Beton	BAB II-47
2.12.2 Jangka Waktu Ketahanan Terhadap Api	BAB II-48

2.13 Syarat Intergritas	BAB II-49
2.14 Peraturan dan Standart	BAB II-49
2.15 Pra-eliminari Desain	BAB II-50
2.15.1 Perencanaan Pelat	BAB II-50
2.15.2 Perencanaan Kolom	BAB II-50
2.15.3 Perencanaan Balok	BAB II-50
2.15.4 Pondasi	BAB II-50
2.15.5 Struktur Tahan Gempa	BAB II-51
2.16 Kombinasi Pembebanan	BAB II-51
2.16.1 Beban Mati	BAB II-52
2.16.2 Beban Hidup	BAB II-54
2.16.3 Beban Hujan	BAB II-59
2.16.4 Beban Angin	BAB II-60
2.16.5 Beban Gempa	BAB II-61
2.17 Syarat yang Berhubungan dengan Pelaksanaan Konstruksi	BAB II-63
2.17.1 Dimensi Elemen Struktur	BAB II-63
2.18 ETABS 9.6.0	BAB II-64
2.19 MathCAD 14	BAB II-64

BAB III METODE PERANCANG

3.1 Tahap Perencanaan Gedung Kantor	BAB III-1
3.2 Desain Struktur Dengan ETABS 9.6.0	BAB III-2
3.2.1 Pemodelan Struktur	BAB III-2
3.2.2 Pembebanan Gedung	BAB III-4
3.2.3 Analisis Beban Gempa	BAB III-6
3.2.4 Perencanaan Tangga Dan Bordes	BAB III-17
3241 Perencanaan Tangga	BAB III-17
3242 Perencanaan Tulangan Pelat Bordes	BAB III-23
3243 Perencanaan Balok Bordes Tangga	BAB III-26
3.2.5 Perencanaan Pelat Lantai	BAB III-29
3251 Pembebanan Pelat Lantai	BAB III-30

3252	Perencanaan Tulangan Pelat Lantai_____	BAB III-30
3253	Menentukan Tebal Selimut Beton_____	BAB III-31
3254	Menentukan Nilai Momen_____	BAB III-32
3255	Menghitung Tinggi Efektif Pelat Lantai (d_x)	BAB III-32
3256	Menentukan Besarnya Nilai β _____	BAB III-32
3257	Menghitung Besarnya Rasio Penulangan Minimum dan Maksimum_____	BAB III-32
3258	Menghitung Tulangan Pokok Daerah Lapangan__	BAB III-32
3259	Menghitung Tulangan Pokok Daerah Tumpuan__	BAB III-34
325.10	Perhitungan Tulangan Pembagi Arah Memanjang_____	BAB III-35
3.2.6	Perencanaan Balok Anak_____	BAB III-35
326.1	Perhitungan Gaya Dalam Balok Anak_____	BAB III-36
326.2	Perencanaan Tulangan Utama Balok Anak	BAB III-37
326.3	Perencanaan Tulangan Geser Balok Anak	BAB III-40
3.2.7	Perencanaan Balok Induk Portal Melintang_____	BAB III-42
327.1	Denah Balok yang Ditinjau_____	BAB III-42
327.2	Menentukan Gaya Dalam_____	BAB III-42
327.3	Menentukan Persyaratan Komponen Struktur Balok untuk SRPMK_____	BAB III-42
327.4	Perhitungan Secara Manual_____	BAB III-43
327.5	Perencanaan Tulangan Geser_____	BAB III-52
327.6	Perencanaan Tulangan Torsi_____	BAB III-58
327.7	Perencanaan Tulangan Badan_____	BAB III-58
327.8	Perencanaan Panjang Penyaluran (L_d)_____	BAB III-59
3.2.8	Perencanaan Balok Induk Portal Memanjang_____	BAB III-59
328.1	Denah Balok yang Ditinjau_____	BAB III-59
328.2	Menentukan Gaya Dalam_____	BAB III-60

3283	Menentukan Persyaratan Komponen Struktur Balok untuk SRPMK	BAB III-60
3284	Perencanaan Tulangan Utama	BAB III-61
3285	Perencanaan Tulangan Geser	BAB III-70
3286	Perencanaan Tulangan Torsi	BAB III-76
3287	Perencanaan Tulangan Badan	BAB III-77
3288	Perencanaan Panjang Penyaluran (Ld)	BAB III-77
3.2.9	Perencanaan Kolom	BAB III-78
3291	Denah Kolom yang Ditinjau	BAB III-78
3292	Gaya Dalam pada Kolom	BAB III-78
3293	Penentuan Struktur Rangka Portal Bergoyang atau Tidak Bergoyang	BAB III-78
3294	Perhitungan Faktor Panjang Tekuk Efektif Kolom	BAB III-79
3295	Faktor Pembesaran Momen	BAB III-84
3296	Diagram Interaksi Kolom	BAB III-87
3297	Kuat Kolom	BAB III-89
3298	Perhitungan Tulangan Geser	BAB III-89
3299	Panjang Penyaluran pada Tulangan Kolom	BAB III-93
3.2.10	Perencanaan Hubungan Balok-Kolom (HBK)	BAB III-95
32.101	Tinjauan Hubungan Balok-Kolom	BAB III-95
32.102	Tinjauan Hubungan Balok-Kolom di Tepi Portal	BAB III-97
3.2.11	Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	BAB III-98
32.11.1	Daya Dukung Berdasarkan Tiang Pancang	BAB III-98
32.11.2	Perhitungan Berdasarkan Hasil Uji Sondir (CPT)	BAB III-99
32.11.3	Perhitungan Tiang Pancang dan Pile Cap	BAB III-100
3.2.12	Perencanaan Tie Beam	BAB III-109

32.121	Gaya Dalam Tie Beam	BAB III-110
32.122	Pembebanan Tie Beam	BAB III-111
32.123	Perencanaan Tulangan Longitudinal	BAB III-111
32.124	Perhitungan Tulangan Transversal (Sengkang)	BAB III-113
3.2.13	Desain Shearwall dengan ETABS 9.6.0	BAB III-114
32.131	Pemodelan Sectional dan Panel pada Shearwall	BAB III-114
32.132	Evaluasi Kapasitas Shearwall dalam Menahan Kombinasi Beban Lentur dan Aksial	BAB III-115
32.133	Evaluasi Kapasitas Shearwall dalam Menaahan Beban Geser	BAB III-118
32.134	Evaluasi Kapasitas Boundary Element Shearwall	BAB III-119
32.135	Beban Merata pada Shearwall	BAB III-122

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN TUGAS AKHIR

4.1	Analisa Perhitungan Struktur Atas Dari Software ETABS 9.6.0	BAB IV-1
4.1.1	Perhitungan Pelat Lantai	BAB IV-3
4.1.2	Perhitungan Balok Induk	BAB IV-4
4.1.2.1	Perhitungan Tulangan Utama	BAB IV-4
4.1.2.2	Desain Tulangan Geser Balok	BAB IV-7
4.1.2.3	Desain Tulangan Torsi	BAB IV-9
4.1.3	Perhitungan Balok Anak	BAB IV-12
4.1.3.1	Perhitungan Tulangan Utama Balok Anak	BAB IV-12
4.1.3.2	Desain Tulangan Geser Balok Anak	BAB IV-14
4.1.3.3	Desain Tulangan Torsi	BAB IV-17
4.1.4	Perhitungan Tie Beam	BAB IV-17
4.1.4.1	Perhitungan Tulangan Utama Tie Beam	BAB IV-18
4.1.4.2	Desain Tulangan Geser Tie Beam	BAB IV-20
4.1.4.3	Desain Tulangan Torsi Tie Beam	BAB IV-23

4.15	Perhitungan Balok Bordes Tangga_____	BAB IV-24
4.1.5.1	Perhitungan Tulangan Utama Balok Bordes Tangga _____	BAB IV-24
4.1.5.2	Desain Tulangan Geser Balok Bordes_____	BAB IV-26
4.1.5.3	Desain Tulangan Torsi Balok Bordes Tangga	BAB IV-28
4.16	Perhitungan Kolom_____	BAB IV-28
4.1.4.1	Perhitungan Tulangan Utama Kolom_____	BAB IV-29
4.1.4.2	Desain Tulangan Geser Kolom_____	BAB IV-30
4.2	Analisa Perhitungan Tangga dengan SAP 10_____	BAB IV-32
4.2.1	Perencanaan Dimensi Tangga_____	BAB IV-32
4.2.1.1	Analisis Gaya Dalam Tangga	BAB IV-32
4.2.1.2	Perencanaan Tulangan Pelat Tangga_____	BAB IV-32
4.2.1.3	Perencanaan Tulangan Pelat Bordes_____	BAB IV-35
4.3	Perhitungan Dimensi Struktur Secara Teori Menggunakan Program MathCAD 14_____	BAB IV-38
4.3.1	Perhitungan Dimensi Tangga dan Bordes_____	BAB IV-38
4.3.1.1	Perhitungan Tangga_____	BAB IV-39
4.3.1.2	Perhitungan Tulangan Pelat Bordes_____	BAB IV-45
4.3.1.3	Perhitungan Balok Bordes Tangga_____	BAB IV-48
4.3.2	Perhitungan Pelat Lantai_____	BAB IV-53
4.3.2.1	Pembebanan Pelat Lantai_____	BAB IV-54
4.3.2.2	Perhitungan Tulangan Pelat Lantai_____	BAB IV-54
4.3.3	Perhitungan Dimensi Balok Anak_____	BAB IV-62
4.3.3.1	Perhitungan Gaya Dalam Balok Anak_____	BAB IV-62
4.3.3.2	Perencanaan Tulangan Utama Balok Anak	BAB IV-64
4.3.3.3	Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak	BAB IV-68
4.3.4	Perhitungan Dimensi Balok Induk_____	BAB IV-70
4.3.4.1	Perhitungan Tulangan Utama	BAB IV-70
4.3.4.2	Penulangan Balok Daerah Tumpuan_____	BAB IV-71
4.3.4.3	Penulangan Balok Daerah Lapangan_____	BAB IV-74

4.3.4.4	Perencanaan Tulangan Geser	BAB IV-77
4.3.4.5	Tulangan Geser Lapangan	BAB IV-83
4.3.4.6	Perencanaan Tulangan Torsi	BAB IV-85
4.3.4.7	Perencanaan Tulangan Badan	BAB IV-85
4.3.4.8	Perencanaan Panjang Penyaluran	BAB IV-86
435	Perhitungan Dimensi Kolom	BAB IV-87
4.3.5.1	Denah Struktur Kolom	BAB IV-87
4.3.5.2	Perhitungan Faktor Panjang Efektif Kolom	BAB IV-88
4.3.5.3	Faktor Pembesaran Momen	BAB IV-92
4.3.5.4	Perhitungan Tulangan	BAB IV-95
4.3.5.5	Panjang Penyaluran pada Tulangan Kolom	BAB IV-97
436	Perhitungan Hubungan Balok - Kolom	BAB IV-98
4.3.6.1	Tinjauan Hubungan Balok – Kolom di Tengah Portal	BAB IV-98
4.3.6.2	Tinjauan Hubungan Blok – Kolom Di Tepi Portal	BAB IV-102
437	Perhitungan Pondasi	BAB IV-104
4.3.7.1	Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	BAB IV-104
4.3.7.2	Denah Pondasi yang Ditinjau	BAB IV-104
4.3.7.3	Faktor Pembesaran Momen	BAB IV-105
4.3.7.4	Spesifikasi Pondasi Tiang Pancang	BAB IV-105
4.3.7.5	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	BAB IV-107
4.3.7.6	Daya Dukung Berdasarkan Kekuatan Beton	BAB IV-107
4.3.7.7	Daya Dukung Berdasarkan Hasil Bor Log (N-SPT)	BAB IV-108
4.3.7.8	Perhitungan Tiang Pancang dan Pile Cap	BAB IV-109
438	Perhitungan Tie Beam	BAB IV-122
4.3.8.1	Denah Tie Beam yang Ditinjau	BAB IV-123
4.3.8.2	Gaya Dalam Tie Beam	BAB IV-124

4.3.8.3	Pembebanan Tie Beam	BAB IV-125
4.3.8.4	Perhitungan Dimensi Tie Beam	BAB IV-125
4.3.8.5	Perhitungan Tulangan Transveersal (Sengkang)	BAB IV-133
4.4	Gambar Penulangan Struktur	BAB IV-134
441	Gambar Penulangan Tangga dan Bordes	BAB IV-134
442	Gambar Penulangan Pelat Lantai	BAB IV-136
443	Gambar Penulangan Balok Anak	BAB IV-137
444	Gambar Penulangan Balok Induk	BAB IV-137
445	Gambar Penulangan Kolom	BAB IV-138
446	Gambar Penulangan Pondasi	BAB IV-138
447	Gambar Penulangan Tie Beam	BAB IV-139
4.5	Rencana Kerja Dan Syarat (RKS)	BAB IV-139
451	Pekerjaan Tanah Untuk Lahan Bangunan	BAB IV-139
4.5.1.1	Lingkup Pekerjaan	BAB IV-139
4.5.1.2	Umum	BAB IV-139
4.5.1.3	Pekerjaan Galian	BAB IV-141
4.5.1.4	Pekerjaan Urugan & Pemasatan	BAB IV-143
452	Pekerjaan Cetakan dan Perancah	BAB IV-147
4.5.2.1	Umum	BAB IV-147
4.5.2.2	Bahan-bahan/Produk	BAB IV-150
4.5.2.3	Pelaksanaan	BAB IV-158
453	Pekerjaan Beton Bertulang	BAB IV-169
4.5.3.1	Umum	BAB IV-169
4.5.3.2	Bahan-bahan/Produk	BAB IV-180
4.5.3.3	Pelaksanaan Beton Ready-Mixed	BAB IV-185
4.5.3.4	Pembesian	BAB IV-210
4.5.3.5	Pelaksanaan Pemasangan Tulangan, Pembengkokan, dan Pematangan	BAB IV-213
454	Konstruksi Water Proofing	BAB IV-219
4.5.4.1	Lingkup Pekerjaan	BAB IV-219

4.5.4.2	Pengendalian Pekerjaan	BAB IV-180
4.5.4.3	Syarat-syarat Pelaksanaan	BAB IV-221
4.5.4.4	Gambar Detail Pelaksanaan / Shop Drawing	BAB IV-222
4.5.4.5	Contoh	BAB IV-222
4.5.4.6	Carat Pelaksanaan	BAB IV-223
455	Pekerjaan Tiang Pancang	BAB IV-223
4.5.5.1	Persyaratan Umum	BAB IV-223
4.5.5.2	Bahan-bahan/Produksi	BAB IV-228
4.5.5.3	Pelaksanaan	BAB IV-230
4.6	Rencana Anggaran Biaya (RAB) Struktur	BAB IV-248
461	Rencana Anggaran Biaya Total	BAB IV-248
462	Rencana Anggaran Biaya Pondasi	BAB IV-249
463	Rencana Anggaran Biaya Pelat	BAB IV-251
464	Rencana Anggaran Biaya Balok	BAB IV-253
465	Rencana Anggaran Biaya Kolom	BAB IV-256

BAB V PENUTUP

5.1	Simpulan	BAB V-1
5.2	Saran	BAB V-3

Daftar Pustaka

Lampiran-Lampiran



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Proyek Apartment dan Hotel Candiland	BAB I-2
Gambar 2.1	Pembagian Wilayah Zona Gempa	BAB II-4
Gambar 2.2	Input Data Kota dan Jenis Batuan pada Website puskim.pu.go.id	BAB II-6
Gambar 2.3	Output Desain Spektra pada website puskim.pu.go.id	BAB II-7
Gambar 2.4	Respons Spectrum Desain Berdasarkan Website Puskim.go.id	BAB II-7
Gambar 2.5	Respons Spectrum Desain Berdasarkan Website puskim.go.id	BAB II-8
Gambar 2.6	Peristiwa Bergetarnya Struktur dalam 1 Periode	BAB II-10
Gambar 2.7	Tampak Atas Cetakan	BAB II-17
Gambar 2.8	Tampak Samping Cetakan	BAB II-17
Gambar 2.9	Grafik Kelangsingan Dapat Atau Tidak Boleh Digunakan	BAB II-22
Gambar 2.10	Cara Membuat Struktur Stabil	BAB II-27
Gambar 2.11	Jumlah Minimum Pengaku Atau Bidang yang Diperlukan Untuk Kestabilan Struktur	BAB II-28
Gambar 2.12	Penentuan Simpangan Antar Lantai	BAB II-39
Gambar 2.7	Tampak Atas Cetakan	BAB II-5
Gambar 3.1	Flowchart Perencanaan Gedung Kantor	BAB III-1
Gambar 3.2	Pemodelan Struktur Gedung Kantor	BAB III-3
Gambar 4.1	Pendefinisian Struktur Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada ETABS 9.6.0	BAB IV-1
Gambar 4.2	Analisis Options pada ETABS 9.6.0	BAB IV-2
Gambar 4.3	Pilihan Untuk Menampilkan Diagram Momen dan Gaya Geser	BAB IV-2
Gambar 4.4	Tegangan yang Terjadi pada Pelat Akibat Beban Mati dan Hidup	BAB IV-3
Gambar 4.5	Detail Penulangan Pelat Lantai	BAB IV-4
Gambar 4.6	Luas Tulangan Utama Balok Arah Memanjang	

(Satuan : mm)	BAB IV-5
Gambar 4.7 Tulangan Utama Daerah Tumpuan	BAB IV-6
Gambar 4.8 Tulangan Utama Daerah Lapangan	BAB IV-7
Gambar 4.9 Tampak Luas Tulangan Geser (sejang) Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-8
Gambar 4.10 Tulangan Geser Daerah Tumpuan	BAB IV-9
Gambar 4.11 Tulangan Geser Daerah Lapangan	BAB IV-9
Gambar 4.12 Tampak Luas Tulangan Torsi Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-10
Gambar 4.13 Diagram Momen Akibat Beban Mati dan Hidup	BAB IV-11
Gambar 4.14 Diagram Momen Akibat Beban Mati, Hidup, dan Gempa Statik	BAB IV-11
Gambar 4.15 Diagram Momen Akibat Beban Mati, Hidup, dan Gempa Dinamik	BAB IV-11
Gambar 4.16 Pengecekan Kekuatan Struktur dengan ETABS 9.6.0	BAB IV-12
Gambar 4.17 Luas Tulangan Utama Balok Anak Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-13
Gambar 4.18 Detail Penulangan Daerah Tumpuan	BAB IV-14
Gambar 4.19 Detail Penulangan Daerah Lapangan	BAB IV-14
Gambar 4.20 Tampak Luas Tulangan Geser (sejang) Balok Anak Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-15
Gambar 4.21 Penulangan Sejang Daerah Tumpuan	BAB IV-16
Gambar 4.22 Penulangan Sejang Daerah Lapangan	BAB IV-16
Gambar 4.23 Tampak Luas Tulangan Torsi Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-17
Gambar 4.24 Luas Tulangan Utama Tie Beam Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-18
Gambar 4.25 Tulangan Utama Daerah Tumpuan	BAB IV-19
Gambar 4.26 Tulangan Utama Daerah Lapangan	BAB IV-20
Gambar 4.27 Tampak Luas Tulangan Geser (sejang) Tie Beam Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-21

Gambar 4.28	Tulangan Geser Daerah Tumpuan	BAB IV-22
Gambar 4.29	Tulangan Geser Daerah Lapangan	BAB IV-23
Gambar 4.30	Tampak Luas Tulangan Torsi Tie Beam Arah Memanjang (Satuan : mm)	BAB IV-23
Gambar 4.31	Luas Tulangan Utama Balok Bordes Tangga (Satuan:mm)	BAB IV-24
Gambar 4.32	Detail Tulangan Balok Bordes Daerah Tumpuan	BAB IV-25
Gambar 4.33	Detail Tulangan Balok Bordes daerah Lapangan	BAB IV-25
Gambar 4.34	Tampak Luas Tulangan Geser (senggang) Balok Bordes (Satuan : mm)	BAB IV-26
Gambar 4.35	Senggang Balok Bordes Daerah Tumpuan	BAB IV-27
Gambar 4.36	Senggang Balok Bordes Daerah Lapangan	BAB IV-27
Gambar 4.37	Tampak Luas Tulangan Torsi Balok Bordes (Satuan : mm)	BAB IV-28
Gambar 4.38	Tampak Luas Tulangan Utama Kolom Arah Memanjang	BAB IV-29
Gambar 4.39	Detail Informasi Luas Tulangan, Momen, Gaya Geser, dan Torsi Kolom yng Ditinjau	BAB IV-29
Gambar 4.40	Diagram Interaksi Kolom yang Ditinjau	BAB IV-30
Gambar 4.41	Detail Tulangan Kolom	BAB IV-30
Gambar 4.42	Tampak Luas Tulangan Geser (senggang) Kolom Arah Memanjang	BAB IV-31
Gambar 4.43	Tulangan Geser Kolom	BAB IV-31
Gambar 4.44	Arah 1-1 (M_{11}) dan Momen Arah 2-2 (M_{22})	BAB IV-32
Gambar 4.45	M_{11} Pelat Tangga Untuk Arah X	BAB IV-33
Gambar 4.46	Detail Tulangan Pelat Tangga Arah X	BAB IV-34
Gambar 4.47	(M_{22}) Pelat Tangga Untuk Arah Y	BAB IV-34
Gambar 4.48	Detail Tulangan Pelat Tangga Arah Y	BAB IV-35
Gambar 4.49	M_{11} pada Pelat Bordes Untuk Arah X	BAB IV-36
Gambar 4.50	Detail Tulangan Pelat Bordes Arah X	BAB IV-37
Gambar 4.51	M_{22} pada Pelat Bordes Untuk arah Y	BAB IV-37
Gambar 4.52	Detail Tulangan Pelat Bordes Arah Y	BAB IV-38

Gambar 4.53 Potongan Detail Tangga	BAB IV-37
Gambar 4.54 Tulangan Pelat Tangga Arah X	BAB IV-44
Gambar 4.55 Tulangan Pelat Tangga Arah Y	BAB IV-45
Gambar 4.56 Tulangan Pelat Bordes Arah X	BAB IV-47
Gambar 4.57 Tulangan Pelat Bordes Arah Y	BAB IV-48
Gambar 4.58 Detail Tulangan Balok Bordes Arah Tumpuan	BAB IV-51
Gambar 4.59 Detail Tulangan Balok Bordes Arah Lapangan	BAB IV-52
Gambar 4.60 Penulangan Geser Balok Bordes	BAB IV-53
Gambar 4.61 Denah Pelat Lantai	BAB IV-53
Gambar 4.62 Penulangan Pelat Lantai Daerah Lapangan	BAB IV-60
Gambar 4.63 Penulangan Pelat Lantai Daerah Tumpuan	BAB IV-61
Gambar 4.64 Detail Tulangan Pelat Lantai Arah Memanjang	BAB IV-62
Gambar 4.65 Denah Balok Anak	BAB IV-62
Gambar 4.66 Momen Tumpuan Balok Anak	BAB IV-64
Gambar 4.67 Detail Tulangan Balok Anak Daerah Tumpuan	BAB IV-66
Gambar 4.68 Momen Lapangan Balok Anak	BAB IV-66
Gambar 4.69 Detail Tulangan Balok Anak Daerah Lapangan	BAB IV-68
Gambar 4.70 Gaya Geser Balok Anak	BAB IV-68
Gambar 4.71 Detail Tulangan Geser Daerah Tumpuan	BAB IV-69
Gambar 4.72 Detail Tulangan Geser Daerah Lapangan	BAB IV-69
Gambar 4.73 Momen Ultimate Balok Induk Tumpuan	BAB IV-71
Gambar 4.74 Momen Ultimate Balok Induk Lapangan	BAB IV-74
Gambar 4.75 Tulangan Utama Daerah Lapangan	BAB IV-77
Gambar 4.76 Tulangan Geser Daerah Tumpuan	BAB IV-83
Gambar 4.77 Tulangan Geser Daerah Lapangan	BAB IV-84
Gambar 4.78 Detail Tulangan Badan	BAB IV-86
Gambar 4.79 Detai Panjang Penyaluran	BAB IV-87
Gambar 4.80 Denah Kolom yang Ditinjau	BAB IV-88
Gambar 4.81 Beban yang Terdapat Pada Kolom	BAB IV-93
Gambar 4.82 Detail Penulangan Kolom	BAB IV-96
Gambar 4.83 Detail Penulangan Kolom	BAB IV-97

Gambar 4.84 Gaya-gaya yang Bekerja pada Hubungan Balok-Kolom di Tengah Portal _____	BAB IV-99
Gambar 4.85 Gaya-gaya yang Bekerja pada Hubungan Balok-Kolom di Tepi Portal _____	BAB IV-102
Gambar 4.86 Denah Pondasi yang Ditinjau _____	BAB IV-105
Gambar 4.87 Data NSPT Di Titik BH 4 _____	BAB IV-107
Gambar 4.88 Tegangan Geser Pons Pada Pile Cap yang Terjadi Disekitar Beban Terpusat _____	BAB IV-116
Gambar 4.89 Gaya Geser yang Bekerja Pada Kolom _____	BAB IV-117
Gambar 4.90 Grafik Tahanan Lateral Ultimate _____	BAB IV-120
Gambar 4.91 Denah Tie Beam _____	BAB IV-123
Gambar 4.92 Potongan Melintang Tie Beam _____	BAB IV-123
Gambar 4.93 Gaya Aksial Pada Tie Beam _____	BAB IV-124
Gambar 4.94 Momen Ultimate Balok Induk Tumpuan _____	BAB IV-127
Gambar 4.95 Tulangan Utama Daerah Tumpuan _____	BAB IV-130
Gambar 4.96 Momen Pada Balok Lapangan _____	BAB IV-130
Gambar 4.97 Tulangan Utama Daerah Lapangan _____	BAB IV-133
Gambar 4.98 Tulangan Geser Tie Beam _____	BAB IV-134
Gambar 4.99 Detail Penulangan Tangga _____	BAB IV-134
Gambar 4.100 Detail Penulangan Pelat Bordes _____	BAB IV-135
Gambar 4.101 Detail Penulangan Balok Bordes _____	BAB IV-135
Gambar 4.102 Detail Penulangan Pelat Lantai _____	BAB IV-136
Gambar 4.103 Detail Potongan A-A _____	BAB IV-136
Gambar 4.104 Detail Potongan B-B _____	BAB IV-136
Gambar 4.105 Detail Penulangan Balok Anak _____	BAB IV-137
Gambar 4.106 Detail Penulangan Balok Induk _____	BAB IV-137
Gambar 4.107 Detail Penulangan Kolom _____	BAB IV-138
Gambar 4.108 Detail Penulangan Pondasi _____	BAB IV-138
Gambar 4.109 Detail Penulangan Tie Beam _____	BAB IV-139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Sistem Unified_____	BAB II-1
Tabel 2.2 Indeks Plastisitas Jenis-jenis Tanah_____	BAB II-3
Tabel 2.3 Hasil uji boring N-SPT_____	BAB II-4
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs_____	BAB II-5
Tabel 2.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode Pendek_____	BAB II-8
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode 1 Detik_____	BAB II-9
Tabel 2.7 Pemilihan Sistem Struktur Berdasarkan Tingkat Resiko Gempa	BAB II-9
Tabel 2.8 Faktor R, Cd, Ω_0 untuk Sistem Penahan Gempa_____	BAB II-10
Tabel 2.9 Nilai Parameter Pendekatan untuk Ct dan x_____	BAB II-11
Tabel 2.10 Daya Dukung Tanah menggunakan Bore Pile_____	BAB II-14
Tabel 2.11 Kekuatan Tekan perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji_____	BAB II-15
Tabel 2.12 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) dengan Faktor Air, Semen, dan Agregat_____	BAB II-15
Tabel 2.13 Kekuatan Tekan Rata-Rata Perlu Bila Data Tersedia Untuk Menetapkan Deviasi Standar Benda Uji_____	BAB II-18
Tabel 2.14 Kuat Reduksi Kekuatan_____	BAB II-26
Tabel 2.15 Parameter Daktailitas Struktur Gedung_____	BAB II-33
Tabel 2.16 Faktor Daktailitas Maksimum_____	BAB II-34
Tabel 2.17 Lendutan Ijin Pelat Maksimum_____	BAB II-38
Tabel 2.18 Simpangan antar lantai ijin, $\Delta a^{a,b}$ _____	BAB II-40
Tabel 2.19 Syarat Selimut Beton_____	BAB II-43
Tabel 2.20 Persyaratan Untuk Beton dengan Kelas Paparan (Kelas Paparan F Tidak Relevan dan Dihapus, Masuk Daftar Devias)_____	BAB II-44
Tabel 2.21 Persyaratan Untuk Pembentukan Kesesuaian Kombinasi Material Sementisius yang Terpapar Terhadap Sifat Larut Air_____	BAB II-46

Tabel 2.22 Kategori dan Kelas Paparan (Kategori Beku dan Cair Tidak Relevan dan Tidak Dihapus, Masuk Daftar Deviasi).....	BAB II-46
Tabel 2.23 Persyaratan Tingkat Tahan Api Tipikal dalam Beberapa Peraturan Bangunan.....	BAB II-48
Tabel 2.24 Beban Mati pada Komponen Gedung.....	BAB II-53
Tabel 2.25 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum.....	BAB II-55
Tabel 2.26 Koefisien Angin.....	BAB II-61
Tabel 2.27 Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan.....	BAB II-62
Tabel 3.1 Koefisien Batas Atas Periode yang Dihitung	BAB III-8
Tabel 4.1 Momen pada Pelat Tangga.....	BAB IV-32
Tabel 4.2 Momen pada Pelat Bordes.....	BAB IV-35
Tabel 4.3 Data Spesifikasi Pondasi Tiang Pancang yang Digunakan	BAB IV-105
Tabel 4.4 Data NSPT.....	BAB IV-108
Tabel 4.5 Gaya yang Diterima Pondasi.....	BAB IV-109
Tabel 4.6 Modulus Reaksi Subgrade (nh).....	BAB IV-118
Tabel 5.1 Perbedaan Hasil Analisa ETABS 9.6.0 dengan MathCAD 14	BAB V-2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan gedung perkantoran di kota Semarang menitik beratkan bangunan bertingkat tinggi mengingat keterbatasan lahan di pusat kota. Gedung perkantoran merupakan tempat untuk melaksanakan aktivitas perekonomian. Perencanaan struktur gedung bertujuan menghasilkan bangunan yang aman, nyaman, kuat, ekonomis, dan sesuai dengan standar peraturan yang berlaku. Gedung direncanakan 20 lantai + 1 basement berfungsi untuk pusat perkantoran dan pertemuan.

Perencanaan gedung menggunakan peraturan lama (SNI 03-1726-2002) dan saat ini penerapan perancangan menggunakan peraturan yang terbaru, SNI 1726-2012 sebagai acuan bangunan tahan gempa dengan struktur beton bertulang. Menurut M. Ridho, dkk dalam Perceke (2013) menyatakan bahwa perencanaan struktur beton bertulang dengan menggunakan SNI 1726-2012 akan memiliki kinerja struktur yang lebih baik, karena bangunan akan bersifat daktail.

Dari data sondir diperoleh informasi jenis tanah di lokasi didominasi lapisan pasir kasar terurai (Lampiran 1). Perencanaan gedung tinggi harus memenuhi keamanan gempa, dengan analisis gempa menggunakan SNI 1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa

untuk Struktur Bangunan Gedung) dan Analisis Dinamik Respon Spektrum , dengan desain prinsip *strong colom weak beam*.

Berdasarkan pembagian wilayah, kota Semarang termasuk dalam daerah dengan zona gempa 2 (SNI 1726:2012) sehingga, dapat menggunakan metode SRPMB yang bertujuan untuk mencegah gedung supaya tidak mengalami keruntuhan akibat menahan beban gempa pada zona 2.

Berdasarkan latar belakang maka akan dilakukan perencanaan struktur yang berjudul **“DESAIN STRUKTUR GEDUNG 20 LANTAI + 1 BASEMENT DI JALAN DIPONEGORO SEMARANG TAHUN 2016.**

1.2. Lokasi Perencanaan Tugas Akhir

Lokasi proyek Gedung terletak di Jalan Diponegoro Semarang dengan batas wilayahnya sebagai berikut:



Gambar 1.1 Lokasi Perencanaan Gedung

- Sebelah utara : Jalan Diponegoro
- Sebelah barat : Ruko Siranda
- Sebelah timur : Perumahan warga Jalan Diponegoro
- Sebelah selatan : Perumahan warga Jalan Diponegoro

1.3. Batasan Masalah

1. Data tanah sesuai hasil sondir di lokasi
2. Struktur bangunan 20 lantai + 1 basement direncanakan tahan gempa dengan menggunakan software ETABS 9.6.0
3. Model pondasi menggunakan pondasi tiang pancang berkelompok dan struktur atas dengan menggunakan beton bertulang dihitung secara manual dengan bantuan program MathCAD 14.
4. Perencanaan fokus pada pondasi, kolom, balok, pelat, masing-masing satu titik dengan menggunakan output dari ETABS 9.6.0 dan perhitungan manual menggunakan MathCAD 14.

1.4. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam tugas akhir adalah:

1. Apakah hasil sondir tanah memenuhi syarat untuk merencanakan gedung 20 lantai + 1 basement ?
2. Bagaimana merencanakan struktur gedung dengan menggunakan software ETABS 9.6.0 ?
3. Bagaimana merencanakan dimensi pondasi tiang pancang

berkelompok secara manual menggunakan program MathCAD

14 ?

4. Apakah ada perbedaan signifikan antara hasil perencanaan ETABS 9.6.0 dengan perhitungan manual menggunakan MathCAD 14 ?
5. Berapa dimensi balok minimum agar terjadi keruntuhan saat terjadinya gempa maksimum?

1.5. Tujuan Dan Manfaat Penulisan Tugas Akhir

Tujuan dan manfaat yang akan dicapai dalam penulisan Tugas Akhir adalah:

1. Dapat menentukan syarat-syarat hasil sondir untuk merencanakan gedung 20 lantai + 1 basement ?
2. Dapat menentukan dimensi struktur balok, kolom, pelat dan shearwall dari bangunan yang direncanakan.
3. Menentukan dimensi pondasi tiang pancang berkelompok dari struktur gedung yang direncanakan.
4. Menentukan perbedaan signifikan antara hasil perencanaan ETABS 9.6.0 dengan perhitungan manual menggunakan MathCAD 14.
5. Menentukan dimensi satu balok terlemah penentuan kegagalan struktur saat terjadi gempa besar dari hasil analisa ETABS 9.6.0.

1.6. Sistematika Tugas Akhir

Sistematika penyusunan dibuat untuk memudahkan para pembaca dalam memahami isi Tugas Akhir, sistematika penyusunan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi mengenai latar belakang, lokasi perencanaan tugas akhir, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisan tugas akhir, serta sistematika tugas akhir.

BAB II : PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pustaka dan landasan teori meliputi teori tentang jenis tanah, gempa, pondasi, beton, baja, struktur atas (kolom, balok, pelat, shear wall), syarat stabilitas, syarat kekuatan, syarat daktilitas, syarat layak pakai, syarat durabilitas, syarat ketahanan terhadap kebakaran, syarat integritas, peraturan dan standart, pra-eliminari desain, kombinasi pembebanan, syarat yang berhubungan dengan pelaksanaan konstruksi, ETABS 9.6.0, MathCAD 14.

BAB III : METODE PERANCANGAN

Berisi tentang tahap perencanaan gedung, desain struktur dengan ETABS 9.6.0 meliputi pemodelan struktur, pembebanan gedung, analisi beban gempa, perencanaan tangga dan bordes, perencanaan pelat lantai, perencanaan balok anak, perencanaan balok induk portal melintang,

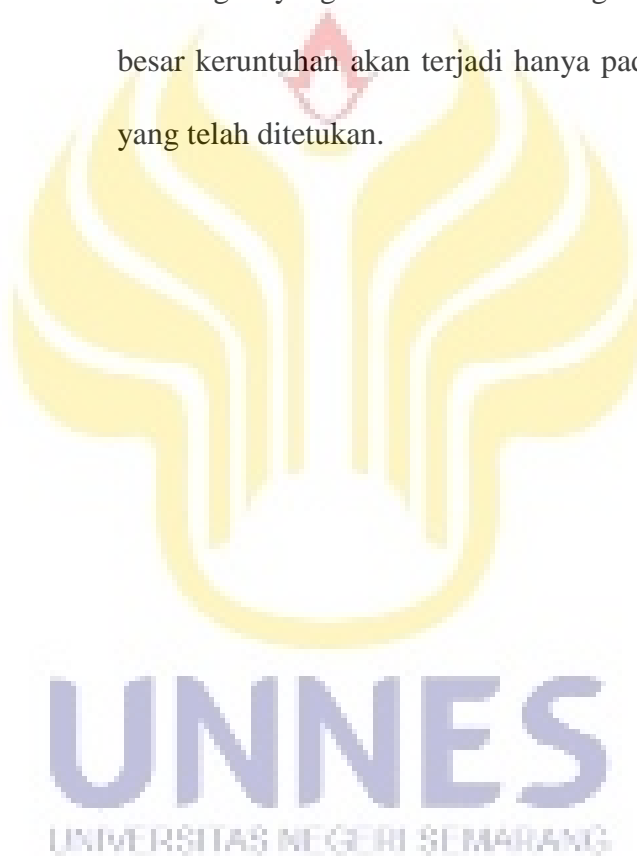
perencanaan balok induk portal memanjang, perencanaan kolom, perencanaan hubungan balok-kolom, perencanaan pondasi tiang pancang, perencanaan tie beam.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN TUGAS AKHIR

Berisi analisa perhitungan struktur yang didapat dari software ETABS meliputi perhitungan pelat lantai, perhitungan balok induk, perhitungan balok anak, perhitungan tie beam, perhitungan balok bordes tangga, perhitungan kolom; analisa perhitungan tangga dengan SAP 10; perhitungan dimensi struktur secara teori menggunakan program MathCAD 14 meliputi perhitungan dimensi tangga dan bordes, perhitungan pelat lantai, perhitungan dimensi balok anak, perhitungan dimensi balok induk, perhitungan dimensi kolom, perhitungan hubungan balok – kolom, perhitungan pondasi, perhitungan tie beam; gambar penulangan struktur meliputi gambar penulangan tangga dan bordes, gambar penulangan pelat lantai, gambar penulangan balok anak, gambar penulangan balok induk, gambar penulangan kolom, gambar penulangan pondasi, gambar penulangan tie beam; Rencana Kerja dan Syarat (RKS) Struktur; dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Struktur.

BAB V : SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan berisi dimensi struktur gedung hasil analisa software ETABS 9.6.0 dan program MathCAD 14 meliputi dimensi balok, dimensi kolom, dimensi pelat, dan dimensi pondasi. Saran berisi penggunaan dimensi balok minimum di ruangan yang telah ditentukan agar saat terjadi gempa besar keruntuhan akan terjadi hanya pada balok di ruangan yang telah ditentukan.



BAB II

PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Jenis Tanah

Tanah membagi bahan-bahan yang menyusun kerak bumi secara garis besar menjadi dua kategori : tanah (soil) dan batuan (rock), sedangkan batuan merupakan agregat mineral yang satu sama lainnya diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat (Terzaghi, 1991).

Menurut Hanggoro Tri Cahyo dalam Diktat Praktikum Mekanika Tanah, klasifikasi tanah sesuai system Unified, dikelompokkan menjadi 3, yaitu kelompok butiran kasar, kelompok butiran halus, dan kelompok tanah organic tinggi.

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah sistem Unified

Divisi Utama	Nama Jenis
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no.40 (475mm)	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir – kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
	Kerikil berlanau, campuran kerikil – pasir – lempung Kerikil berlempung, campuran kerikil – pasir – lempung
Pasir lebih dari 50% fraksi kasar	Pasir bersih (sedikit atau tidak ada butiran Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau

lolos saringan no.40 (475mm)	halus)	mengandung butiran halus
		Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil sedikit atau mengandung butiran halus
	Pasir kandungan halus	Pasir berlanau, campuran pasir – lanau
	banyak butiran	Pasir berlanau, campuran pasir – lempung
Lempung dan lanau batas cair 50% atau kurang		Lanau tak organic dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
		Lempung tak organic dengan plastisitas rendah sampai sedam, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau
		Lanau organic dan lempung berlanau organic dengan plastisitas rendah
Lempung dan lanau batas cair > 50%		Lanau tak organic atau pasir halus diatomac, lanau elastic
		Lempung tak organic dengan plastisitas tinggi
		Lempung organic dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan organic tinggi		Gambut dan tanah lain dengan kandungan organic tinggi

Distribusi tanah berbutir kasar dapat dilakukan dengan penyaringan. Saringan yang digunakan berdasarkan standar yang berlaku. Sedangkan distribusi tanah berbutir halus konsep yang dipakai

menggunakan dasar hukum stokes, yang mempertimbangkan kecepatan pengendapan larutan tanah.

Tabel 2.2 Indeks plastisitas jenis-jenis tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Tidak plastis	Pasir	Tak kohesi
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesi kecil
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung kelanauan	Kohesi
17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesi

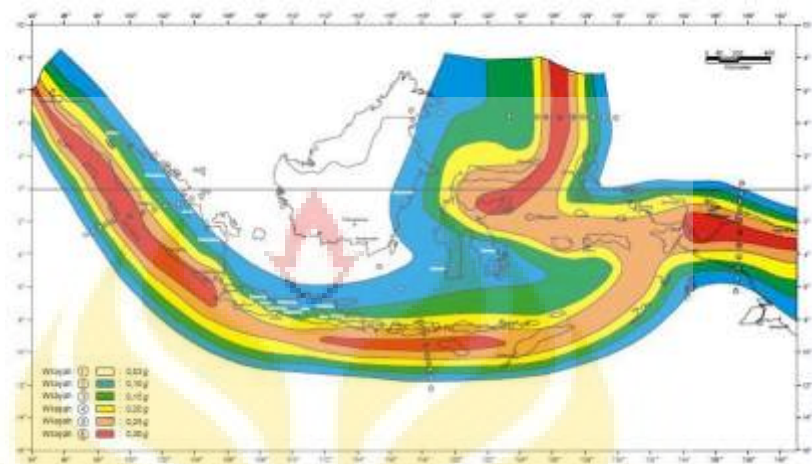
Berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan oleh PT. POLA DWIPA, Jalan Diponegoro No 24 Semarang memiliki jenis tanah didominasi pasir kasar terurai.

2.2 Gempa

Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor, yaitu kekakuan struktur, waktu getar alami, kondisi tanah, dan wilayah kegempaan. Tipe wilayah gempa yang terdapat di Indonesia terdiri dari 6 wilayah gempa dan diklasifikasikan menjadi 3 yaitu :

- a. Wilayah gempa 1 dan 2 masuk daerah resiko gempa rendah, sehingga menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
- b. Wilayah gempa 3 dan 4 masuk daerah resiko gempa menengah sehingga menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

- c. Wilayah gempa 5 dan 6 masuk daerah resiko gempa tinggi, sehingga menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)



Gambar 2.1 Pembagian Wilayah Zona Gempa

Berdasarkan gambar di atas Jalan Diponegoro No 24 Semarang termasuk dalam daerah zona gempa 2, sehingga perencanaan bangunan tinggi dapat menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

2.2.1 Nilai N-SPT

Hasil penyelidikan tanah di Jalan Diponegoro Semarang yang dilakukan oleh PT POLA DWIPA di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Hasil uji boring N-SPT

No	Kedalaman (m)	N-SPT						
		BH. 1	BH. 2	BH. 3	BH. 4	BH. 5	BH. 6	BH. 7
1	-3,00	>60	>60	>60	>60	6	50	8
2	-6,00	>60	>60	>60	>60	14	58	>60

3	-9,00	>60	>60	>60	>60	30	>60	>60
4	-12,00	>60	>60	>60	>60	>60	50	55
5	-15,00	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60
6	-18,00	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60
7	-21,00	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60
8	-24,00	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60

Dari hasil penyelidikan ke-tujuh titik boring , didapatkan nilai

N-SPT >60.

2.2.2 Klasifikasi Situs

Berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 5.3 , nilai N-SPT >60 masuk ke dalam kategori tanah keras, sangat padat dan batuan lunak (Kelas Situs SC) sesuai pada tabel berikut.

Tabel 2.4 Klasifikasi Situs

kelas situs	Vs (m/detik)	N dan Ncb	S (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	<50
	Atau setiap profil yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. kuat geser nirair $S_u < 25$ Kpa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesiesifik dan analisis	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karaktristik sebagai berikut :		

respons spesifik situs yang mengikuti (6.10.11)	<ul style="list-style-type: none"> - rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$) - lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan Indeks Plastisitas > 75) Lapisan Lempung Lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35m$ dengan $S_u < 50Kpa$
-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2.3 Parameter Percepatan Gempa

Parameter Percepatan Gempa (S_s , S_1) diketahui secara detail melalui situs online Dinas PU di link :

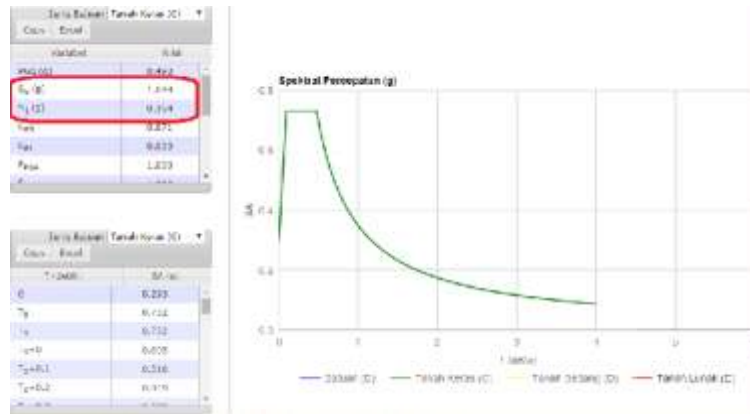
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

dengan cara menginputkan nama kota diisi Semarang dan jenis batuan diisi lunak. Input parameter percepatan gempa melalui situs

on line PU ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Input data kota dan jenis batuan pada website puskim.pu.go.id



Gambar 2.3 Output desain spektra pada website puskim.pu.go.id

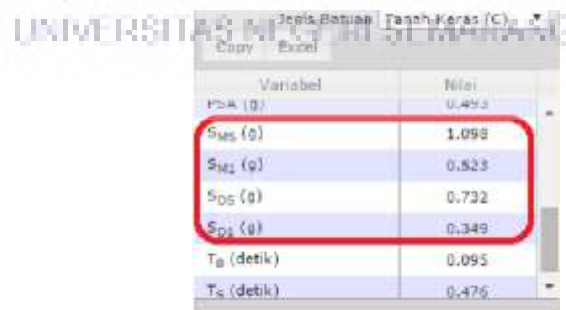
Hasil output percepatan gempa (S_s , S_1) untuk lokasi gedung adalah sebesar $S_s = 1,098$ dan $S_1 = 0,364$.

2.2.4 Koefisien Situs dan Parameter Respons Spectra Percepatan Gempa

Berdasarkan website resmi dari

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spectra_indonesia_2011/

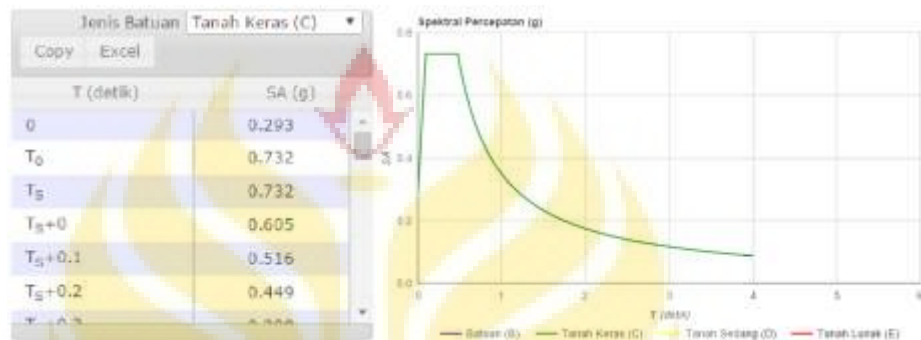
didapatkan nilai parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) sesuai ditunjukkan pada Gambar berikut :



Gambar 2.4 Respons Spectrum Desain Berdasarkan Website Puskim.go.id

2.2.5 Menentukan Spectrum Respon Desain

Penentuan respon spectrum desain berdasarkan website resmi Dinas PU pada link http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.5 Respons Spectrum Desain Berdasarkan Website puskim.go.id

2.2.6 Menentukan Kategori Desain Seismic

Penentuan Kategori Desain Sismik (KDS) berdasarkan kategori resiko dan parameter respons spectral percepatan desain sesuai dalam SNI Gempa 03-1726-2012 dalam tabel berikut :

Tabel. 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel. 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, di dapatkan nilai parameter percepatan respon spektral pada periode pendek $S_{DS}=0,732$ dan parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik $S_{D1}=0,349$, maka termasuk kategori risiko D.

2.2.7 Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem

Berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 7.2.2 dan hasil seminar HAKI dirumuskan pemilihan sistem struktur untuk berbagai tingkat kegempaan pada tabel berikut :

Tabel 2.7 Pemilihan Sistem Struktur Berdasarkan Tingkat Resiko Gempa

Code	Tingkat Resiko Kegempaan		
	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 03-1726-2012	A, B	C	D, E, F
Sistem Penahan Gempa	SRMB/ M/ K SDSB/ K	SRMM/ K SDSB/ K	SRMK SDSK

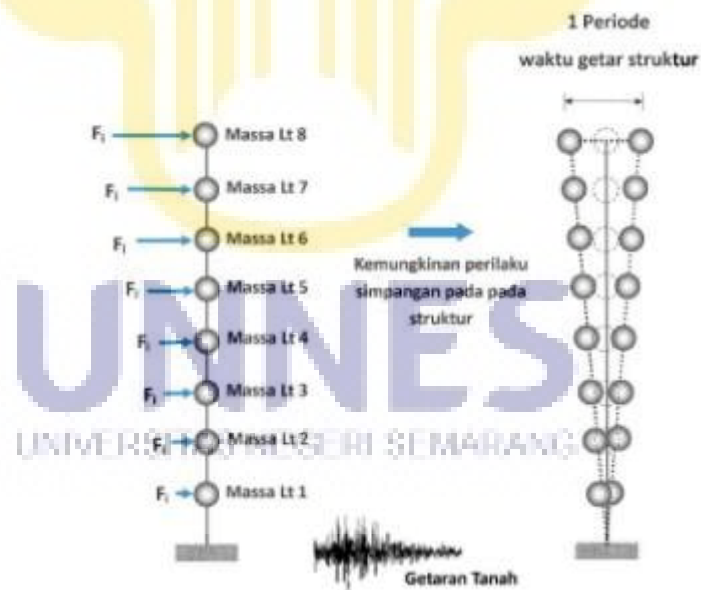
Jenis struktur gedung yang ditinjau masuk pada katagori tingkat resiko gempa tinggi (D), sehingga digunakan sistem penahan gempa SRMK (Struktur Rangka Momen Khusus) sesuai ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.8 Faktor R, Cd, Ω0 untuk Sistem Penahan Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^h	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

2.2.8 Periode Struktur

Waktu getar struktur adalah peristiwa bergetar dan bergoyangnya struktur dalam 1 periode. Peristiwa tersebut dimodelkan sebagai model massa terpusat (*lump mass model*) ditunjukkan pada berikut:



Gambar 2.6 Peristiwa Bergetarnya Struktur dalam 1 Periode

Perioda fundamental pendekatan T_a (detik) ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t \cdot h^n$$

Dimana :

H_n : ketinggian struktur (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur,

C_t dan x : ditentukan sesuai SNI Gempa 03-1726-2012

Pasal 7.8.2.1 seperti pada Tabel berikut :

Tabel 2.9 Nilai Parameter Pendekatan untuk C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

2.3 Pondasi

Pondasi merupakan konstruksi yang berfungsi menopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan secara merata ke lapisan tanah. Jenis pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi.

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Jenis-jenis Pondasi Dalam :

a. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3m. Diameter sumuran biasanya antara 0.80 - 1.00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya

b. Pondasi Bored Pile

Pondasi Bored Pile adalah bentuk Pondasi Dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah dengan kedalaman tertentu. Pondasi di tempatkan sampai ke dalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang yang dibor dengan alat khusus. Setelah mencapai kedalaman yang disyaratkan, kemudian dilakukan pemasangan kesing/begisting yang terbuat dari plat besi, kemudian dimasukkan rangka besi pondasi yang telah dirakit sebelumnya, lalu dilakukan pengecoran terhadap lobang yang sudah di bor tersebut. Pekerjaan pondasi ini tentunya dibantu dengan alat khusus, untuk mengangkat kesing dan rangka besi. Setelah dilakukan pengecoran kesing tersebut dikeluarkan kembali.

c. Pondasi Tiang Pancang

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak

mempunyai daya dukung (bearing capacity) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya. Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman lebih dari 8 meter. Dalam pelaksanaan pemancangan pada umumnya dipancangkan tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancangkan miring (battled pile) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja.

Ir. Sardjono HS (1991:01) menyatakan bahwa, “pondasi Tiang tidak berhubungan langsung dengan poer tetapi berhubungan langsung dengan balok-balok melintang pada bangunan atas”.

Dari hasil penyelidikan tanah yang dilakukan oleh PT. POLA DWIPA di Jalan Diponegoro, jenis pondasi yang direkomendasikan yaitu pondasi bore pile berbentuk lingkaran dengan diameter pile 60cm sampai diameter pile 100cm. Hasil perhitungan daya dukung pondasi bore pile yang telah dilakukan oleh konsultan berdasarkan data N-SPT dengan rumus Schemearment sebagai berikut.

Kapasitas Daya Dukung Bore Pile

Berdasarkan data N-SPT dengan rumus Schemearment

Proyek : Pekerjaan Pembangunan Hotel

Lokasi : Jalan Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah

Qut : ultimate load (ton) = $40 N_b \times A_b + 0,2 N_{rt} \times O \times L_i$

Q_a : $Q_{ult} \times \text{Eff}/FK$ (allowed load dalam ton)

FS (Factor of safety) = 3,50

Tabel 2.10 Daya Dukung Tanah menggunakan bore pile

Titik Boring	Kedalaman (m)	Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Qall (ton)		
		Diameter pile 60 cm	Diameter pile 80 cm	Diameter pile 100 cm
BH. 1	-9,00	150,72	258,38	394,74
	-12,00	149,00	250,34	377,52
BH. 2	-9,00	150,72	258,38	394,74
	-12,00	149,00	250,34	377,52
BH. 3	-9,00	150,72	258,38	394,74
	-12,00	149,00	250,34	377,52
BH. 4	-9,00	150,72	258,38	394,74
	-12,00	149,00	250,34	377,52
BH. 5	-9,00	150,72	179,43	278,11
	-12,00	149,00	224,88	345,70
BH. 6	-9,00	150,72	258,38	394,74
	-12,00	149,00	250,34	377,52
BH. 7	-9,00	150,72	258,38	394,74
	-12,00	149,00	250,34	377,52

2.4 Beton

Gedung menggunakan beton mutu f_c' 29,05 MPa. Mutu f_c' 29,05 menyatakan kekuatan tekan minimum adalah 29,05 MPa pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan silinder beton diameter 15cm, tinggi 30cm.

2.4.1. MIX DESIGN

Menurut SNI Beton 2013 bahwa f_c' yang digunakan pada bangunan tidak boleh kurang dari 17 Mpa. Maka ketentuan nilai f_c' harus berdasarkan pada uji silinder yang dibuat. Kecuali

ditentukan lain, f'_c harus didasarkan pada pengujian umur 28 hari. Beton harus dirancang sedemikian rupa agar menghasilkan kekuatan tekan rata-rata (f'_{cr}) dan harus memenuhi kriteria durabilitas.

Tabel 2.11 Kekuatan Tekan perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan Tekan Disyaratkan (Mpa)	Kekuatan Tekan Rata-Rata Perlu (Mpa)
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 < f'_c < 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$

Tabel 2.12 Perkiraan Kekuatan tekan (MPa) dengan faktor air, semen, dan agregat

Jenis Semen	Jenis agregat kasar	Kekuaatan tekan (MPa)				Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan Batu pecah	17	23	33	40	Silinder
		19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II, V	Batu tak dipecahkan Batu pecah	20	28	40	48	Kubus
		25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan Batu pecah	21	28	38	44	Silinder
		25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan Batu pecah	25	31	46	53	Kubus
		30	40	53	60	

Menurut SNI Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus

dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus berikut :

- $\text{air} = B - (C - C_a) \times C/100 - (D - D_a) \times D/100$;
- $\text{agregat halus} = C + (C - C_a) \times C/100$;
- $\text{agregat kasar} = D + (D - D_a) \times D/100$

Dengan :

B : jumlah air

C : jumlah agregat halus

D : jumlah agregat kasar

C_a : absorpsi air pada agregat halus (%)

D_a : absorpsi agregat kasar (%)

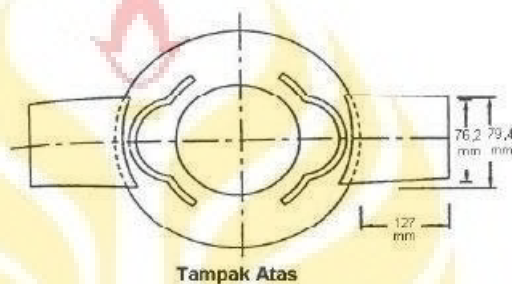
C_k : kandungan air dalam agregat halus (%)

D_k : kandungan air dalam agregat kasar (%)

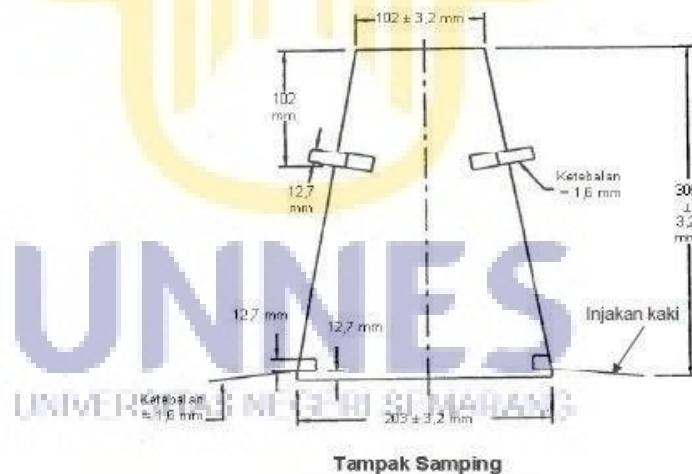
2.4.2. UJI SILINDER

Menurut SNI 1972-2008, Alat uji harus berupa sebuah cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tersebut tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm dan dibentuk dengan proses pemutaran (*spinning*). Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta

tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan. Cetakan harus dipasang secara kokoh di atas pelat dasar yang tidak menyerap air. Pelat dasar juga harus cukup luas agar dapat menampung adukan beton setelah mengalami slump.



Gambar 2.7 Tampak Atas Cetakan



Gambar 2.8 Tampak Samping Cetakan

Menurut SNI 2847-2013, Silinder untuk uji kekuatan yang dicetak harus berukuran 100 kali 200mm atau 150 kali 300mm yang dibuat dari adukan beton yang sama dan diuji

pada umur beton 28 hari atau pada umur uji yang ditetapkan untuk penentuan f'_c . Benda uji harus sesuai dengan ASTM C172. Kekuatan tekan rata-rata perlu f'_{cr} yang digunakan sebagai dasar proporsi beton harus ditentukan dari tabel di bawah ini :

Tabel 2.13 Kekuatan tekan rata-rata perlu bila data tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan tekan disyaratkan (Mpa)	Kekuatan tekan rata-rata perlu (Mpa)
$f'_c \leq 35$	Gunakan nilai terbesar yang dihitung dari Persamaan dibawah $f'_{cr} = f'_c + 1,34S_s$ $f'_{cr} = f'_c + 2,33S_s - 3,5$
$f'_c > 35$	Gunakan nilai terbesar yang dihitung dari Persamaan dibawah $f'_{cr} = f'_c + 1,34S_s$ $f'_{cr} = 0,9f'_c + 2,33S_s$

Tingkat kekuatan mutu beton harus dianggap memenuhi syarat jika:

1. Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kekuatan yang berurutan mempunyai nilai sama atau lebih besar dari f'_c
2. Tidak ada uji kekuatan di bawah f'_c dengan lebih dari 35 Mpa. Jika f'_c sebesar 35 Mpa atau kurang, atau lebih dari $0,1f'_c$ jika f'_c lebih dari 35 Mpa.

2.4.3. UJI LAPANGAN

Uji silinder yang dilaksanakan dilapangan harus dirawat sesuai dengan ASTM C31M. Uji silinder di lapangan dicetak pada waktu yang bersamaan dengan uji silinder di laboratorium.

Prosedur untuk perlindungan dan perawatan beton harus

ditingkatkan. Jika kekuatan silinder di lapangan pada saat umur uji yang ditetapkan untuk penentuan f'_c kurang dari 85% dari kekuatan pembanding silinder di laboratorium. Batasan 85% tidak berlaku jika kekuatan yang uji silinder di lapangan melebihi f'_c dengan lebih dari 3,5 Mpa.

2.5 Baja

Menurut SNI Beton 2847:2013, tulangan yang digunakan harus tulangan ulir, kecuali untuk tulangan spiral atau baja prategang diperkenankan tulangan polos, dan tulangan yang mengandung stud geser berkepala, baja profil struktural, pipa baja, atau tabung baja dapat digunakan sesuai persyaratan standart ini.

Perencanaan gedung yang mengacu pada SNI 2847:2013, direncanakan menggunakan tulangan baja ulir dengan diameter tidak lebih kecil dari D6 atau lebih dari D16.

2.6 Struktur Atas

Struktur atas gedung meliputi seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah termasuk kolom, balok, plat lantai, shearwall.

2.6.1. Kolom

Sebagai batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban balok dan pelat. Fungsi kolom sebagai penerus beban

seluruh bangunan ke pondasi. Kolom dirancang untuk menahan beban gaya biaksial dari berbagai faktor beban yang timbul akibat distribusi beban dari semua lantai, atap dan momen maksimum.

Dalam buku struktur beton bertulang (Dipohusodo, 1994), terdapat beberapa jenis kolom beton bertulang yaitu :

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral, untuk melindungi tulangan utama yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral.
2. Kolom menggunakan pengikat spiral, bentuknya sama dengan sengkang lateral, hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom.

Momen dapat terjadi karena adanya eksentrisitas dari kekangan pada ujung-ujung kolom yang dicetak, pelaksanaan pemasangan yang kurang sempurna, ataupun penggunaan mutu yang tidak merata. Maka sebagai tambahan faktor reduksi kekuatan untuk memperhitungkan eksentrisitas minimum, peraturan memberikan ketentuan bahwa kekuatan nominal kolom dengan pengikat sengkang direduksi 20% dan untuk kolom dengan pengikat spiral direduksi 15%. Rumus kuat beban aksial maksimum sebagai berikut:

- Untuk kolom dengan penulangan spiral

$$\phi P_n(\text{maks}) = 0,85\phi(0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

- Untuk kolom dengan penulangan sengkang

$$\phi P_n(\text{maks}) = 0,80\phi(0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

dimana:

A_g : luas kotor penampang lintang kolom (mm^2)

A_{st} : luas total penampang penulangan memanjang (mm^2)

P_n : kuat beban aksial nominal atau teoritis dengan eksentrisitas tertentu

Selain harus dilakukan pengecekan kuat beban aksial, pada perencanaan gedung juga dilakukan pengecekan batas kelangsingan kolom. Rumus kelangsingan menurut Gideon (1993 : 190) sebagai berikut.

$$\frac{kl_u}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right)$$

Dalam rumus ini, kl_u adalah panjang tekuk kolom = l_c , r adalah radius girasi dalam arah lentur dan boleh dianggap sebesar 0,3 h (Penampang persegi).

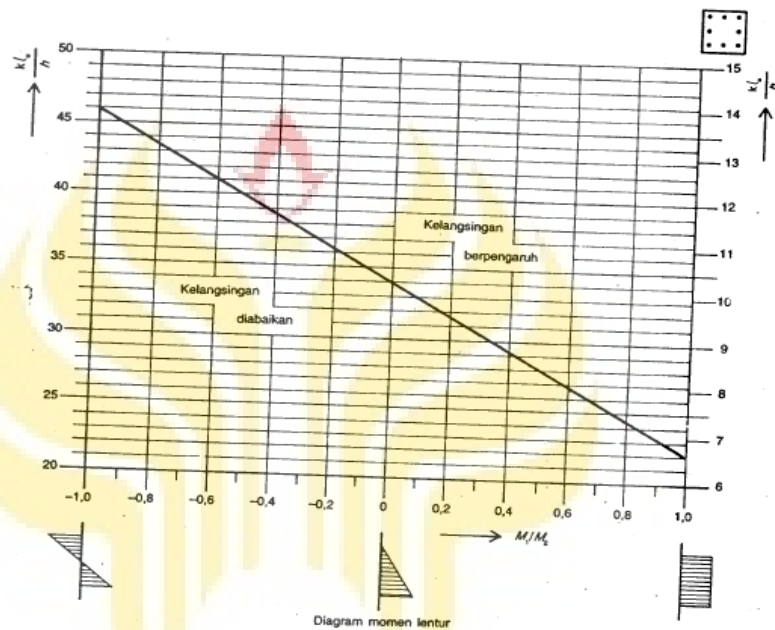
Kelangsingan kolom didefinisikan dalam rumus : $\frac{l_c}{r}$

Dimana :

M_{1b} = Momen terkecil yang dapat terjadi pada kolom

M_{2b} = Momen kolom terbesar pada struktur rangka dengan pengaku

Perhitungan kelangsingan pada kolom, dapat pula dibaca pada grafik di bawah ini :



Gambar 2.9 Grafik kelangsingan dapat atau tidak boleh diabaikan

2.6.2. Balok

Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dukungan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsi balok sebagai rangka penguat horizontal bangunan. Balok harus didesain dengan memperhitungkan distribusi regangan nonlinier.

$$V_u = 0,83 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

Rumus luas minimum tulangan tarik lentur :

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} bw \cdot d$$

Keterangan :

V_u : gaya geser terfaktor pada penampang (N)

$A_{S_{\min}}$: luas minimum tulangan tarik (mm^2)

$f'c$: kuat tekan beton (MPa)

f_y : kuat leleh tulangan (MPa)

bw : lebar/ tebal dinding (mm)

d : jarak dari ujung sampai pusat tulangan tarik (mm)

2.6.3. Plat

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak diatas tanah langsung. Plat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom bangunan. Plat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus. Ketebalan plat lantai ditentukan oleh besar lendutan yang diijinkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung.

2.6.4. Shearwall

Shear Wall adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya Shear Wall / dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa

akan terserap oleh dinding geser tersebut. Fungsi shear wall / dinding geser ada 2, yaitu kekuatan dan kekakuan.

a. Syarat Kekuatan

Syarat yang direncanakan kekuatannya harus lebih besar dari kekuatan yang diperlukan dalam menahan gaya-gaya yang bekerja. Agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap macam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi, ketentuan dari faktor beban sebagai berikut :

1. Kuat Perlu

Kuat perlu terdasi dalam 5 kombinasi pembebanan, yaitu:

- a. Kuat perlu (U) yang menahan beban mati (D) dan beban hidup (L), paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2D + 1,6L$$

- b. Kuat perlu (U) yang menahan beban mati (D), beban hidup (L) dan beban angin (W), yaitu :

$$U = 0,75 (1,2D + 1,6L + 1,6W)$$

Dimana kombinasi beban harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup (L) yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, maka:

$$U = 0,9D + 1,3W$$

Dimana untuk setiap kombinasi beban D, L, dan W diperoleh kekuatan U yang tidak kurang dari :

$$U = 1,2D + 1,6L$$

- c. Bila ketahanan struktur terhadap gempa (E) harus diperhitungkan terhadap perencanaan, maka nilai U berlaku :

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \text{ atau } U = 0,9 (D \pm E)$$

Dimana :

L_R = Merupakan beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan ketentuan PPPURG 1987

E = Ditetapkan berdasarkan ketentuan yang disyaratkan dalam PPTGIUG 1983

- d. Bila ketahanan tekanan pada tanah (H) diperhitungkan dalam perencanaan, maka ketentuan perlu (U) minimum berlaku :

$$U = 1,2D + 1,6L + 1,6H$$

- e. Bila pengaruh struktural (T) dari perbedaan penurunan, rangkai, susut atau perubahan suhu mungkin menentukan dalam perencanaan, maka kekuatan perlu (U) berlaku :

$$U = 0,75 (1,2D + 1,2T + 1,6L)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$U = 1,2 (D + T)$$

Kuat perlu (U) yang dipakai adalah kuat perlu (U) yang nilainya terbesar, karena pada desain bangunan gedung kantor beban angin dan beban khusus tidak ditinjau dikarenakan pengaruhnya terhadap bangunan tidak signifikan maka kuat perlu yang diperhitungkan adalah kuat perlu pada point (a) dan (c).

2. Kuat Rencana

Syarat : Kuat rencana > Kuat perlu

Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka kuat minimum harus direduksi dengan faktor reduksi kekuatan sebagai berikut :

Tabel 2.14 Kuat Reduksi Kekuatan

No	Uraian	Faktor Reduksi (ϕ)
1	Lentur tanpa beban aksial	ϕ 0,80
2	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	ϕ 0,80
3	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur :	
	a) Komponen struktur dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat	ϕ 0,70
	b) komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa	ϕ 0,65
4	Gaya geser dan torsi	ϕ 0,60
5	Tumpuan pada beton	ϕ 0,70

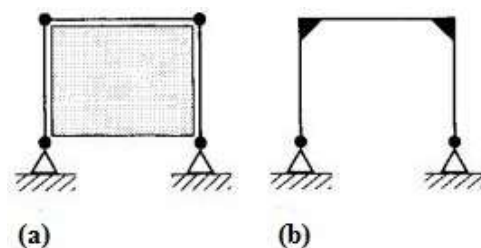
b. Syarat Kekakuan

- Dinding geser memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi-goyangan yang berlebihan
- Ketika dinding geser kaku, akan mencegah membingkai lantai dan atap yang bergerak

2.7 SYARAT STABILITAS

Salah satu syarat agar sebuah bangunan memenuhi syarat dan layak dipakai adalah kestabilan struktur yang bagus. Kestabilan memiliki arti bangunan tidak akan runtuh (*collapse*) jika mendapat pengaruh gaya-gaya dari luar. Struktur yang sangat sederhana akan mengalami perpindahan (*deformasi*) yang cukup besar jika diberi beban luar. Jika beban luar terlalu besar, maka struktur ini akan jatuh (*collapse*) dan dikatakan tidak stabil terhadap perubahan gaya dari luar (Marga, 2011).

Ada beberapa cara yang bisa dilakukan untuk membuat struktur yang stabil. Cara untuk membuat struktur stabil diilustrasikan seperti gambar di bawah ini.



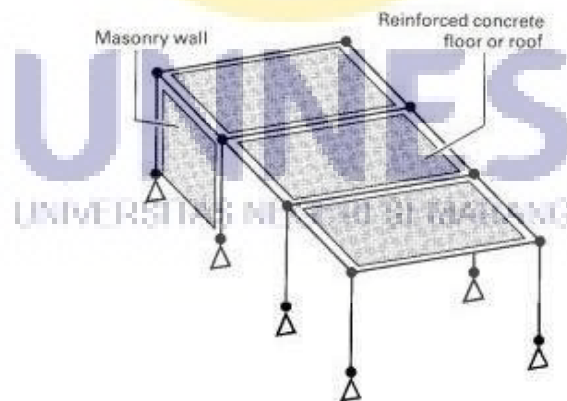
Gambar 2.10 Cara membuat struktur stabil

a. Pembuatan bidang rangka yang kaku (*diaphragm*)

Bidang rangka kaku atau biasa disebut *diaphragm* adalah sistem di mana dinding atau pelat lantai dipasang sangat kaku pada rangka struktur. Hal ini menyebabkan sambungan (*joint*) tidak lagi berperilaku sebagai sendi, namun sambungan ini akan kaku dan berubah fungsi sebagai jepit. Contoh yang bisa kita lihat adalah pelat lantai yang terbuat dari beton yang disambung dengan balok-balok di sekelilingnya.

b. Pemasangan sambungan yang kaku (*rigid*)

Cara yang ketiga ini, sambungan secara langsung dipasang dengan kaku tanpa perlu bantuan dinding atau pelat. Biasanya sistem seperti ini bisa dilakukan pada sambungan las baja atau sambungan balok kolom pada beton bertulang.



Gambar 2.11 Jumlah minimum pengaku atau bidang yang diperlukan untuk kestabilan struktur

Untuk membuat sistem struktur yang stabil, paling tidak diperlukan sejumlah elemen-elemen minimum yang dipasang pada

struktur. Pada gambar di atas, bidang pengaku hanya dipasang di sebuah bidang di sebuah sisi struktur. Struktur pada kondisi ini sudah stabil, namun jika ada gaya horizontal pada arah tegak lurus *bracing*, struktur akan mengalami torsi yang cukup besar akibat pemasangan struktur yang tidak simetris. Untuk itulah diperlukan pemasangan elemen-elemen yang simetris pada struktur. Dengan pemasangan struktur yang stabil dan tepat, diharapkan struktur tidak akan mengalami jatuh (*collapse*), memenuhi syarat deformasi yang ditetapkan, dan mampu memberikan kuat layan yang baik untuk dipakai para penggunanya

2.7.1 Statik

Kestabilan statik memiliki arti bangunan tidak akan runtuh (*collapse*) jika mendapat pengaruh gaya-gaya statik dari luar. Beban statik adalah beban tetap baik besarnya (intensas), titik bekerjanya dan arah garis kerjanya tetap (Margareta, 2012).

2.7.2 Dinamik

Kestabilan dinamik memiliki arti bangunan tidak akan runtuh (*collapse*) jika mendapat pengaruh gaya-gaya dinamis dari luar. Beban dinamik merupakan beban yang besarnya (intenasnya) berubah-ubah menurut waktu. Pada beban dinamik, beban bekerja pada rentang waktu tertentu saja akan tetapi akibat yang ditimbulkan dapat merusak struktur bangunan karena beban dinamik dapat menyebabkan

timbulnya gaya inersia pada pusat massa yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan.(Margareta, 2012).

Pada saat bergetar, bahan dari struktur akan melakukan resistensi atau perlawanan terhadap getaran atau gerakan dan pada umumnya bahan atau material yang digunakan pada konstruksi mempunyai kemampuan untuk meredam getaran.

Contoh – contoh beban dinamik berupa :

1. Getaran yang diakibatkan oleh generator.
2. Getaran dijembatan yang diakibatkan oleh gerakan kendaraan.
3. Getaran yang diakibatkan oleh suara yang keras, seperti mesin jet pesawat terbang.
4. Angin.

Angin dengan kecepatan tinggi dan menerpa suatu struktur bangunan dapat diekivalenkan sebagai suatu gaya yang bekerja sekaligus menggetarkan struktur bangunan.

5. Beban Gelombang Air Laut.

Gelombang air laut menimpa bangunan pantai seperti pemecah gelombang (breakwater), dermaga dll. juga merupakan beban dinamik yang diekivalenkan suatu gaya yang bekerja pada bangunan-bangunan tersebut. Energi gelombang ini dapat disebabkan adanya tiupan angin yang

kencang, maupun gempa bumi yang terjadi didasar laut dapat menimbulkan gelombang tsunami.

6. Gempa bumi.
7. Ledakan bahan peledak atau bom.

2.8 SYARAT KEKUATAN

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 9 mengenai persyaratan kekuatan dan kemampuan layan, struktur dan komponen struktur harus di desain agar mempunyai kekuatan desain di semua penampang paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya terfaktor dalam kombinasi berikut :

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5R$$

$$U = 1,2D + 1,6R + L$$

$$U = 1,2D + 1,6R + 0,5W$$

$$U = 1,2D + W + L + 0,5R$$

$$U = 1,2D + E + L$$

$$U = 0,9D + W$$

$$U = 0,9D + 1E$$

Keterangan :

U = Kekuatan perlu

D = Beban Mati

L = Beban hidup

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

2.9 SYARAT DAKTAILITAS

Menurut SNI Gempa 03-1726-2002, daktilitas adalah kemampuan struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

2.9.1 Elastik

Elastik adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas sebesar 1,0.

2.9.2 Daktilitas Parsial

Seluruh tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas di antara untuk struktur gedung yang elastic penuh sebesar 1,0 dan untuk struktur gedung yang daktail penuh sebesar 5,3.

2.9.3 Daktilitas Penuh

Suatu tingkat daktilitas struktur gedung, di mana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca-elastik pada saat mencapai kondisi

diambang keruntuhan yang paling besar, yaitu dengan mencapai nilai faktor daktilitas sebesar 5,3

Tabel 2.15 Parameter Daktilitas Struktur Gedung

Taraf kinerja struktur gedung	μ	R pers.(6)
Elastik penuh	1,0	1,6
Daktail parsial	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
Daktail penuh	5,3	8,5

Keterangan :

R : Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut.

μ : Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

Nilai faktor daktilitas struktur gedung μ di dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan, tetapi tidak boleh diambil lebih besar dari nilai faktor daktilitas maksimum μ_m

Tabel 2.16 Faktor daktailitas maksimum

Sistem dan Subsistem Struktur Gedung	Uraian Sistem Pemikul Beban Gempa	μ_m	Rm	f
1. Sistem dinding penumpu (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing)	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penumpu dengan rangka baja ringan dan bresing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bresing di mana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
	b. Beton Bertuang (tidak untuk wilayah 5 dan 6)	1,8	2,8	2,2
	4. Rangka bresing eksentris baja	4,3	7,0	2,8
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja	3,6	5,6	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk wilayah 5 dan 6)	3,6	5,6	2,2
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja	4,1	6,4	2,2
	5. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail	4,0	6,5	2,8
	6. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail penuh	3,6	6,0	2,8
	7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8
	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
a. Baja	5,2	8,5	2,8	
b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8	

rangka pemikul gravitasi lengkap. lateral rangka momen melalui mekanisme lentur)	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8
4. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi; 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi /sistem ganda)	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk wilayah 5 dan 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk wilayah 5 dan 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8

5. Sistem struktur gedung kolom kantilever: (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan dengan balok beton pratekan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail penuh	4,0	6,5	2,8
	5. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8

Keterangan :

μ_m : Nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu sistem atau subsistem struktur gedung.

R_m : Faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu jenis sistem atau subsistem struktur gedung.

F : Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa nominal

2.10 SYARAT LAYAK PAKAI

2.10.1 Lendutan Pelat dan Balok

Menurut Ir. Gideon H. Kusuma, M. Eng (1993: 61, edisi 1) menyatakan suatu struktur beton harus disyaratkan mempunyai kekakuan yang cukup tegar, agar dapat menahan deformasi akibat lendutan tanpa menimbulkan kerusakan atau gangguan apapun. Sebuah struktur yang lendutnya demikian besar, dinding – dinding yang didukung akan retak, atau terjadi getaran karena orang yang berjalan pada lantai bangunan tidak akan nyaman. Kedua hal tersebut merupakan suatu keadaan yang tidak diijinkan.

Agar suatu struktur terjamin tidak terjadi lendutan, maka ada pembatasan lendutan berkaitan dengan tingginya, dalam hal ini tebal balok atau pelat. Hal ini umumnya ditinjau dalam pedoman dengan menggunakan kondisi kelangsingan. Kondisi kelangsingan ini ditentukan sedemikian rupa, bila memadai, sehingga perhitungan lendutan lengkap tidak diperlukan.

Pada SKSNI T15-1991-03 Tabel 3.2.5a tercantum tebal minimum sebagai fungsi terhadap bentang. Nilai – nilai pada tabel tersebut berlaku untuk struktur yang tidak mendukung serta sulit berdeformasi atau berpengaruh terhadap struktur yang mudah rusak akibat lendutan yang besar. Nilai kelangsingan yang diberikan itu berlaku untuk beton normal dan tulangan dengan $f_y = 400$ MPa.

$\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$ yang akan menghasilkan nilai apapun.

Syarat- syarat kelangsingan sebagaimana berikut :

a. Tebal minimum h sesuai pada SKSNI T15-1991-03 Tabel 3.2.5a

Komponen								
	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2
	400	240	400	240	400	240	400	240
pelat mendukung dalam satu arah	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{27}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{37}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{13}$
Balok atau lantai berusuk mendukung dalam satu arah	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{18.5}$	$\frac{1}{24.5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{11}$

b. Lendutan ijin maksimum

Tabel 2.17 Lendutan Ijin Pelat Maksimum

Tipe Komponen Struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap datar tidak menahan atau berhubungan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan besar	Lendutan akibat beban hidup	L/180
Lantai tidak menahan atau berhubungan dengan komponen non struktural yang mungkin rusak akibat lendutan besar	Lendutan akibat beban hidup	L/360
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau berhubungan dengan komponen non struktural yang mungkin rusak akibat lendutan	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban yang bekerja dan lendutan seketika yang terjadi akibat penambahan beban hidup)	L/480
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau berhubungan dengan komponen non struktural yang mungkin tidak rusak akibat lendutan yang besar		L/240

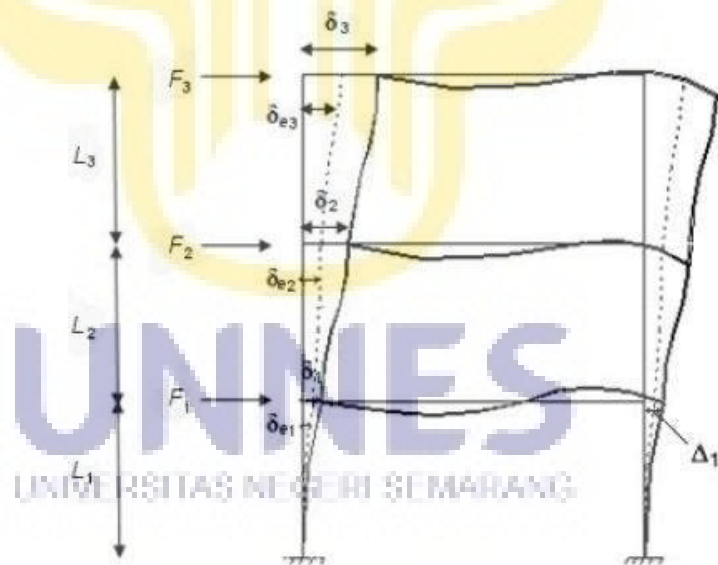
Berdasarkan pada syarat kelangsingan yang harus terpenuhi, besarnya dimensi pelat dan balok yang digunakan dalam perencanaan gedung yaitu :

Ditentukan f_y 400MPa, $L = 5000$ mm

- Pelat : $h_{\min} = 5000/28 = 178,57\text{mm} = 18\text{cm}$
- Balok : $h_{\min} = 5000/21 = 238,09\text{mm} = 24\text{cm}$

2.10.2 Simpangan Antar Tingkat

Menurut SNI 1726:2012 penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat masa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau seperti gambar berikut.



Gambar 2.12 Penentuan simpangan antar lantai

Apabila pusat masa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat masa tingkat di atasnya.

Batasan simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δa) seperti di dapatkan pada tabel berikut.

Tabel 2.18 Simpangan antar lantai ijin, $\Delta a^{a,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Keterangan :

- ^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x
- ^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.12.1.1.
- ^c Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam SNI 1726:2012 pasal 7.12.3 tidak diabaikan
- ^d Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang

dikontruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

2.10.3 Retakan

Menurut Ir. Gideon H. Kusuma, M. Eng (1993: 12, edisi 1) menyatakan bahwa pada beton bertulang, retakan hingga batas tertentu adalah suatu masalah yang wajar dan diterima. Walaupun secara umum hal ini tidak membahayakan (bagi struktur), tetapi menimbulkan bahaya korosi pada jangka panjang terhadap tulangan baja bila retaknya terlalu lebar. Karena itu, lebar celah retakan tidak diperbolehkan melebihi nilai batas maksimum tertentu.

Dalam keadaan tidak retak, momen inersia pelat hampir mendekati $1/12bh^3$. Bila beban bertambah besar sehingga tegangan tarik pada beton melampaui kekuatan tarik beton, maka timbul retakan-retakan dibagian yang tertarik. Akibatnya seluruh gaya tarik yang bekerja pada bagian bawah pelat diterima oleh baja tulangan. Pada beton yang terikat disekeliling batang tulangan tarik akan mengalami dua jenis tegangan, yaitu tegangan arah memanjang batang tulangan dan tegangan lateral. Lebar celah retak sebanding dengan besarnya tegangan yang terjadi pada batang tulangan tarik dan beton dengan ketebalan tertentu yang menyelimuti batang baja.

Menurut Istimawan, penanggulangan retak diterapkan balok dan plat dengan penulangan satu arah. Peraturan mengarahkan bahwa penulangan beton bertulang hanya menggunakan batang tuangan baja

deformasi dan untuk penulangan tarik letaknya harus disebar merata didaerah tarik.

Apabila f_y lebih dari 300 MPa, harus diperhatikan dan dilakukan pemeriksaan secara khusus untuk menjamin bahwa letak batang tulangan didaerah tarik telah merata.

2.10.4 Getaran/Vibrasi

Menurut SNI Beban 1727-2013, Sistem lantai penahan luas area terbuka yang besar dan beban dari partisi atau perendam lainnya. Peralatan mekanikal yang dapat menimbulkan getaran yang mengganggu pada bagian manapun dari struktur yang berpenghuni harus diisolasi untuk seminimum mungkin terjadi penjalaran getaran ke struktur.

Sistem struktur bangunan harus direncanakan sehingga getaran yang ditimbulkan oleh angin-angin tidak menyebabkan kerusakan terhadap bangunan.

Sistem isolasi getaran yang diakibatkan oleh gempa harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut :

- Kekakuan efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana lebih besar dari $1/3$ kekakuan efektif pada saat 20% perpindahan rencana
- Sistem isolasi mampu menghasilkan gaya pemulih

- Sistem isolasi tidak membatasi perpindahan gempa maksimum yang dipertimbangkan lebih kecil dari perpindahan maksimum total

2.11 SYARAT DURABILITAS

2.11.1 Kuat Tekan Minimum Beton

Menurut SNI 2847:2013 pasal 1.1 menyatakan untuk beton struktur, nilai f_c' tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standart tertentu.

Dalam perencanaan gedung digunakan mutu beton dengan f_c 29,05 MPa setara dengan beton K-350 kg/cm^2 .

2.11.2 Tebal Selimut Beton

Besarnya pelindung beton untuk tulangan seperti yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 7.7 sbagai berikut :

Beton cor setempat (non-pratgang), selimut yang disyaratkan untuk tulangan tidak boleh lebih kurang dari berikut :

Tabel 2.19 Syarat selimut beton

No	Keterangan	Selimut Beton (mm)
a	beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b	beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca :	
	- Batang tulangan D-19 hingga D-57	50
	- Batang tulangan D-16, kawat M-16 atau polos, dan yang lebih kecil	40
c	Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : slab, dinding, balok usuk:	
	- batang tulangan D-44 dan D-57	40

- batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, kolom :	
- Tulangan utama, pengikat, sengkang spiral	40
Komponen struktur cangkang, pelat lipat :	
- Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar	20
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	13

Berdasarkan syarat selimut beton di atas yang harus terpenuhi, besarnya selimut beton yang digunakan dalam perencanaan gedung yaitu 50 mm.

2.11.3 Jenis dan Kandungan Semen

Menurut SNI 2847:2013 jenis dan kandungan pozzolan disyaratkan seperti tabel berikut.

Tabel 2.20 Persyaratan untuk Beton dengan Kelas Paparan (Kelas Paparan F Tidak Relevan dan Dihapus, Masuk Daftar Devias)

Kelas paparan	wicm maks	f _c min (MPa)	Persyaratan Minimum Tambahan			
			Material sementisius – tipe			Material campuran tambahan
			ASTM C150	ASTM C595	ASTM C1157	
S0	T/A	17	Tanpa batasan tipe	tanpa batasan tipe	tanpa batasan tipe	tanpa batasan
S1	0,5	28	II	IP(MS), IS(<70)	MS	tanpa batasan
S2	0,45	31	$\frac{P}{V3}$	IP(MS), IS(<70) (MS)	MS	tidak diizinkan

S3	0,45	31	V + pozzolan atau slag	IP(HS) +pozzolan atau kerak atau IS(<70) (HS) + pozzolan atau slag	HS + pozzolan atau slag	tidak diizinkan
P0	T/A	17	tidak ada			
P1	0,5	28	tidak ada			

			kadar ion klorida (Cl) larut air maksimum dalam beton, persen oleh berat semen		Ketentuan Terkait
			beton bertulang	beton prategang	
C0	T/A	17	1	0,06	tidak ada
C1	T/A	17	0,3	0,06	
C2	0,4	35	0,15	0,06	7.7.6, 18.16

~ untuk beton ringan, lihat 4.1.2

~ kombinasi alternatif material sementisius dari material yang terdaftar dalam tabel 4.3.1 harus diizinkan bila diuji untuk ketahanan sulfat dan memenuhi kriteria dalam 4.5.1

~ untuk paparan air laut, tipe semen Portland lainnya dengan kadar trikalsium aluminat (C3A) sampai dengan 10 persen diizinkan jika w/cm tidak melebihi 0,4

~ tipe semen tersedia lainnya seperti Tipe II atau Tipe I diizinkan dalam kelas Paparan S1 atau S2 jika kadar C3A masing-masing kurang dari 8 atau 5 persen

~ jumlah sumber spesifik pozzolan atau slag yang digunakan tidak boleh kurang dari jumlah yang telah ditentukan oleh catatan layan untuk meningkatkan ketahanan sulfat bila digunakan dalam beton yang mengandung semen Tipe V. Sebagai alternatif, jumlah sumber spesifik pozzolan atau slag yang digunakan tidak boleh kurang dari jumlah yang diuji sesuai dengan ASTM C 1012M dan memenuhi kriteria dalam 4.5.1.

~ kadar ion klorida larut air yang disumbang dari material dasar termasuk air, agregat, material sementisius, dan material campuran tambahan harus

ditentukan pada campuran beton oleh ASTM C 1218M saat umur antara 28 dan 42 hari.
 ~ persyaratan 7.7.6 harus dipenuhi. Lihat 18.16 untuk tendon tanpa lekatan

Kombinasi alternatif material sementisius dari yang dimuat pada tabel di atas harus diizinkan bila diuji untuk ketahanan terhadap sulfat dan harus memenuhi kriteria pada tabel berikut.

Tabel 2.21 Persyaratan untuk Pembentukan Kesesuaian Kombinasi Material Sementisius yang Terpapar terhadap Sulfat Larut Air

Kelas Paparan	Pengembangan maksimum bila diuji menggunakan ASTM C 1012M		
	Saat 6 bulan	Saat 12 bulan	Saat 18 bulan
S1	0,10 persen		
S2	0,05 persen	0,10 persen	
S3			0,10 persen

Batas pengembangan 12 bulan berlaku hanya bila pengembangan terukur melebihi batas pengembangan maksimum 6 bulan

2.11.4 Tinjauan Korosi

Menurut SNI 2847:2013 tinjauan korosi dalam syarat durabilitas ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.22 Kategori dan Kelas Paparan (Kategori Beku dan Cair Tidak Relevan dan Tidak Dihapus, Masuk Daftar Deviasi

Kategori	Tingkat	Kelas	Kondisi	
	Keparahan		Sulfat (SO ₄) larut air dalam tanah, dalam persen masa*	Sulfat (SO ₄) larut air dalam air, dalam ppm [†]
S (Sulfat)	Tidak ada	S0	SO ₄ < 0,10	SO ₄ < 150
	Sedang	S1	0,10 ≤ SO ₄ < 0,20	150 ≤ SO ₄ < 1500 (Air Laut)
	Parah	S2	0,20 ≤ SO ₄ < 2,00	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10.000
	Sangat parah	S3	SO ₄ > 2,00	SO ₄ > 10.000
P		P0	Kontak dengan air dimana permeabilitas rendah tidak disyaratkan	
		P1	Kontak dengan air dimana permeabilitas rendah disyaratkan	
		C0	Beton kering atau terlindung dari kelembaban	
C (Proteksi korosi tulangan)		C1	Beton terpapar terhadap kelembaban tetapi tidak terhadap sumber klorida	
			Beton terpapar terhadap kelembaban dan sumber klorida eksternal kimia, garam, air asin, air payau, atau percikan dari sumber - sumber ini	

* Persen sulfat dalam massa dalam tanah harus ditentukan dengan ASTM C 1580
[†]Konsentrasi sulfat larut dalam air dalam ppm harus ditentukan dengan ASTM D516 atau ASTM D4130

2.11.5 Mutu Baja

Menurut SNI Baja 1729 : 2015, distribusi linier regangan pada penampang harus diasumsikan dengan regangan tekan beton maksimum sama dengan 0,003 mm. Hubungan regangan tegangan untuk baja dan beton harus diperoleh dari pengujian – pengujian atau publikasi – publikasi untuk material yang sama. Metode distribusi tegangan plastis, kekuatan nominal harus dihitung dengan asumsi bahwa komponen baja telah mencapai tegangan f_y baik dalam tarik atau tekan dan komponen beton dalam tekan akibat gaya aksial dan atau lentur telah mencapai tegangan $0,85 f_c'$.

Mutu baja yang digunakan dalam perencanaan gedung yaitu mutu baja 410 MPa tulangan ulir digunakan untuk tulangan memanjang (sesuai SNI Beton 2847:2013)

2.12. SYARAT KETAHANAN TERHADAP KEBAKARAN

2.12.1 Tebal Selimut Beton

Sesuai SNI 2847:2013 “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung” pasal 7.7.8, disyaratkan tebal selimut untuk perlindungan terhadap kebakaran lebih besar dari selimut beton dalam pasal 7.7.1 sampai 7.7.7, tebal yang lebih besar harus disyaratkan.

Dalam perencanaanya, gedung menggunakan tebal selimut 50mm sudah di syaratkan lebih besar dari tebal selimut perlu yaitu 40mm.

2.12.2 Jangka Waktu Ketahanan Terhadap Api

Mark Fintel (1987:2) menyatakan bahwa uji tahan kebakaran standart untuk konstruksi dan bahan bangunan (ASTM E 119), sifat tahan api unsur - unsur bangunan diukur dan ditetapkan menurut standart yang umum. Daya tahan (performance) didefinisikan sebagai lamanya bahan bertahan terhadap kebakaran standart sebelum titik kritis akhir pertama dicapai.

Tabel 2.23 Persyaratan Tingkat Tahan Api Tipikal dalam Beberapa Peraturan Bangunan

Elemen Struktur	Jenis Konstruksi			Peraturan yang digunakan*
	Sifat Tahan Api Tertinggi (Jam)	Sifat Tahan Api ke Dua Tertinggi (Jam)	Tidak Nyala Tertinggi (Jam)	
Kolom yang menyangga lebih dari satu lantai	4	3	2	Basic
	4	3	2	Standart
	3	2	1	Uniform
Balok induk, Balok dan Rangka Batang	4	3	2	Basic
	4	3	2	Standart
	3	2	1	Uniform
Lantai	3	2	1,5	Basic
	3	2	1	Standart
	2	2	1	Uniform
Atap	2	1,5	1	Basic
	1,5	1	1	Standart
	2	1	1	Uniform

*Basic = Basic Building Code yang dikeluarkan oleh Building and Code Administrator International Inc.

Standart = Standart Building Code yang dikeluarkan oleh Southern Building Code Congress.

Uniform = Uniform Building Code yang dikeluarkan oleh International Conference of Building Officials.

2.13 SYARAT INTEGRITAS

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13 mengenai persyaratan untuk integritas struktur, dalam pendetailan tulangan dan sambungan komponen struktur harus diikat secara efektif dan bersama untuk meningkatkan integritas struktur secara menyeluruh. Komponen struktur yang diikat bersama adalah konstruksi yang dicor di tempat, persyaratan minimum ditentukan untuk balok usuk, balok sepanjang perimeter, balok selain balok perimeter, konstruksi slab dua arah non – prategang, konstruksi dua arah prategang, dan konstruksi beton pracetak.

2.14 PERATURAN DAN STANDART

1. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya (SNI 1727:2013)
2. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).
3. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktur (SNI 1729:2015)
4. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)

2.15 Pra-eliminari Desain

2.15.1. Perencanaan plat

SNI 2847:2013 pasal 13 berlaku untuk desain sistem plat yang ditulangi untuk lentur dalam lebih dari satu pelat, dengan atau tanpa balok diantara tumpuannya. Ketentuan lebih jelasnya sebagai berikut :

- Tebal minimum pelat : SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.
- Penulangan plat : SNI 2847:2013 pasal 13.3
- Prosedur desain : SNI 2847:2013 pasal 13.5

2.15.2. Perencanaan Kolom

- Perencanaan kolom : SNI 2847:2013 pasal 8.10
- Inersia Kolom : SNI 2847:2013 pasal 13.7.4

2.15.3. Perencanaan Balok

- Perencanaan balok-T :SNI 2847:2013 pasal 8.12
- Perencanaan balok tinggi : SNI 2847:2013 pasal 10.7
- Persyaratan balok tinggi : SNI 2847:2013 pasal 11.7
- Luas minimum tulangan tarik lentur : SNI 2847:2013 pasal 10.5

2.15.4. Pondasi

- Beban dan reaksi pada pondasi tapak: SNI 2847:2013 pasal 15.2
- Momen pada pondasi tapak : SNI 2847:2013 pasal 15.4

- Geser pada pondasi tapak : SNI 2847:2013
pasal 15.5
- Penyaluran tulangan dalam pondasi tapak: SNI 2847:2013
pasal 15.6
- Tebal minimum pondasi tapak : SNI 2847:2013
pasal 15.7
- Penyaluran gaya pada dasar kolom, dinding: SNI
2847:2013 pasal 15.8
- Kombinasi pondasi tapak dan pondasi pelat penuh : SNI
2847:2013 pasal 15.10

2.15.5. Struktur Tahan Gempa

- Rangka momen biasa : SNI 2847:2013
pasal 21.2

2.16 KOMBINASI PEMBEBANAN

Kombinasi pembebanan disesuaikan pada SNI 1727:2013 “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain”, sebagai berikut :

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5R
- 1,2D + 1,6R + L
- 1,2D + 1,6R + 0,5W
- 1,2D + 1W + L + 0,5R

- $1,2D + 1E_{QX} + L$
- $1,2D + 1E_{QY} + L$
- $1,2D + 1E_{RSPX} + L$
- $1,2D + 1E_{RSPY} + L$
- $0,9D + 1W$
- $0,9D + 1E_{QX}$
- $0,9D + 1E_{QY}$
- $0,9D + 1E_{RSPX}$
- $0,9D + 1E_{RSPY}$

Keterangan :

D = Beban Mati

L = Beban hidup

R = Beban hujan

W = Beban angin

E_{QX} = Beban gempa arah x

E_{QY} = Beban gempa arah

2.16.1 Beban mati

Sesuai SNI 1727:2013 “Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya” pasal 3, 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.

Dalam gedung kantor beban mati pada komponen gedung didasarkan pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.5.3-1987 seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.24 Beban Mati Pada Komponen Gedung

No.	Material	Berat	Keterangan
1.	Adukan, per cm tebal :		
	- dari semen	21 kg/m ²	
	- dari kapur, semen merah/tras	17 kg/m ²	
2.	Aspal, per cm tebal :	14 kg/m ²	
3.	Dinding pasangan bata merah :		
	- satu batu	450 kg/m ²	
	- setengah batu	250 kg/m ²	
4.	Dinding pasangan batako :		
	- berlubang :		
	tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²	
	tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²	
	- tanpa lubang :		
	tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²	
	tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²	
5.	Langit-langit & dinding, terdiri :		termasuk rusuk-rusuk, tanpa pengantung atau pengaku
	- semen asbes (eternit), tebal maks. 4 mm	11 kg/m ²	
	- kaca, tebal 3-5 mm	10 kg/m ²	
6.	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m ²	tanpa langit-langit, bentang maks. 5 m, beban hidup maks. 200 kg/m ²
7.	Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/m ²	bentang maks. 5 m, jarak s.k.s. min. 0.80 m
8.	Penutup atap genteng	50 kg/m ²	dengan reng dan usuk / kaso per m ² bidang atap
9.	Penutup atap sirap	40 kg/m ²	dengan reng dan usuk / kaso per m ²

			bidang atap
10.	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²	tanpa usuk
11.	Penutup lantai ubin, /cm tebal	24 kg/m ²	ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan
12.	Semen asbes gelombang (5 mm)	11 kg/m ²	

No.	Jenis Beban Mati	Berat	Satuan
1	Baja	78,5	kN/m ³
2	Beton	22	kN/m ³
3	Pasangan batu kali	22	kN/m ³
4	Mortar, spesi	22	kN/m ³
5	Beton bertulang	24	kN/m ³
6	Pasir	16	kN/m ³
7	Lapisan aspal	14	kN/m ²
8	Air	10	kN/m ³
9	Dinding pasangan bata ½ batu	2,5	kN/m ²
10	Curtain wall kaca + rangka	0,6	kN/m ²
11	Langit- langit dan penggantung	0,2	kN/m ²
12	Cladding metal sheet + rangka	0,2	kN/m ²
13	Finishing lantai (tegel atau keramik)	22	kN/m ³
14	Marmer, granit per cm tebal	0,24	kN/m ²
15	Instalasi plumbing (ME)	0,25	kN/m ²
16	Penutup atap genteng	0,5	kN/m ²

2.16.2. Beban hidup

Sesuai SNI 1727:2013 “Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya”, beban hidup adalah 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. Tabel

beban hidup terdistribusi merata minimum dapat dilihat pada tabel

dibawah :

Tabel 2.25 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (Kn)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000(8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000(8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	150 (4,79) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in.[50 mm x 50 mm]		300(1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in.x1.in.[25 mm x 25 mm]		200(0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran hunian satu keluarga saja	100(4,79) 40(1,92)	
Tangga permanen	lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir		

Mobil penumpang saja	40 (1,92) ^{a,b,c}	
Truk dan bus	c	
Susunan tangga, rel pengamandan batang Pegangan	lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{de} tidak boleh direduksi	e,t,0
Rumah sakit :		
Ruang operasi, laboratorium	60(2,87)	1000(4,45)
Ruang pasien	40(1,92)	1000(4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000(4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60(2,87)	1000(4,45)
Ruang Penyimpanan	150(7,18) ^{a,h}	1000(4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000(4,45)
Pabrik		
Ringan	125(6,00) ^a	2000(8,9)
Berat	250(11,97) ^a	3000(13,4)
Gedung perkantora :		
Ruang arsip dan komputer harus diran- cang untuk beban yang lebih berat ber- dasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100(4,79)	2000(8,90)
Kantor	50(2,40)	2000(8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80(3,83)	2000(8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40(1,92)	
Koridor	100(4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, dan peng- gunaan yang sama	75(3,59) ^a	
Bangsai dansa dan ruang dansa	100(4,79) ^a	
Gimnasium	100(4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau ter- Tutup	100(4,79) ^{a,k}	

Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap(terikat pada lantai)	60(2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa Gedung	10(0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan Gedung	20(0,96) ^m	
Loteng yang tidak dapat didiami dan ruang Tidur	30(1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40(1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani Mereka	40(1,92)	
Ruang publik dan koridor yang melayani Mereka	100(4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20(0,96) ⁿ	
Atap yang digunakan untuk taman atap	100(4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	sama seperti hunian dilayani a	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5(0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5(0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200(0,89)
Semua konstruksi lainnya	20(0,96)	2000(8,9)
Komponen struktur atap utama yang terhubung langsung dengan pekerjaan		

<p>lantai</p> <p>Titik panel tunggal dari batang bawah</p> <p>rangka atap atau setiap titik sepanjang</p> <p>komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang</p> <p>dan perbaikan garasi</p> <p>Semua komponen struktur atap utama</p> <p>lainnya</p> <p>Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan</p>		<p>300(1,33)</p> <p>300(1,33)</p>
<p>Sekolah</p> <p>Ruang Kelas</p> <p>Koridor di atas lantai pertama</p> <p>Koridor lantai pertama</p>	<p>40(1,92)</p> <p>80(3,83)</p> <p>100(4,79)</p>	<p>1000(4,5)</p> <p>1000(4,5)</p> <p>1000(4,5)</p>
<p>Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses</p>		<p>200(0,89)</p>
<p>Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</p>	<p>250(11,97)^{a,p}</p>	<p>8000(35,6)^q</p>
<p>Tangga dan jalan keluar</p> <p>Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja</p>	<p>100(4,79)</p> <p>40(1,92)</p>	<p>300^r</p> <p>300^r</p>
<p>Gudang diatas langit-langit</p> <p>Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat</p> <p>Ringan</p> <p>Berat</p>	<p>20(0,96)</p> <p>125(6,00)^a</p> <p>250(11,97)^a</p>	
<p>Toko</p> <p>Eceran</p> <p>Lantai pertama</p> <p>Lantai diatasnya</p> <p>Grosir, di semua lantai</p>	<p>100(4,79)</p> <p>75(3,59)</p> <p>125(6,00)^a</p>	<p>1000(4,45)</p> <p>1000(4,45)</p> <p>1000(4,45)</p>

Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60(2,87)	
Pekarang dan teras, jalur pejalan kaki	100(4,79) ^a	

2.16.3. Beban hujan

Sesuai SNI 1727:2013 “Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya”, setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$SI: R = 0,0098(ds + dh)$$

Dimana :

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam (kN/m²).

Apabila istilah atap yang tidak melendut’ digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam (mm).

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolis), dalam in. (mm).

2.16.4 Beban angin

Sesuai pada SNI 1727:2013 pasal 26.5, angin harus diasumsikan datang dari segala arah horizontal. Kecepatan angin dasar harus diperbesar jika catatan atau pengalaman menunjukkan bahwa kecepatan angin lebih tinggi dari pada yang ditentukan.

Besarnya beban angin ditentukan sesuai “Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.5.3-1987)” pasal 2.1.3, menyatakan beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dengan koefisien angin. Besarnya tekanan tiup dan koefisien angin sebagai berikut :

- Tekanan Tiup
 1. Tekanan tiup minimum 25 kg/m^2
 2. Tekanan tiup minimum 40 kg/m^2 (di laut dan tepi laut sampai 5 km dari pantai)
 3. Jika kecepatan angin bisa menimbulkan tekanan yang lebih besar :

$$p = \frac{V^2}{16} \text{ (dalam } \text{kg/m}^2 \text{)} ; V = \text{kecepatan angin (m/detik)}$$

- Koefisien Angin

Tabel 2.26 Koefisien Angin

No.	Jenis Gedung / Struktur	Posisi Tinjauan	Koefisien
1.	Gedung tertutup : a. Dinding vertikal	- di pihak angin	+ 0,9
		- di belakang angin	- 0,4
		- sejajar arah angin	- 0,4
	b. Atap segitiga	- di pihak angin ($\alpha < 65^\circ$)	(0,02. α - 0,4)
		- di pihak angin ($65^\circ < \alpha < 90^\circ$)	+ 0,9
		- di belakang angin (semua sudut)	- 0,4
	c. Atap segitiga majemuk	- bidang atap di pihak angin ($\alpha < 65^\circ$)	(0,02. α - 0,4)
		- bidang atap di pihak angin ($65^\circ < \alpha < 90^\circ$)	+ 0,9
		- bidang atap di belakang angin (semua sudut)	- 0,4
- bidang atap vertikal di belakang angin (semua sudut)		+ 0,4	
2.	Gedung terbuka sebelah	Sama dengan No.1, dengan tambahan : - bid. dinding dalam di pihak angin - bid. dinding dalam di belakang angin	+ 0,6 - 0,3

Keterangan : α = sudut atap, + = tekan, - = hisap

Berdasarkan aturan di atas, besarnya beban angin yang digunakan pada perencanaan struktur gedung adalah :

- Beban angin tekan = $25 \times 0,9 = 22,5 \text{ kg/m}^2$
- Beban angin hisap = $25 \times 0,4 = 10 \text{ kg/m}^2$

2.16.6 Beban gempa

Sesuai SNI 1726:2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”, 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.

Analisis struktur yang disyaratkan oleh pasal 7 harus terdiri dari salah satu tipe yang diijinkan dalam Tabel 2.27. Prosedur analisis yang dipilih harus

dilengkapi sesuai dengan persyaratan dari pasal yang terkait yang dirujuk dalam Tabel 2.27.

Tabel 2.27 Prosedur Analisis yang boleh digunakan

Kategori desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen Pasal 7.8	Analisis gaya spektrum respon ragam Pasal 7.8	Prosedur riwayat respons seismik Pasal 11
B,C	Bangunan dengan kategori resiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	bangunan lainya dengan kategori resiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	semua struktur lainya	I	I	I
D,E,F	Bangunan dengan kategori resiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	bangunan lainya dengan kategori resiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakteraturan horisontal tipe 2,3,4 atau 5 dari tabel 10 atau ketidakteraturan vertikal tipe 4,5a, atau 5b dari tabel 11	I	I	I

	semua struktur lainya	TI	I	I
--	-----------------------	----	---	---

Catatan : I=Dijjinkan, TI=Tidak Dijjinkan

2.17 SYARAT YANG BERHUBUNGAN DENGAN PELAKSANAAN

KONSTRUKSI

2.17.1 Dimensi elemen struktur

Dimensi elemen struktur ditentukan sendiri sebagai berikut :

- Balok induk

$$L = 5 \text{ m}$$

$$h = \frac{1}{10} L$$

$$= \frac{1}{10} 500 \text{ cm}$$

$$= 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{3} h$$

$$= \frac{1}{3} 50 \text{ cm}$$

$$= 16,67 \text{ cm}$$

Maka BI di pakai 100cm x 50cm

- Balok Anak

$$L = 2,5\text{m}$$

$$h = \frac{L}{14}$$

$$= \frac{250}{14} \text{ cm}$$

$$= 17,86 \text{ cm}$$

Maka BA dipakai = 20cm x 20cm

- BI sloof 1 dipakai = 100cm x 50cm
- BI sloof 2 dipakai = 100cm x 60cm
- BI sloof 3 dipakai = 200cm x 220cm

Kolom digunakan syarat kelangsingan :

- Kolom basement sampai lantai 4 = 100 cm x 100 cm
- Kolom lantai 5-9 = 90 cm x 90 cm
- Kolom lantai 10-14 = 80 cm x 80 cm
- Kolom lantai 15-19 = 70 cm x 70 cm
- Kolom Tangga = 20cm x 20cm
- Balok bordes = 15cm x 20cm
- Balok tangga = 20cm x 30cm
- Pelat tangga = 12 cm
- pelat lantai = 15 cm
- Pelat Dak = 12 cm
- Shearwall = 15 cm

2.18 ETABS 9.6.0

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ETABS (*Extended Three dimension Analysis of Building Systems*) 9.6.0

adalah salah satu program computer yang digunakan khusus untuk perencanaan gedung dengan konstruksi beton, baja, dan komposit.

2.19 MATHCAD 14

MathCAD 14 adalah perangkat lunak komputer terutama ditujukan untuk verifikasi, validasi, dokumentasi, dan kembali menggunakan perhitungan rekayasa. Penggunaan MathCAD 14 sebagai alat bantu dalam melakukan perhitungan pada bidang Rekayasa Sipil karena pada MathCAD 14 dapat melakukan perhitungan secara simbolisasi.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Desain gedung kantor yang berada di Jalan Diponegoro Semarang menggunakan prinsip *strong coloum weak beam*. Pemodelan dan pembebanan gedung yang didesain menggunakan aplikasi ETABS 9.6.0 menghasilkan data-data sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dengan menggunakan uji bor di Jalan Diponegoro sedalam 25 m telah memenuhi persyaratan untuk merencanakan gedung kantor 20 lantai dan 1 basement.
2. Dimensi struktur gedung kantor berdasarkan hasil analisa software ETABS 9.6.0 dan perhitungan teori secara manual menggunakan program MathCAD 14 menghasilkan dimensi sebagai berikut:
 - a. Dimensi Balok terdiri dari :
 - BI 100cm x 50cm
 - BI 200cm x 140cm
 - BI 220cm x 200cm
 - BA 20cm x 20cm
 - BTL 20cm x 30cm
 - b. Dimensi Kolom terdiri dari :
 - K1 100cm x 100cm digunakan untuk lantai basement, lantai 1 – lantai 12
 - K2 90cm x 90cm digunakan untuk lantai 13 – lantai 15
 - K3 80cm x 80cm digunakan untuk lantai 16 – lantai 17
 - K4 70cm x 70cm digunakan untuk lantai 18 – lantai 20

c. Dimensi Pelat terdiri dari:

Pelat Lantai tebal 15cm

Pelat Dak tebal 12cm

d. Desain shearwall pada perencanaan gedung hanya dilakukan permodelan di software ETABS 9.6.0 tetapi tidak dilakukan analisa teori secara manual karena lokasi penyelidikan tanah perencanaan gedung berada di Semarang yang masuk dalam kategori zona gempa 2 sehingga perencanaan gedung menggunakan SRPMB (Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa).

3. Dalam analisa perhitungan pondasi berkelompok secara teorimenggunakan program MathCAD 14 didapatkan dimensi pile cap 4,3m x 4,3m x 1,2m dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah sedalaman 10m.
4. Terdapat perbedaan signifikan antara hasil desain menggunakan software ETABS 9.6.0 dengan perhitungan manual menggunakan program MathCAD 14. Perbedaan hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.1.

STRUKTUR		HASIL ANALISA ETABS 9.6.0		HASIL ANALISA MatchCAD 14	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
BALOK 100 x 50	Tul. Atas	6D22	3D22	3D22	3D22
	Tul. Badan	-	-	4Ø12	4Ø12
	Tul. Bawah	5D22	4D22	5D22	5D22
	Tul. Geser	4D10-130	4D10-140	4Ø10-95	2Ø10-96
TIE BEAM 220 x 200	Tul. Atas	22D28	6D28	53D28	39D28
	Tul. Bawah	11D28	11D28	27D28	20D28
	Tul. Geser	4D25-100	4D25-150	D25-300	D25-300
KOLOM 100 x 100	Tul Utama	17D28	17D28	4D16	4D16
	Tul. Geser	Ø10 -75	Ø10 -75	Ø10 - 25	Ø10 - 25
PELAT t 150mm	Tul Utama	Ø10-150	Ø10-150	Ø10 - 180	Ø10 - 180
	Tul. Geser	Ø10-150	Ø10-150	Ø10 - 300	Ø10 - 300
BALOK ANAK 20 X 20	Tul. Atas	2D10	2D10	2D10	2D10
	Tul. Bawah	2D10	2D10	2D10	2D10
	Tul. Geser	Ø8 - 150	Ø8 - 150	Ø10 - 25	Ø10 - 25
BALOK BORDES 20 X 15	Tul. Utama	2D8	2D8	2D10	2D10
	Tul. Geser	Ø8 - 250	Ø8 - 150	Ø10 - 25	Ø10 - 25
PELAT TANGGA t120m	Tul. Arah X	Ø10 - 300		Ø10 - 200	
	Tul. Arah Y	Ø10 - 100		Ø10 - 200	
PELAT BORDES t 120mm	Tul. Arah X	Ø10 - 300		Ø10 - 200	
	Tul. Arah Y	Ø10 - 150		Ø10 - 200	

Tabel 5.1. Perbedaan hasil analisa ETABS 9.6.0 dengan MathCAD 14

Keterangan :

Dari tabel dapat diketahui bahwa penulangan utama struktur balok analisa program MathCAD 14 lebih banyak dari analisa software ETABS 9.6.0, penulangan geser hasil analisa program MathCAD 14 lebih rapat dari hasil analisa software ETABS 9.6.0. Penulangan utama struktur tie beam analisa program MathCAD 14 lebih banyak dari analisa software ETABS 9.6.0, namun penulangan geser hasil analisa program MathCAD 14 lebih renggang dari hasil analisa software ETABS 9.6.0. Penulangan utama struktur kolom analisa program MathCAD 14 lebih sedikit dari analisa software ETABS 9.6.0, namun penulangan geser hasil analisa program MathCAD 14 lebih rapat dari hasil analisa software ETABS 9.6.0. Penulangan arah- x struktur pelat analisa program MathCAD 14 lebih rapat dari analisa software ETABS 9.6.0, namun penulangan arah- y hasil analisa program MathCAD 14 lebih renggang dari hasil analisa software ETABS 9.6.0.

5. Dimensi balok minimum agar terjadi keruntuhan lokal sebesar 20cm x 40cm

5.2 SARAN

Dimensi balok minimum harus digunakan di ruangan yang telah ditentukan (risiko kehancuran kecil) agar saat terjadi gempa besar keruntuhan akan terjadi hanya pada balok di ruangan yang telah ditentukan.

Diperlukan perencanaan bangunan gedung di Jalan Diponegoro dengan menggunakan struktur baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. *Kolom Pondasi dan Balok T Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional (BSNI). 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726:2012. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSNI). 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya*. SNI 1727:2013. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSNI). 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847:2013. BSN. Jakarta.
- Bowles, J. E. 1991. *Analisa dan Desain Pondasi*. Jilid 1. Edisi keempat. Jakarta : Erlangga
- Cahyo, H. T. 2006. *Hand Out Pondasi 2*. Semarang : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unniversitas Negeri Semarang
- Cahyo, H. T. 2010. *Diktat Praktikum Mekanika Tanah*. Semarang : Lab. Mekanika Tanah Unniversitas Negeri Semarang.
- Cristady, H. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian II*. Jogyakarta : Unniversitas Gadjah Mada.
- Dipohusodo, I. 1991. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK. SNI T-15-1991-03*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Fintel, Mark. 1987. *Buku Pengangan tentang Teknik Beton*. Cetakan Pertama. Jakarta : PT Pradanya Paramita.
- Kusuma, G. H. 1993. *Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Cetakan Pertama. Jakarta : Erlangga.
- Marga. D. 2011. Kestabilan Struktur. <http://duken.info/sipil/2011/07/28/kestabilan-struktur/>. 17 Januari 2016 (19:57).
- Margareta, Y. 2012. *Perbedaan antara Beban Dinamik dan Beban Statik*. <https://yulianamargareta.wordpress.com/2012/01/25/perbedaan-antara-beban-dinamik-dan-beban-statik/>. 30 Oktober 2015 (09:57).
- Riza, M. 2013. *Tahap Perencanaan Bangunan Bertingkat*. <http://www.perencanaanstruktur.com/2011/08/tahap-perencanaan-bangunan-bertingkat.html>. 18 Oktober 2015 (20:30).
- S, Sarjono H. 1991. *Pondasi Tiang Pancang*. Jilid II. Cetakan Kedua. CV Sinar Wijaya Surabaya. Jawa Timur.
- Terzaghi.1991.