



UNNES
Universitas Negeri Semarang

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT 9 LANTAI

DI UGM (UNIVERSITAS GADJAH MADA)

YOGYAKARTA

DISUSUN OLEH :

ADITYA ANANG FAJAR HIDAYAT 5113412046

M. RIZA NURMANUL HASAN 5113412077

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir dengan judul "**Desain Struktur Gedung Rumah Sakit 9 Lantai di UGM (Universitas Gadjah Mada) Yogyakarta**" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian tugas akhir.

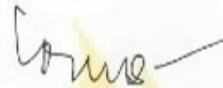
Semarang, 11 Oktober 2016

Dosen Pembimbing I



Hanggoro Tri Cahyo Andiyarto, S.T., M.T.
NIP. 19750529 200501 1 001

Dosen Pembimbing II



Drs. Lashari, M.T.
NIP. 19550410 198503 1 001



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Judul “Desain Struktur Gedung Rumah Sakit 9 Lantai Di UGM
(Universitas Gadjah Mada) Yogyakarta” telah dipertahankan di depan sidang Panitia
Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES.

Hari : Selasa

Tanggal : 11 Oktober 2016

Panitia

Ketua Panitia

Dra. Sri Handayani, MPd.
NIP. 19671108 199103 2 0001

Sekretaris

Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 19720702 199903 1 002

Penguji I

Ir. Agung Sutarto, M.T.

NIP. 19610408 199102 1001

Penguji II/Pembimbing

Hanggoro Tri C. A., S.T., M.T.

NIP. 19750529 200501 1 001

Penguji III/Pembimbing

Drs. Lashari, M.T.

NIP. 19550410 198503 1

001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Cudis, M.T.
NIP. 19691130 199403 1 001

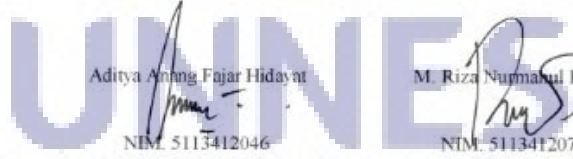
UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

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

Semarang, 11 Oktober 2016
yang membuat pernyataan,


Aditya Anang Fajar Hidayat M. Riza Nurmahul Hasah
NIM. 5113412046 NIM. 5113412077
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- Barang siapa menginginkan kebahagiaan di dunia dan di akhirat maka haruslah memiliki banyak ilmu. (HR. Ibnu Asakir)
- Jika seseorang bepergian dengan tujuan untuk mencari ilmu, maka Allah SWT akan menjadikan perjalanannya bagaikan perjalanan menuju surga. (Nabi Muhammad SAW)
- Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap. (QS. Al-Insyirah, 6-8)
- Pendidikan merupakan senjata paling ampuh yang bias kamu gunakan untuk merubah dunia. (Nelson Mandela)
- Tiadanya keyakinanlah yang membuat orang takut menghadapi tantangan; dan saya percaya pada diri saya sendiri. (Muhammad Ali)
- Tidak ada masalah yang tidak bisa diselesaikan selama ada komitmen bersama untuk menyelesaikannya.
- Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyalahgunakan waktu untuk menunggu inspirasi. (Ernest Newman)
- Sesuatu yang belum dikerjakan seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik. (Evelyn Underhill)
- Orang yang menuntut ilmu bearti menuntut rahmat ; orang yang menuntut ilmu bearti menjalankan rukun Islam dan Pahala yang diberikan sama dengan para Nabi. (HR. Dailani dari Anas r.a)

PERSEMBAHAN DARI ADITYA ANANG F.H

- Kedua orang tuaku (Bapak Rujito Aji dan Ibu Liestiyati) yang selalu mendoakan, membimbing, menyayangi dan memberikan fasilitas hingga saat ini.
- Adik-adikku, Farij Aditya Dinova, Keane Wifar Arzaki, yang selalu memberikan semangat dan motivasi untukku.
- Partner tugas akhirku, M. Riza Nurmanul Hasan yang selalu setia dan sabar dalam menyelesaikan tugas akhir ini bersama-sama dalam suka maupun duka.
- Dosen Pembimbing Tugas Akhir (Hanggoro Tri Cahyo Andiarso, S.T., M.T. dan Bapak Drs. Lashari, M.T.) yang telah membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Seluruh dosen dan staff Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang memberikan bantuan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir.
- Untuk Arif, Safrudin, Hamzah, Ririn, Rizki Julia, Bahar, Inggit, Agil, Ryan, Febryan, Ciptadi, Akhris, Indra yang telah menjadi teman berbagi ilmu selama mengerjakan Tugas Akhir di Laboratorium Mekanika Tanah.
- Untuk Mas Nizar, Mbak Safira, Mbak Efiti, dan Mas Wawan terimakasih atas segala bantuannya dalam hal administrasi di Jurusan Teknik Sipil Unnes.
- Untuk rombel 1 Teknik Sipil-S1 angkatan 2012 terimakasih atas kebersamaannya selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil Unnes.
- Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil S1 angkatan 2012.
- Almamaterku Universitas Negeri Semarang.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERSEMBAHAN DARI M.RIZA NURMANUL HASAN

- Kedua orang tuaku (Bapak Zainal Arifin dan Ibu Sri Nuning) yang selalu mendoakan, membimbing, menyayangi dan memberikan fasilitas hingga saat ini.
- Adik-adikku, Rizma Nadia Khoirun Nisa, Zannuba Arifani Zahra, Baginda Rasya Islami Putra, Sultan Amirul Mukminin yang selalu memberikan semangat dan motivasi untukku.
- Partner tugas akhirku, Aditya Anang F.H yang selalu setia dan sabar dalam menyelesaikan tugas akhir ini bersama-sama dalam suka maupun duka.
- Dosen Pembimbing Tugas Akhir (Hanggoro Tri Cahyo Andiarso, S.T., M.T. dan Bapak Drs. Lashari, M.T.) yang telah membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Seluruh dosen dan staff Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang memberikan bantuan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir.
- Untuk Arif, Safrudin, Hamzah, Ririn, Rizki Julia, Bahar, Inggit, Agil, Ryan, Febryan, Ciptadi, Akhris, Indra yang telah menjadi teman berbagi ilmu selama mengerjakan Tugas Akhir di Laboratorium Mekanika Tanah.
- Untuk Mas Nizar, Mbak Safira, Mbak Efita, dan Mas Wawan terimakasih atas segala bantuannya dalam hal administrasi di Jurusan Teknik Sipil Unnes.
- Untuk rombel 1 Teknik Sipil-S1 angkatan 2012 terimakasih atas kebersamaannya selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil Unnes.
- Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil S1 angkatan 2012.
- Almamaterku Universitas Negeri Semarang.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Aditya Anang F.H, M. Riza Nurmanul Hasan. 2016. “Desain Bangunan Gedung Rumah Sakit 9 Lantai Di UGM (UNIVERSITAS GADJAH MADA) YOGYAKARTA”. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Penguji 1 : Hanggoro Tri Cahyo Andiarto, S.T., M.T., Penguji 2 : Drs. Lashari, M.T.

Menurut SNI gempa 2012 struktur gedung Rumah Sakti harus memiliki kekuatan 1,5 kali lebih tinggi dibandingkan gedung-gedung lainnya. Hal ini dikarenakan gedung rumah sakit harus tetap berdiri setelah mengalami kondisi ekstreme, gedung hanya boleh mengalami kerusakan tanpa mengalami keruntuhan. Desain struktur gedung harus sesuai dengan standar dan peraturan – peraturan terbaru yang berlaku, dan dengan memperhitungkan gaya gempa yang akan terjadi. Oleh karena itu, Desain Struktur Gedung Rumah Sakit 9 Lantai ini didesain dengan mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), serta Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Dalam merencanakan sebuah gedung dengan ketinggian diatas 30 m, aspek beban gempa sangat mempengaruhi perencanaan tersebut. Sedangkan yang dapat menahan beban gempa ataupun beban lateral yang terjadi adalah struktur kolom dari gedung itu sendiri, pada dasarnya kolom berfungsi sebagai sistem penopang suatu gedung sedangkan balok dan plat adalah sistem penghubungnya, untuk itu perencanaan interaksi kolom sangat penting jika gedung direncanakan dapat menahan beban gempa rencana

.Desain Struktur Gedung Rumah Sakit 9 Lantai ini meliputi desain struktur atas dan struktur bawah. Desain struktur atas, dilakukan menggunakan program SAP 2000 versi 17. Struktur atas meliputi kolom, balok, dinding geser, dan pelat lantai. Desain struktur bawah dihitung menggunakan program AFES versi 3.0. Struktur bawah meliputi perencanaan pondasi bore pile, pile cap, dan tie beam. Pembebanan yang ditinjau untuk perencanaan elemen struktur adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mendesain struktur gedung Rumah Sakit 9 lantai sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), serta Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Membuat Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) struktur dan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) struktur desain gedung apartemen 21 lantai.

Kata kunci: *Desain, Rumah Sakit, SNI, Gempa*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan Judul “**DESAIN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT 9 LANTAI DI UGM YOGYAKARTA**” dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya halangan suatu apapun.

Adapun maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi syarat guna menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis, sehingga dalam pembuatan tugas akhir ini tidak sedikit bantuan, petunjuk, saran-saran maupun arahan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan kerendahan hati dan rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum. selaku Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dr. Nur Qudus, S.Pd, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dra. Sri Handayani, MPd. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S1
5. Hanggoro Tri Cahyo Andiarso, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen wali yang telah memberikan petunjuk, dorongan, serta semangat dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Drs. Lashari, M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan petunjuk, dorongan, serta semangat dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
7. Ir. Agung Sutarto, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan petunjuk, dorongan, serta nasihat dalam ujian Tugas Akhir ini.

8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
9. Seluruh Staf, Karyawan, dan Teknik Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
10. Orangtua kami yang selalu senantiasa memberikan motivasi dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Teman - teman satu angkatan Teknik Sipil S1 2012 yang selalu memberi semangat dan bantuan kepada penulis.
12. Semua pihak yang tidak disebutkan dan telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada mereka yang telah membantu dalam segala hal yang berkaitan dengan penyelesaian tugas akhir ini semoga diberikan balasan dan rahmat dari Allah SWT. Tidak ada manusia yang sempurna, begitu juga apa yang dihasilkannya. Penyusunan tugas akhir ini pun masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan singkatnya waktu penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu segala kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan sebagai bekal untuk pengembangan pengetahuan penulis di masa mendatang.

Semarang, 11 Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 - PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan dan Manfaat	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Penulisan	5
BAB II – STUDI PUSTAKA	
2.1. Umum	6
2.2. Kriteria Desain Struktur	7
2.2.1. Kemampuan layan (Serviceability)	7

2.2.2. Efisiensi	8
2.2.3. Konstruksi	9
2.2.4. Harga	9
2.2.5. Lain-lain	10
2.2.6. Kriteria Berganda	10
2.3. Pembebanan dan Kombinasinya	11
2.3.1. Pembebanan Struktur	11
2.4. Prosedur Pendesainan Elemen Struktur Atas	18
2.4.1. Perhitungan Tulangan	18
2.4.2. Mendesain Kolom Beton Bertulang	20
2.4.3. Perencanaan Kapasitas Desain	22
2.5. Prosedur Pendesainan Sistem Pondasi	26
2.5.1. Kriteria Pemilihan Pondasi	26
2.5.2. Desain Pondasi Menurut SNI gempa 2012	27
2.5.3. Tahap Perencanaan Pondasi Dalam	28
2.5.4. Perhitungan Tie Beam	38
BAB III – PROSEDUR DESAIN STRUKTUR	
3.1. Tahap Pengumpulan Data	41
3.1.1. Pengumpulan Data Gambar	41
3.1.2. Gambar Denah	42
3.1.3. Gambar Tampak	42
3.1.4. Gambar Potongan	42
3.1.5. Pengumpulan Data Penyelidikan Tanah	51

3.1.5.1.	Penyelidikan Lapangan	51
3.1.5.2.	Pengujian Laboratorium	51
3.1.5.3.	Lokasi Penyelidikan	52
3.1.5.4.	Metodologi Penyelidikan Lapangan	52
3.1.5.5.	Permukaan Air Tanah	53
3.1.5.6.	Elevasi Referensi	53
3.1.5.6.1.	Hasil Penyelidikan	54
3.1.6.	Pengumpulan Data Pembebanan	69
3.1.6.1.	Penentuan Beban Mati dan Hidup	69
3.2.	Penentuan Denah Struktur.....	71
3.3.	Pembebanan Struktur	75
3.3.1.	Beban Mati	75
3.3.2.	Beban Hidup	75
3.4.	Penentuan Beban Gempa	78
3.4.1.	Beban Gempa Struktur	78
3.5.	Bagan Alir Desain Struktur	86
BAB IV – DESAIN STRUKTUR		
4.1.	Umum	89
4.2.	Permodelan Struktur	90
4.2.1.	System Struktur	90
4.2.2.	Geometri Struktur.....	94
4.2.2.1.	Geometri Struktur Balok	94
4.2.2.2.	Geometri Struktur Kolom	94

4.2.3. Material Struktur	95
4.2.4. Beban dan Kombinasi Pembebanan.....	96
4.2.5. Menentukan Kelas Situs (SA-SF)	103
4.3. Analisis Struktur	106
4.3.1. Hasil Analisis Dinamik	106
4.3.2. Skala Faktor	107
4.3.3. Pengecekan Terhadap Torsi	110
4.3.4. Pengecekan Terhadap Simpangan	113
4.4. Desain Struktur	116
4.4.1. Perhitungan Pelat Lantai	116
4.4.1.1. Menentukan syarat-syarat Batas	116
4.4.1.2. Penentuan Tebal Pelat.....	117
4.4.1.3. Pembebanan Pelat Lantai	118
4.4.1.4. Prhitungan Tulangan Pelat	119
4.4.2. Perhitungan balok	124
4.4.2.1. Penentuan Dimensi Balok Induk	124
4.4.2.2. Karakteristik Material	125
4.4.2.3. Perhitungan Penulangan Lentur Balok	125
4.4.2.4. Perhitungan Gaya-gaya Penampang	128
4.4.2.5. Desain Tulangan Geser Balok	129
4.4.3. Perhitungan Kolom	135
4.4.3.1. Penentuan Dimensi Kolom	135
4.4.3.2. Karakteristik Material	137

4.4.3.3. Perhitungan Tulangan Kolom	137
4.4.3.4. Menghitung Kemampuan Kolom Pada Kondisi Balance	139
4.4.3.5. Kontrol Terhadap Kemampuan Penampang Beton	140
4.4.3.6. Kontrol Terhadap Tulangan Tekan	140
4.4.3.7. Penulangan Tulangan Geser Kolom	141
4.4.4. Perencanaan Tangga	143
4.4.4.1. Data Teknis Perencanaan Tangga	143
4.4.4.2. Perencanaan Tangga Lantai 1 sampai 9	143
4.4.5. Perencanaan Atap	155
4.4.5.1. Data Teknis Perencanaan Struktur Atap	155
4.4.5.2. Perencanaan Reng	156
4.4.5.3. Perencanaan Usuk	159
4.4.5.4. Perencanaan Gording	165
4.4.5.5. Perencanaan Pembebanan Pada Kuda-kuda	168
4.4.5.6. Hasil Analisis Menggunakan SAP	172
4.4.5.7. Batang Tarik	173
4.5. Desain Struktur Bawah	174
4.5.1. Kriteria Desain Struktur Bawah	174
4.5.2. Perhitungan Tie Beam	174
4.5.3. Penulangan Tie Beam secara Analitis	176
4.5.4. Perhitungan Kapasitas Dukung Pile	190
4.5.4.1. Penentuan Beban Ultimate Tiang Vertikal	190
4.5.5. Contoh Perhitungan Q_u	218

BAB V – RAB DAN RKS

5.1. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)	224
5.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)	224

BAB VI – KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	271
6.2. Saran	272

Daftar Pustaka

Lampiran



DAFTAR TABEL

BAB 1 – PENDAHULUAN

BAB II – STUDI PUSTAKA

Tabel 2.1	Beban Hidup Terdistribusi Merata Dan Terpusat	13
-----------	---	----

BAB III – PROSEDUR DESAIN STRUKTUR

Tabel 3.1	N-SPT Rata-rata Gedung	64
-----------	------------------------------	----

Tabel 3.2	Klasifikasi Situs dari SNI 1726:2012	65
-----------	--	----

Tabel 3.3	Respon Spektrum Tanah Lunak	67
-----------	-----------------------------------	----

Tabel 3.4	Beban Hidup Terdistribusi Merata.....	69
-----------	---------------------------------------	----

Tabel 3.5	Hasil Analisis Berat Bangunan	78
-----------	-------------------------------------	----

Tabel 3.6	Kategori Resiko Gedung.....	79
-----------	-----------------------------	----

Tabel 3.7	Faktor Keutamaan Gempa	81
-----------	------------------------------	----

Tabel 3.8	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode Pendek (S_{DS})	81
-----------	---	----

Tabel 3.9	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode 1 Detik (S_{D1})	81
-----------	--	----

Tabel 3.10	Faktor R , C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.....	82
------------	--	----

Tabel 3.11	Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....	83
------------	---	----

Tabel 3.12	Nilai parameter periode pendekatan C_1 dan x	83
------------	--	----

BAB IV – DESAIN STRUKTUR

Tabel 4.1	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Perioda Pendek (S_{DS})	92
Tabel 4.2	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Perioda 1 Detik (S_{D1})	92
Tabel 4.3	Faktor R, Cd untuk sistem penahan gaya gempa	93
Tabel 4.4	Mutu Beton	95
Tabel 4.5	Matrial Baja Tulangan	96
Tabel 4.6	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	99
Tabel 4.7	Faktor Keutamaan Gempa	102
Tabel 4.8	Klasifikasi Situs	104
Tabel 4.9	Kombinasi Pembebanan.....	105
Tabel 4.10	Modal Load Participation Ratio Bagian B.....	106
Tabel 4.11	Base Reaction.....	107
Tabel 4.12	Modal Period and Frequencies.....	107
Tabel 4.13	Skala Faktor	108
Tabel 4.14	Pengecekan Terhadap Torsi arah X	110
Tabel 4.15	Pengecekan Terhadap Torsi arah Y	111
Tabel 4.16	Kategori Desain Struktur.....	114
Tabel 4.17	Simpangan Antar Lantai Arah Gempa Y.....	114
Tabel 4.18	Simpangan Antar Lantai Arah Gempa X.....	115
Tabel 4.19	Dimensi Balok Induk	124
Tabel 4.20	Dimensi Kolom Pada SAP.....	136

Tabel 4.21	Tulangan Pelat Tangga dan Bordes	154
Tabel 4.22	Koefisien Angin Untuk Kemiringan Atap	161
Tabel 4.23	Kombinasi Momen pada Usuk	162
Tabel 4.24	Kombinasi Momen pada Gording.....	168
Tabel 4.25	Nilai SPT Untuk Perhitungan Q friksi BH-1	190
Tabel 4.26	Nilai SPT Untuk Perhitungan Q friksi BH-2	191
Tabel 4.27	Kobinasi COMB2	197
Tabel 4.28	Kobinasi COMB5X.....	198
Tabel 4.29	Kobinasi COMB5Y.....	200
Tabel 4.30	Kobinasi COMB6X.....	202
Tabel 4.31	Kobinasi COMB6Y.....	204
Tabel 4.32	Kobinasi COMB8X.....	206
Tabel 4.33	Kobinasi COMB8Y.....	208
Tabel 4.34	Koordinat Sumbu X dan Y untuk n = 4 pile	211
Tabel 4.35	Kombinasi Beban Pada Pondasi Grup Tiang	213
Tabel 4.36	Distribusi Pembebanan Pada Group Tiang	214
Tabel 4.37	Kombinasi Terfaktor pada Pondasi Group Tiang	215
Tabel 4.38	Jarak AS Pondasi terhadap Tepi Kolom	216
Tabel 4.39	Momen dan P aksial Tiang dalam Satu Pile Cap.....	216

BAB V – RAB DAN RKS

BAB VI – SIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR GAMBAR

BAB 1 - PENDAHULUAN

BAB II – STUDI PUSTAKA

Gambar 2.1	Menkanisme Runtuh Pada Portal Terbuka	24
Gambar 2.2	Kuat Dukung Pondasi	30
Gambar 2.3	Distribusi Beban Kolom ke Masing-masing Tiang	34
Gambar 2.4	Gaya Geser Pons Dua Arah Pada Pile Cap	34
Gambar 2.5	Tahanan Lateral Ultimit Tiang	36
Gambar 2.6	Tinjauan Bidang Kritis Pada Arah X dan Y	37

BAB III – PROSEDUR DESAIN STRUKTUR

Gambar 3.1	Lokasi Proyek	41
Gambar 3.2	Gambar Denah Ruang	44
Gambar 3.3	Tampak Depan	45
Gambar 3.4	Tampak Belakang	46
Gambar 3.5	Tampak Samping kanan	47
Gambar 3.6	Tampak Samping Kiri	48
Gambar 3.7	Potongan 1-1	49
Gambar 3.8	Potongan 2-2	50
Gambar 3.9	Geological Drill Log BH-1	58
Gambar 3.10	Geological Drill Log BH-2	59
Gambar 3.11	Dutch Cone penetration Test S-1 (2,5 ton)	60
Gambar 3.12	Dutch Cone Penetration test S-2 (2,5 ton)	61

Gambar 3.13	Dutch Cone penetration Test S-1 (5 ton)	62
Gambar 3.14	Dutch Cone Penetration test S-2 (5 ton)	63
Gambar 3.15	Lokasi Pembangunan Proyek Rumah Sakit	66
Gambar 3.16	Grafik Spektrum Respons Tanah Lunak	68
Gambar 3.17	Denah Balok Lantai 1 Sampai 9	71
Gambar 3.18	Denah Pile Cap.....	72
Gambar 3.19	Denah Balok Ring< Talang dan Mesin Lift.....	73
Gambar 3.20	Denah Balok Sloof	74
Gambar 3.21	Denah Pembebanan Koridor	77
Gambar 3.22	Bagan Alir Desain Struktur.....	88
BAB IV – DESAIN STRUKTUR		
Gambar 4.1	Ragam Getar dan Periode Getar Struktur (T)	109
Gambar 4.2	Titik Pengecekan Torsi	112
Gambar 4.3	Titik Pengecekan Simpangan.....	115
Gambar 4.4	Momen yang Terjadi Pada Balok B2.....	126
Gambar 4.5	Gaya Geser Yang terjadi Pada Balok B2.....	129
Gambar 4.6	Grafik P-M Kolom K1 Pada Program PCA-Col	138
Gambar 4.7	Rencana Tangga.....	144
Gambar 4.8	Rencana Tangga	145
Gambar 4.9	Perencanaan Gording	165
Gambar 4.10	Distribusi Beban Hisap Pada Atap	171
Gambar 4.11	Hasil Analisis Run Pada SAP	172
Gambar 4.12	Pengecekan Tie Beam 50x50 dengan PCA-Col	175

Gambar 4.13	Diagram Interaksi Tie Beam	176
Gambar 4.14	Diagram Regangan Tegangan Kondisi Balance	178
Gambar 4.15	Diagram Regangan Tegangan $c=d'$	180
Gambar 4.16	Diagram Regangan Tegangan Kondisi Balance	182
Gambar 4.17	Diagram Regangan Tegangan Kondisi Garis Netral	186
Gambar 4.18	Diagram Interaksi Sumbu Lemah dan Kuat	188
Gambar 4.19	Hasil Analisis Kapasitas Dukung Tiang vertikal dari Allpile	193
Gambar 4.20	Hasil Analisis Kapasitas Dukung Tiang vertikal dari Allpile	194
Gambar 4.21	Titik Join Yang Akan Dihitung.....	196
Gambar 4.22	Distribusi Reaksi Tumpuan Ke Tiang	211
Gambar 4.23	Chek Pile Terhadap Geser Pons	220

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Tanah N-SPT
- Lampiran 2. Gambar Desain Gedung Struktur Rumah Sakit 9 Lantai
- Lampiran 3. Hasil dari Program AFES



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit merupakan bagian integral dari suatu organisasi sosial dan kesehatan dengan fungsi menyediakan pelayanan, penyembuhan penyakit dan pencegahan penyakit kepada masyarakat. Rumah sakit juga merupakan pusat pelatihan bagi tenaga kesehatan dan pusat penelitian medik. Rumah sakit harus dibangun, dilengkapi dan dipelihara dengan baik untuk menjamin kesehatan dan keselamatan pasiennya serta harus menyediakan fasilitas yang lapang dan terjangkau bagi kesembuhan pasien.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Tahun 1988 Nomor 159b, Rumah sakit biasanya dibedakan menjadi dua jenis:

- a. Rumah sakit umum
- b. Rumah sakit khusus

Rumah sakit umum yang dipergunakan sebagai wahana pendidikan diistilahkan sebagai “Teaching Hospital“ atau Rumah Sakit Pendidikan (RSP) yang bisa didefinisikan sebagai rumah sakit pemerintah atau swasta yang bekerjasama dengan sebuah perguruan tinggi pemerintah atau perguruan tinggi swasta yang menginteraksikan Fakultas Kedokterannya kedalam kerjasama. RSP merupakan tempat dihasilkannya sumber daya manusia dibidang kesehatan yang merupakan sarana pendidikan untuk melaksanakan upaya menumbuhkan dan membina sikap, keterampilan profesional kedokteran khususnya, sebagai tempat penelitian, penapisan ilmu, pengenalan teknologi kedokteran dan kesehatan.

Rumah sakit pendidikan juga dituntut memiliki manajemen yang memungkinkan melaksanakan tugas pelayanan di bidang kesehatan. Rumah sakit pendidikan adalah salah satu contoh tempat pelayanan umum yang banyak dimanfaatkan masyarakat dan mampu memberikan pelayanan terbaik. Hal ini telah diperlihatkan oleh peringkat rumah sakit di Amerika Serikat.

Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan pelayanan kesehatan, baik bagi masyarakat Yogyakarta maupun masyarakat sekitar Yogyakarta menyebabkan terjadi peningkatan permintaan terhadap fasilitas pelayanan kesehatan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka dirancanglah satu gedung rumah sakit di Yogyakarta.

Universitas Gadjah Mada sedang merencanakan pembangunan Rumah sakit 9 lantai di kawasan Kampus Terpadu UGM Yogyakarta yang nantinya akan digunakan sebagai sarana kegiatan belajar mengajar untuk mahasiswa dan dimanfaatkan oleh masyarakat umum untuk mendapatkan pelayanan kesehatan.

Menurut SNI Gempa 2012 struktur gedung Rumah sakit harus memiliki kekuatan 1,5 kali lebih tinggi dibandingkan gedung-gedung lainnya. Hal ini dikarenakan gedung Rumah sakit harus tetap berdiri setelah mengalami kondisi extreme, gedung hanya boleh mengalami kerusakan tanpa mengalami keruntuhan.

Perancangan struktur gedung Rumah sakit dipengaruhi oleh fungsi setiap ruangan. Adapun fungsi tersebut mempengaruhi beban rencana yang akan diterima oleh struktur. Besarnya beban yang diterima suatu elemen struktur akan mempengaruhi dimensi elemen struktur tersebut.

Dalam Laporan Tugas Akhir ini dilakukan analisa perencanaan struktur untuk Rumah sakit 9 Lantai di UGM Yogyakarta agar menghasilkan suatu bangunan yang aman, nyaman, kuat, efisien, ekonomis dan sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) sebagai

acuan. Suatu konstruksi gedung harus mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi itu sendiri, sehingga bangunan atau struktur gedung aman dalam waktu yang direncanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana membangun struktur gedung rumah sakit 9 lantai di UGM Yogyakarta yang aman terhadap beban-beban yang terjadi, tanpa mengabaikan faktor keamanan yang menyangkut kekuatan dan kestabilan struktur.
2. Bagaimana memperhitungkan struktur gedung dan gaya pada gedung rumah sakit 9 lantai dengan beban-beban yang direncanakan.
3. Bagaimana merencanakan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Rencana Kerja dan Syarat (RKS) untuk gedung rumah sakit 9 lantai di UGM Yogyakarta.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan Penulisan:

1. Dapat mendesain struktur gedung rumah sakit 9 lantai di UGM Yogyakarta yang aman terhadap beban-beban yang terjadi, tanpa mengabaikan faktor keamanan yang menyangkut kekuatan dan kekakuan struktur.
2. Bagaimana menggambar gambar kerja yang memenuhi detail persyaratan gempa yang mengacu pada SNI gempa 2012.
3. Bagaimana Merencanakan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Rencana Kerja dan Syarat (RKS) untuk gedung rumah sakit 9 lantai di UGM Yogyakarta.

Manfaat Penulisan:

1. Mahasiswa belajar mengaplikasikan desain struktur yang memenuhi persyaratan dalam SNI terbaru sesuai dengan kriteria desain yang dipersyaratkan owner.
2. Menggambar Detail Engineering Desain (DED) dengan detail sesuai dengan persyaratan SNI Gempa 2012.
3. Mendapatkan perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Rencana Kerja dan Syarat (RKS) untuk gedung rumah sakit 9 lantai di UGM Yogyakarta.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Perancangan elemen struktur menggunakan analisis yang mengacu pada SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
2. Analisis perencanaan ketahanan gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012.
3. Analisis pembebanan menggunakan acuan dalam SNI 1727:2013 Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
4. Menguraikan Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).
5. Tidak memperhitungkan sistem utilitas bangunan, instalasi air bersih dan kotor, instalasi listrik serta finishing.

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini pada garis besarnya disusun dalam 6 bab, adapun sistematika dari penyusunan Tugas Akhir ini antara lain terdiri dari:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan Tugas Akhir.

2. BAB II STUDI PUSTAKA

Berisi tentang Umum, Kriteria Desain Struktur, Pembebanan dan Kombinasinya, Prosedur Pendesainan Elemen Struktur, Prosedur Pendesainan Sistem Pondasi.

3. BAB III PROSEDUR DESAIN STRUKTUR

Berisi tentang Tahap Persiapan, Tahap Pengumpulan Data, Penentuan Denah Struktur, Penentuan Beban Tetap Mati dan Hidup, Penentuan Beban Sementara Gempa, Bagan Alir Desain Struktur.

4. BAB IV DESAIN STRUKTUR

Berisi tentang Umum, Permodelan Struktur, Analisis Struktur, Desain Struktur, Gambar DED Struktur.

5. BAB V MANAJEMEN KONSTRUKSI

Berisi tentang Umum, Metode Pelaksanaan, RKS, RAB, Time Schedule.

6. BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran hasil tentang pengerjaan laporan Tugas Akhir.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam Hanggoro (2015), struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur besmen, dan/atau struktur fondasinya.

Prosedur analisis dan desain seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai yakni Analisis gaya lateral ekuivalen atau Analisis spektrum respons ragam, dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan.

Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada besmen. Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia sendiri, gaya kinematik dan beban gempa yang berasal dari tanah sekelilingnya.

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

2.2 kriteria Desain Struktur

Dalam melakukan suatu analisis atau desain pada bangunan hendaknya harus mengacu pada ketentuan dan persyaratan agar suatu bangunan tersebut dapat sesuai dan memenuhi kriteria dan ketentuan yang berlaku terhadap suatu bangunan. Beberapa kriteria desain struktur berdasarkan Schodek (1998) adalah sebagai berikut :

2.2.1. kemampuan Layan (*serviceability*)

Struktur harus mampu memikul beban rancangan secara aman, tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan suatu struktur untuk memikul beban tanpa ada kelebihan tegangan diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam desain elemen struktur. Dengan memilih ukuran serta bentuk elemen struktur dan bahan yang digunakan, taraf tegangan pada struktur dapat ditentukan pada taraf yang dipandang masih dapat diterima secara aman, dan sedemikian hingga kelebihan tegangan pada material (misalnya ditunjukkan dengan adanya retak) tidak terjadi. Pada dasarnya inilah *kriteria kekuatan* dan merupakan dasar yang sangat penting.

Aspek lain mengenai kemampuan layan suatu struktur adalah mengenai deformasi yang diakibatkan oleh beban, apakah masih dalam batas yang dapat diterima atau tidak. Deformasi berlebihan dapat menyebabkan terjadi kelebihan tegangan pada

sustu bagian struktur. Selain itu, karena deformasi berlebihan tampak jelas dengan mata, sering tidak diinginkan terjadi. Perlu diperhatikan bahwa karena struktur berubah bentuk secara berlebihan, tidak berarti struktur tersebut tidak stabil. Defleksi atau deformasi besar dapat diasosiasikan dengan struktur yang tidak aman, tetapi hal ini tidak selalu demikian. Deformasi dikontrol oleh *kekuatan* struktur. Kekauan sangat bergantung pada jenis, besar, dan distribusi bahan pada struktur. Sering kali diperlukan elemen struktur yang lebih banyak untuk mencapai kekuatan yang diperlukan daripada untuk memenuhi syarat kekuatan struktur.

Berkaitan dengan deformasi, tetapi bukan merupakan fenomena yang sama, adalah *gerakan* pada struktur. Pada banyak situasi, kecepatan dan percepatan aktual struktur yang memikul beban dinamis dapat dirasakan oleh pemakai bangunan, dan dapat menimbulkan rasa tidak nyaman. Salah satu contoh adalah gerakan sehubungan dengan gedung bertingkat banyak yang mengalami beban angin. Untuk itu ada kriteria mengenai kecepatan dan percepatan batas. Kontrol tercapai dengan melalui manipulasi yang melibatkan kekakuan struktur dan karakteristik redaman.

2.2.2. efisiensi

Kriteria ini mencakup tujuan untuk mendesain struktur yang relatif lebih ekonomis. Indikator yang sering digunakan pada kriteria ini adalah jumlah material yang diperlukan untuk memikul beban yang diberikan dalam ruang pada kondisi dan kendala yang ditentukan. Mungkin saja terjadi bahwa respon struktur yang berbeda-beda terhadap situasi beban yang diberikan akan mempunyai kemampuan layan yang sama. Akan tetapi ini tidak selalu berarti bahwa setiap struktur akan memerlukan material

yang sama untuk memberikan kemampuan layan yang sama. Mungkin terjadi satu solusi akan memerlukan material lebih sedikit dibandingkan dengan yang lain. Penggunaan volume minimum sebagai kriteria adalah salah satu dari berbagai konsep penting bagi arsitek maupun rekayasawan.

2.2.3. Konstruksi

Tinjauan konstruksi juga dapat mempengaruhi pilihan struktural. Sangat mungkin terjadi bahwa perakitan elemen-elemen struktural akan efisiensi apabila materialnya mudah dibuat dan dirakit. Kriteria konstruksi sangat luas, dan termasuk juga kedalamnya tinjauan mengenai banyak serta jenis usaha atau *manpower* yang diperlukan untuk melaksanakan suatu bangunan, juga jenis dan banyak alat yang diperlukan serta lama waktu penyelesaiannya.

Faktor umum yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan suatu fasilitas adalah kerumitan fasilitas tersebut yang dinyatakan dalam banyak bagian yang terlibat dan derajat relatif usaha yang diperlukan untuk merakit bagian-bagian tersebut sehingga menjadi suatu struktur yang utuh. Ukuran, bentuk, serta berat setiap bagian juga penting karena jenis alat yang diperlukan untuk melaksanakannya ditentukan oleh masing-masing. Pada umumnya perakitan yang melibatkan bagian-bagian yang bentuk serta ukurannya mudah dikelola dengan peralatan konstruksi yang tersedia adalah hal yang dikehendaki.

2.2.4. Harga

Harga merupakan suatu faktor yang menentukan dalam pemilihan struktur konsep harga tidak dapat dilepaskan dari dua hal, yaitu efisiensi bahan dan kemudahan pelaksanaan. Harga total suatu struktur sangat bergantung pada banyak dan harga material yang

dipakai serta banyak dan upah buruh yang diperlukan untuk melaksanakan suatu fasilitas, juga harga atau biaya alat yang diperlukan selama pelaksanaan. Tentu saja, struktur yang sangat efisien yang tidak sulit dilaksanakan akan merupakan yang paling ekonomis.

2.2.5. Lain-lain

Tentu saja ada berbagai faktor lain yang mempengaruhi pemilihan struktur. Dibandingkan dengan kriteria yang relatif terukur dan objektif yang telah dibahas di atas, banyak faktor tambahan yang relatif lebih subjektif. Yang tidak kurang pentingnya ialah peran struktur karena dalam pandangan arsiteknya struktur merupakan bagian besar dari penampilan bangunan.

2.2.6. Kriteria Berganda

Jarang sekali suatu struktur hanya ditujukan untuk memenuhi salah satu kriteria yang telah dibahas di atas. Konsep *serviceability* (kemampuan layan) dan faktor keamanan yang dilibatkannya, bagaimana pun, merupakan hal yang biasa berlaku pada semua struktur. Dengan demikian, faktor tersebut merupakan tanggung jawab utama seorang perancang struktur.

2.3 Pembebanan dan Kombinasinya

Dalam melakukan perancangan serta analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai pembebanan serta kombinasinya.

2.3.1. Pembebanan Struktur

Pembebanan yang dipakai dalam perencanaan ini didasarkan pada SNI 1727:2013 mengenai *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan ini, diantaranya beban gravitasi (beban mati (DL) dan beban hidup (LL), dan beban gempa.

a. Beban Mati (*Dead Load*)

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.

b. Beban hidup (*Live Load*)

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

Macam beban hidup yang tercantum pada SNI 1727:2013 :

➤ Beban hidup atap

Beban pada atap yang diakibatkan (1) pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material dan (2) selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman

atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian.

➤ **Beban hidup yang diperlukan**

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 2.1.

➤ **Beban hidup terpusat**

Lantai, atap, dan permukaan sejenisnya harus dirancang untuk mendukung dengan aman beban hidup terdistribusi merata atau beban terpusat, dalam pound (lb) atau kilonewton (kN) yang tercantum dalam Tabel 2.1, dipilih yang menghasilkan efek beban terbesar. Kecuali ditentukan lain, beban terpusat yang ditunjukkan harus diasumsikan bekerja merata pada daerah seluas 2,5 ft (762 mm) persegi x 2,5 ft (762 mm) dan harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan efek beban maksimum dalam komponen struktur.

➤ **Beban pada tangga tetap**

Beban hidup rencana minimum pada tangga tetap dengan anak tangga harus merupakan beban terpusat tunggal sebesar 300 lb (1,33 kN), dan harus diterapkan pada setiap titik tertentu untuk menghasilkan efek beban maksimum pada elemen yang ditinjau. Jumlah dan posisi tambahan beban hidup terpusat harus minimum 1 rangkaian 300 lb (1,33 kN) untuk setiap jarak 10 ft (3 048 mm) dari tinggi tangga.

Apabila susunan tangga tetap diperpanjang di atas lantai atau *platform* di bagian atas tangga, setiap sisi perpanjangan susunan harus dirancang untuk menahan beban hidup terpusat sebesar 100 lb (0,445 kN) pada arah sembarang dan tinggi sembarang sampai puncak dari sisi perpanjangan rel.

Tangga para-para harus mempunyai beban rencana minimum seperti tangga, sebagaimana didefinisikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Beban Merata kN/m^2	Beban terpusat kN
Apartemen / Rumah tinggal		
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92	
Tangga Rumah tinggal	1,92	
Kantor		
Ruang kantor	2,40	8,9
Ruang komputer	4,79	8,9
Lobi dan koridor lantai pertama	4,79	
Koridor di atas lantai pertama	3,83	
Ruang pertemuan		
Lobi,	4,79	
Kursi dapat dipindahkan,	4,79	
Panggung pertemuan	4,79	
Balkon dan dek		
1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani.		
Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92	1,33

Koridor

Koridor Lantai pertama 4,79

Koridor Lantai lain sama seperti pelayanan hunian

Ruang makan dan restoran 4,79**Rumah Sakit**

Ruang operasi, laboratorium 2,87 4,45

Ruang pasien 1,92 4,45

Koridor diatas lantai pertama 3,83 4,45

Perpustakaan

Ruang baca 2,87 4,45

Ruang penyimpanan 7,18 4,45

Koridor diatas lantai pertama 3,83 4,45

Pabrik

Ringan 6,00 8,90

Berat 11,97 13,40

Gedung Perkantoran

Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian

Lobi dan koridor lantai pertama 4,79 8,9

Kantor 2,40 8,9

Koridor di atas lantai pertama 3,83 8,9

Lembaga Hukum

Blok sel 1,92

Koridor 4,79

Tempat Rekreasi

Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	3,59	
Bangsai dansa dan ruang dansa	4,79	
Gimnasium	4,79	

Tempat menonton baik terbuka atau tertutup Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk Tetap (terikat pada lantai	4,79	
--	------	--

	2,87	
--	------	--

Sekolah

Ruang kelas	1,92	4,5
Koridor lantai pertama	4,79	4,5
Koridor di atas lantai pertama	3,83	4,5
Tangga dan jalan keluar	4,79	

Gudang penyimpan barang

Ringan	6,00	
Berat	11,97	

Atap

Atap datar, berbubung, dan lengkung	0,96	
Atap digunakan untuk taman atap	4,79	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain Sama seperti hunian dilayani		
Semua konstruksi lainnya	0,96	8,9
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap		

atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		1,33
Semua komponen struktur atap utama lainnya		1,33
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Toko Eceran		
Lantai pertama	4,79	4,45
Lantai diatasnya	3,59	4,45

c. Beban Gempa

Pengaruh beban gempa, E , harus ditentukan sesuai dengan berikut ini:

Untuk penggunaan dalam kombinasi beban **untuk metoda ultimit**

5) $1.2D+1.0E+L$ atau kombinasi beban **untuk metoda tegangan**

ijin 5) $D+0.7E$ dan 6) $D + 0.75(0.7E)+0.75L$ harus ditentukan

sesuai dengan Persamaan,

$$E = E_h + E_v.$$

Untuk penggunaan dalam kombinasi beban **untuk metoda ultimit**

7) $0.9D+ 1.0E$ atau kombinasi beban **untuk metoda tegangan ijin**

8) $0.6D+ 0.7E$, E harus ditentukan sesuai dengan Persamaan,

$$E = E_h - E_v.$$

E = pengaruh beban gempa;

E_h = pengaruh beban gempa horisontal

E_v = pengaruh beban gempa vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal, E_v harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E_v = 0.2 S_{DS} \cdot D$$

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda pendek

Pengaruh beban gempa horisontal, E_h harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E_h = \rho \cdot Q_E.$$

Q_E = pengaruh gaya gempa horisontal

ρ = Faktor redundansi

Faktor redundansi, ρ harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah ortogonal untuk semua

struktur. Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, ρ harus sama dengan 1,3.

D = pengaruh beban mati.

2.4 Prosedur Pendesainan Elemen Struktur

Prosedur pendesainan elemen struktur dalam perancangan bangunan gedung menurut Dewabroto (2005).

2.4.1. Perhitungan Tulangan

Struktur beton untuk balok memerlukan tulangan baja pada sisi tarik untuk mengantisipasi kelemahannya terhadap tegangan tarik, tetapi pada umumnya penampang balok mempunyai tulangan baja pada kedua sisinya. Jadi, bila ada bending momen akibat beban gravitasi maka tulangan baja pada sisi atas mengalami desak dan tulangan pada sisi bawah mengalami tarik. tak hanya itu untuk pada balok juga diperlukan tulangan sengkang untuk menahan gaya geser.

Beberapa besar pengaruh tulangan di sisi desak dapat menambah kekuatan lentur balok dan adakah faktor-faktor lain yang menyebabkan tulangan tersebut masih perlu dipasang.

➤ Perhitungan manual tulangan balok persegi :

Keruntuhan tarik (*under-reinforced*) terjadi jika tulangan tarik mencapai leleh terlebih dahulu. Maka tulangan desak $\epsilon'_s > \epsilon_y$ oleh karena itu $f'_s = f_y$ dan tulangan tarik jika $\epsilon_s > \epsilon_y$ oleh karena itu $f_s = f_y$.

1. Tinggi blok desak

$$a = \frac{(A_s - A'_s)f_y}{0,85f_c'b}$$

2. Resultan gaya-gaya pada penampang

$$C_s = A_s f_y \text{ (Pada Tulangan)}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times ab \text{ (Pada Beton)}$$

3. Cek asumsi yang dipakai sudah benar, yaitu asumsi bahwa tulangan desak dan tarik telah leleh.

Tulangan desak leleh jika :

$$a \geq \beta \left(\frac{600d'}{600+f_y} \right)$$

Tulangan tarik leleh jika : $a \leq \beta \left(\frac{600d}{600+f_y} \right)$

4. Momen Kapasitas

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d')$$

5. Syarat jika M_u yang terjadi < dari M_n maka desain balok dikatakan aman.

6. Syarat Daktilitas penampang,

$$a \leq 0,75ab$$

$$a > d'$$

➤ Perhitungan manual tulangan geser balok persegi :

1. Menentukan gaya geser terfaktor V_u yang diperoleh dari program SAP20002. Menghitung kuat geser penampang beton ϕV_c dimana $\phi = 0,75$

Jika hanya ada gaya geser maka $V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} b w d$

Jika pada saat bersamaan pada penampang yang ditinjau momen terfaktor M_u yang terjadi secara simultan dengan V_u maka :

$$V_c = \left[\sqrt{f_c'} + 120 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_{ud}}{M_u} \right] \frac{b w d}{7} \leq 0,3 \sqrt{f_c'} b w d$$

3. Dimana $\rho_w = \frac{A_s}{b w d}$ dan $\frac{V_{ud}}{M_u} \leq 1,0$

4. Selanjutnya hitung Hitung $1/2\phi V_c$ dan evaluasi penampang sebagai berikut :

a. Jika $V_u \leq 1/2 \times 0,75 \times V_c$ maka tulangan sengkang tidak perlu

b. Jika $1/2\phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ maka perlu sengkang minimum

$$A_v \text{ min} = \frac{b w s}{3 f_y}$$

c. Jika $V_u > \phi V_c$ maka perlu tulangan sengkang

d. Jika $V_s > 2/3 f'c' b w d$ maka penampang harus diperbesar

5. Untuk sengkang vertikal maka luas sengkang yang diperlukan adalah

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} > A_v \text{ min} = \frac{b w s}{3 f_y}$$

Jika $V_s < 1/3 \sqrt{f'c' b w d}$ maka $s = 0,5 d$

Jika $1/3 \sqrt{f'c' b w d} > V_s \leq V_s > 2/3 \sqrt{f'c' b w d}$ maka $s = 0,25 d$

2.4.2. Mendesain Kolom Beton Bertulang

Untuk melakukan perhitungan dalam menentukan tulangan menggunakan program PCA-COL dengan memasukkan angka P_u , M_x , dan M_y . Pada perhitungan yang dilakukan menggunakan PCA-COL semua kolom yang dihitung terletak pada daerah balance pada grafik yang ditampilkan.

Namun perlu adanya pengecekan pada program PCA-COL tersebut menggunakan program analisa struktur pada komputer dengan mengetahui luas tulangan (A_s) pada SAP dalam melakukan pengecekan secara manual. Adapun perhitungan sebagai berikut :

➤ Menentukan Tulangan

$$A_s = A_s'$$

$n \times 0,5 \pi r^2$, dengan n adalah jumlah tulangan

Dengan A_s tersebut dapat dipakai tulangan dengan perhitungan pada program PCA-COL:

$$\rho = \frac{As}{bd}$$

- Menghitung kemampuan kolom adakondisi balance (seimbang)

$$Cb = \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$\beta_1 = 0,85 - (f'c - 30) \times \frac{0,05}{7}$$

$$ab = \beta_1 \times Cb$$

$$Cc = 0,85 \times f'c \times ab \times b$$

$$\epsilon_s' = 1 - \frac{d'}{c} \times \epsilon_c$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es}$$

Catatan : jika $\epsilon_s' > \epsilon_y$ maka $f_s' = fy$

Menggunakan syarat keseimbangan gaya

$$Pnb = Cc + \sum Ts - Pnb$$

$$(0,85 \times f'c \times ab \times b) + (As' \times fs' - As \times fy)$$

Cek Keruntuhan kolom !!!

Syarat :

$$\phi Pnb > Pu$$

- Kontrol terhadap kemampuan penampang beton

$$e = \frac{mu}{pu} \times 1000$$

$$e' = e + \frac{1}{2} h - d'$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c}$$

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bd}$$

$$Pn = 0,85 f'c bd \left[\left(1 - \frac{e'}{d} \right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d} \right)^2 + 2m\rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

$$\phi P_n = 0,65 \times P_n$$

Syarat :

$$\phi P_n > 0,1 A_g f_c'$$

Dengan syarat diatas maka $\phi = 0,65$ dapat diterima.

- Kontrol terhadap tulangan tekan.

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

Dengan syarat $\beta_1 < f_c'$ β_1 pakai 0,85

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$\epsilon_s' = \left\{ 1 - \frac{d'}{c} \right\} \times \epsilon_c$$

Syarat $\epsilon_s' > \epsilon_y$; tulangan tekan telah leleh

Syarat terhadap P_u

$$P_u < \phi P_n$$

Jika demikian maka kolom telah memenuhi syarat aman.

2.4.3. Perencanaan Kapasitas Desain

Menurut Indrarto (2013), disebutkan ada dua cara yang bisa dilakukan dalam perencanaan kapasitas desain agar bangunan tersebut kuat dan tidak runtuh saat terjadi gempa yaitu :

- Membuat struktur bangunan sedemikian kuat

Sehingga struktur bangunan tetap berperilaku elastis pada saat terjadi gempa. Meskipun pada saat terjadi gempa yang kuat struktur ini tidak mengalami kerusakan parah sehingga mengurangi biaya perbaikan. Namun pada pelaksanaannya membutuhkan biaya yang

mahal sehingga desain ini tidak ekonomis. Struktur yang didesain tetap elastis pada saat gempa kuat disebut struktur tidak duktail.

- Membuat struktur bangunan sedemikian rupa sehingga mempunyai batas kekuatan elastis yang hanya mampu menahan gempa sedang saja

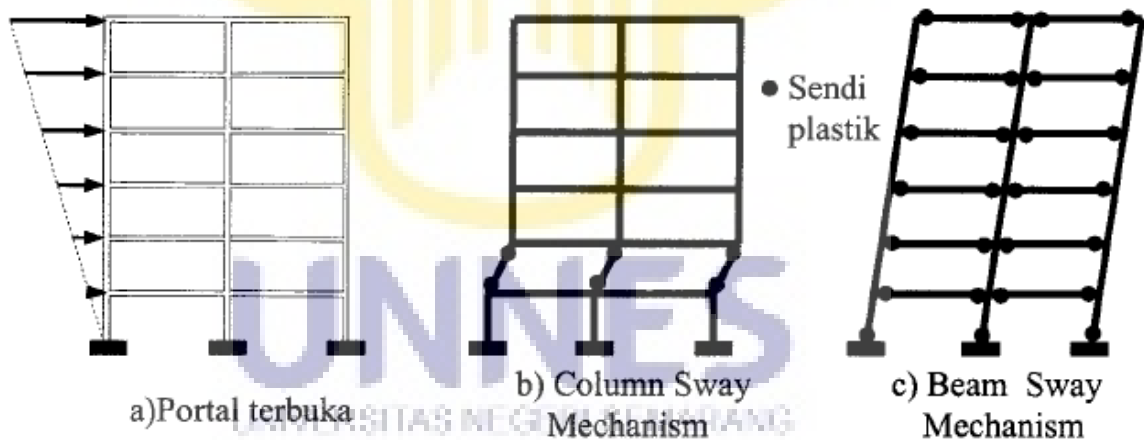
Dengan demikian, struktur ini masih bersifat elastis saat gempa ringan atau sedang. Pada saat gempa kuat struktur dirancang agar mampu berdeformasi plastis cukup besar. Jika mampu berdeformasi plastis cukup besar maka hal ini dapat mengurangi sebagian energi gempa yang masuk ke dalam struktur. Struktur ini disebut struktur duktail. Penggunaan struktur duktail cukup ekonomis untuk bangunan gedung bertingkat menengah sampai tinggi yang dibangun pada daerah gempa yang kuat.

Menurut Pawirodikromo (2012), filosofi desain dan perkembangannya sudah sampai pada prinsip Desain Kapasitas (Capacity Design). Pada konsep tersebut sudah dicanangkan adanya elemen-lemah (weak-link) dan ada elemen-elemen yang sengaja dibuat lebih kuat. Dengan kondisi seperti itu maka akan terjadi hierarki kerusakan yang direncanakan sejak awal. Secara riil, struktur bangunan selengkapny mungkin terdiri atas Tanah pendukung, Struktur fondasi, Struktur kolom, Struktur balok, Struktur plat lantai, Struktur atap, Elemen non struktur seperti tembok, partisi, ceiling dsb.

Apabila terjadi gempa bumi maka secara logika sederhana hierarki kerusakan yang dikehendaki mempunyai urutan yang terbalik dari yang

telah disebut. Antara tembopartist/ ceiling dan struktur atap mempunyai fungsi timbal-balik, sehingga mana yang boleh rusak terlebih dahulu akan bergantung pada jenis struktur. Apabila struktur atap didukung oleh balok ring dan kolom maka tembok boleh rusak terlebih dahulu. Namun demikian apabila struktur atap didukung oleh tembok, maka hal ini menjadi saling bergantung.

Hierarki kerusakan elemen struktur secara logika dapat ditentukan dengan jelas yaitu agar struktur tetap berdiri tegak maka kolom harus lebih kuat daripada balok. Hierarki kerusakan terus berlanjut sampai pada tanah pendukung. Dengan memperhatikan hal tersebut maka dari filosofi desain akhirnya sudah sampai pada prinsip Kolom Kuat Balok Lemah (Strong Column and Weak Beam, SCWB).



Gambar 2.1 Mekanisme runtuh pada portal terbuka

Secara logis prinsip SCWB akan mengakibatkan struktur bergoyang menurut beam sway mechanism seperti tampak pada (Gambar 2.4.c). Pada SCWB, balok sengaja dibuat sedikit lebih lemah dari kolom-kolomnya, dan oleh karenanya apabila level beban terlampaui, maka segera terjadi sendi-sendi plastik yang umumnya terjadi pada ujung-ujung balok dan ujung-ujung kolom tingkat dasar. Di tempat-tempat itulah kemudian detail tungan

didesain dan dipasang dengan baik sehingga dapat menjadi elemen yang daktaiVulet/liat.

Dengan sifat yang liat, maka elemen dan struktur akan dapat bertahan pada deformasi inelastik yang cukup besar tanpa adanya pemrrunan kekuatan yang berarti. Apabila demikian maka pada beban gempa yang cukup besar struktur tetap saja rusak tetapi tidak akan runtuh total. Bagaimana caralpresedur desain yang menghasilkan struktur kolom kuat balok lemah dapat dipelajari pada struktur beton tahan gempa.

Pada (Gambar 2.4.a) juga tampak mekanisme goyangan struktur yang lain yaitu zolumn sway mechanism, yaifii produk desain yang mengacu pada kolom lemah balok kuat (Weak Colum and Strong Beam ,14/CSB). Mekanisme runtuh struktur ini akan mengakibatkan struktur akan runtuh total (totally collapse), sehingga dilarang untuk dipakai. Bukti-bukti tentang hal ini akan disajikan pada bahasan di Butir 2.4). Secara ringkas ciri-ciri desain kapasitas adalah (Paulay dan Priestley,1992) :

1. Tempat-tempat kemungkinan terjadinya sendisendi plastik telah ditentukan sejak awal. Hal ini di diawali dengan penentuan mekanisme goyangan (sway mechanism) yaitu stnrktur yang didesain menurut Strong Column and Weak Bearn (SCWB).
2. Deformasi-inelastik yang tidak dikehendaki, yaitu deformasi yang mengganggu kestabilan misalnya deformasi inelastik akibat geser baik di balok maupun di join serta slip antara tulangan dengan beton dicegah dengan memberikan kekuatan yang lebih besar dari yang diperlukan.
3. Tempat-tempat sendi plastik jangan sampai menjadi tempat yar.g getaslbrittle, tetapi didetail dengan tulangan lentur dan geser sedemikian

rupa sehingga menjadi daktail dan dapat menjadi tempat disipasi energi secara stabil/berkelanjutan. Join antara balok dan kolom didisian sedemikian supaya masih dalam kondisi elastik, yaitu dengan memberikan kekuatan yang lebih besar dari pada balok/kolom.

2.5 Prosedur Pendesainan Sistem Pondasi

2.5.1 Pengertian Pondasi

Menurut Hardiyatmo (1996), pondasi adalah bagian yang terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau bebatuan yang berada di bawahnya. Terdapat dua klasifikasi pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, dicontohkan dengan pondasi memanjang, pondasi telapak dan pondasi rakit. Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau bebatuan yang terletak jauh dari permukaan tanah, dicontohkan dengan pondasi tiang pancang dan pondasi sumuran (*caisson*). Peck, dkk (1953) membedakan pondasi sumuran dengan pondasi dangkal dari nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B). Untuk pondasi sumuran $D_f/B > 5$. Sedangkan untuk pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.

Pemilihan tiang pancang beton baik *precast* ataupun *prestress* memiliki keuntungan lebih cepat dalam pelaksanaan penerapan dilapangannya karena tiang pancang dengan tipe dan ukuran tertentu telah banyak diproduksi hingga mudah untuk didapatkan. Kemudahan pemesanan tertentu sesuai dengan kebutuhan adalah satu kelebihan dibandingkan dengan pondasi sumuran, dimana pelaksanaan pondasi sumuran harus disiapkan lubang sumuran terlebih dahulu dan baru bisa dilaksanakan pengecoran. Mutu tiang pancang sistim fabrikasi juga akan lebih terjamin dan seragam.

2.5.2. Desain Pondasi Menurut SNI Gempa 2012

- Struktur tipe tiang

Jika struktur menggunakan tiang sebagai kolom yang ditanamkan dalam pondasi telapak beton untuk menahan beban lateral maka diisyaratkan tiang untuk menahan gaya gempa harus ditentukan melalui kriteria yang disusun dalam laporan investigasi pondasi.

- Pengikat pondasi

Pur (*pile-cap*) tiang individu, pile bor, atau koison harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus memiliki kuat tarik atau tekan paling sedikit sama dengan 10% SDs kali beban terfaktor ditambah beban hidup terfaktor pur tiang atau kolom yang lebih besar, kecuali jika ditunjukkan bahwa kekangan ekuivalen akan disediakan oleh balok beton bertulang pada plat di atas tanah atau pengekangan oleh batu yang memenuhi syarat, tanah kohesif keras, tanah berbutir sangat padat, atau cara lain yang disetujui.

- Persyaratan pengankuran tiang

Desain pengankuran tiang ke dalam pur tiang harus memperhitungkan pengaruh gaya aksial terkombinasi akibat gaya ke atas dan momen akibat penjepitan pada pur tiang. Dalam kasus ke atas pengankuran harus mampu mengembangkan kekuatan sebesar yang terkecil antara kuat tarik tulangan longitudinal tiang beton atau 1,3 kali tahanan cabut tiang. Tahanan cabut tiang diambil sebagai gaya friksi atau lekatan ultimat yang dapat disalurkan antara tanah dan tiang ditambah berat tiang dan pur.

- Persyaratan umum desain tiang

Tiang harus didesain untuk menahan deformasi dan pergerakan tanah akibat gempa dan respon struktur.

- Tiang miring

Tiang miring dan sambungannya harus mampu menahan gaya dan momen dari kombinasi beban. Jika tiang miring bekerjasama menahan gaya pondasi sebagai kelompok maka gaya didistribusikan pada tiang individu.

- Sambungan lewatan bagian tiang

Sambungan lewatan pada tiang pondasi harus mampu mengembangkan kuat nominal penampang tiang.

- Interaksi tanah tiang

Momen geser dan defleksi lateral tiang yang digunakan harus didesain dengan meninjau interaksi tiang tanah jika rasio kedalaman pembebanan tiang kurang dari atau sama dengan 6 (enam), tiang dapat diasumsikan secara lentur terhadap tanahnya.

- Pengaruh kelompok tiang

Kuat nominal tiang lateral harus disamakan bila jarak anat pusat-ke-pusat tiang dalam arah lateral kurang dari delapan meter atau lebar tiang. Pengaruh kelompok tiang terhadap kuat nominal vertikal harus disertakan bila jarak anat pusat ke pusat kurang dari tiga kali diameter atau lebar tiang.

2.5.3. Tahap Perencanaan Pondasi Dalam

a. Perhitungan jumlah tiang pondasi

Perhitungan jumlah tiang pondasi dapat diperoleh dengan membagi reaksi beban maksimum yang terjadi dengan kapasitas dukung tiang group.

$$n = \frac{Fz}{0,80 \times Q_{all\ group}}$$

Dimana : n = jumlah tiang dalam satu group tiang
 Fz = beban maksimum yang ditahan
 $Q_{all\ group}$ = kapasitas dukung tiap group

b. Perhitungan tebal dan dimensi pile cap,

Dalam menghitung tebal dan dimensi pile cap, sebelumnya harus diketahui dimensi kolom dan beban aksial yang terjadi pada kolom. Untuk menghitung struktur betonnya, beban perlu dikalikan dengan faktor beban :

$$U = 1,2 \text{ (beban mati)} + 1,6 \text{ (beban hidup)}$$

Namun jika yang diketahui hanya nilai (beban mati + beban hidup) tanpa mengetahui besarnya masing-masing dapat dilakukan pendekatan nilai faktor beban 1,4. Sehingga $P_u = 1,4 \times P$

c. Perhitungan kuat dukung pondasi,

Pondasi tiang dapat menahan beban aksial kolom dengan menggunakan persamaan di bawah ini

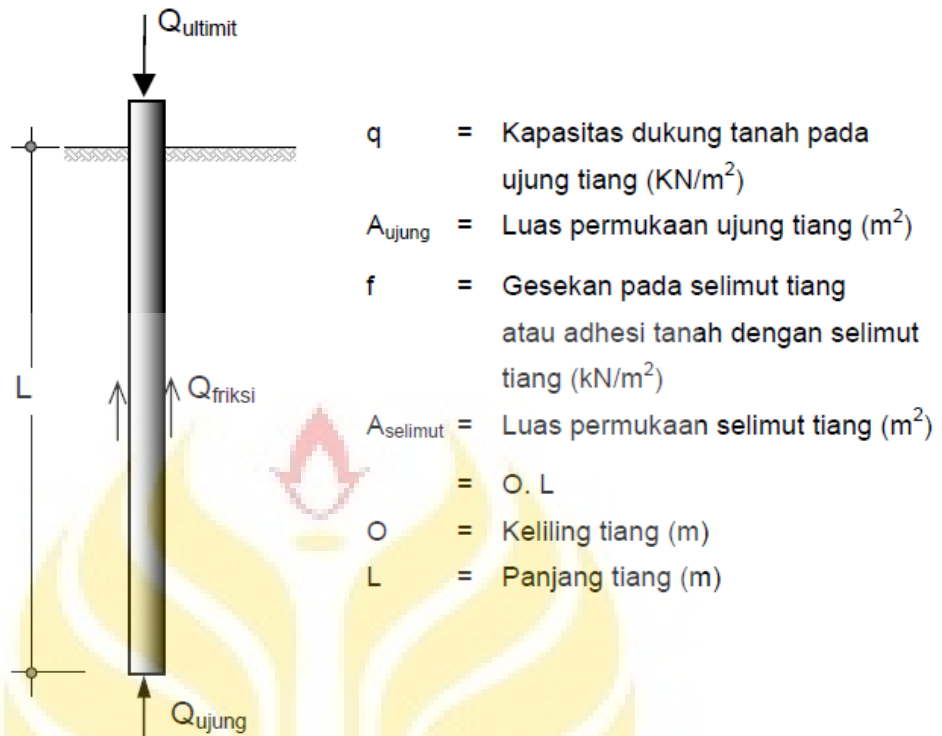
$$\begin{aligned} Q_{ultimit} &= Q_{ijin} + Q_{friksi} \\ &= q \times A_{ujung} + f \times A_{selimut} \end{aligned}$$

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

$Q_{ultimit}$ = kapasitas ultimit pondasi tiang tunggal (kN)

Q_{ujung} = tahanan ujung tiang (kN)

Q_{friksi} = Tahanan gesek tiang (kN)



Gambar 2.2 Kuat dukung pondasi

Perhitungan kuat dukung pondasi sedikitnya ditinjau dengan 3 perhitungan, yaitu :

- Kuat dukung pondasi berdasarkan kuat bahan (didapatkan dari spesifikasi pabrikan pondasi tiang pancang)
- Kuat dukung pondasi berdasarkan data SPT (dari nilai N-SPT dan kuat dukung masing-masing jenis tanah (*soil properties*) dari setiap jenis lapisan.
- Kuat dukung pondasi berdasarkan nilai sondir (q_c)

Dari ketiga kuat dukung tersebut diambil nilai kuat dukung terkecil.

d. Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Berdasarkan Data N-SPT

Rumus kapasitas dukung tiang berdasarkan data N-SPT Mayerhof (1967) dalam Cemica (1995) untuk tanah non kohesif adalah sebagai berikut ;

$$f_{total} = \sum (f_i \times L_i)$$

$$f_i = 2 \times \bar{N}_i$$

$$q = 40 \times 40 (L/D) < 400 \times N$$

Dimana :

f_{total} = Total gesekan pada selimut tiang atau adhesi tanah dengan selimut

tiang untuk setiap lapisan yang dijumpai (kN/m^2)

L_i = Tebal lapisan tanah ke-i (m)

f_i = Gesekan pada selimut tiang atau adhesi tanah dengan selimut tiang

untuk lapisan tanah ke-i (kN/m^2)

D = Diameter tiang (m)

L = Total panjang tiang (m)

q = Kapasitas dukung tanah pada ujung tiang (KN/m^2)

$$Q_{ultimit} = A_{ujung} \times q + O \times f_{total}$$

$$Q_{ultimit} = Q_{ultimit} / SF$$

$Q_{ultimit}$ = Kapasitas ultimit pondasi tiang tunggal (kN)

Q_{ijin} = Kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (kN)

SF = Faktor aman yang nilainya dapat diambil 2,5 s/d 3.

A_{ujung} = Luas permukaan ujung tiang (m^2)

O = Keliling tiang (m)

e. Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Berdasarkan Data Sondir

Dalam Wesley (1977) disebutkan kapasitas dukung tiang ijin untuk tiang yang dipancang sampai lapisan pasir :

$$Q_{ijin} = Q_{ujung} + Q_{friksi}$$

$$Q_{ijin} = (q_c \times A_{ujung})/3 + (T_f \times O)/5$$

Untuk pemancangan tiang pada tanah lempung Wesley (1977) menyarankan penggunaan faktor aman yang lebih besar dari tiang

dalam pasir. Dalam Suryolelono (1994) untuk pemancangan tiang pada tanah lempung dapat digunakan rumus :

$$Q_{ijin} = (q_c \times A_{ujung})/5 + (T_f \times O)/10$$

Berdasarkan pengalaman desain, biasanya pemancangan tiang pada tanah lempung jika ujung tiang telah mencapai tanah keras dapat digunakan rumus :

$$Q_{ijin} = (q_c \times A_{ujung})/3 + (T_f \times O)/10$$

Dimana :

- Q_{ijin} = Kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (kg)
- q_c = Perlawanan Ujung sondir (kg/cm^2)
- T_f = Total friction sondir (kg/cm')
- A_{ujung} = Luas permukaan ujung tiang (cm^2)
- O = Keliling tiang (cm)

Setelah diketahui nilai kapasitas dukung tiang minimum dari ketiga kapasitas dukung di atas, maka selanjutnya di cek terhadap kekuatan bahan tiang pancang yang diketahui dari spesifikasi tiang pancang tersebut.

f. Menghitung kapasitas dukung tiang group ($Q_{all\ group}$)

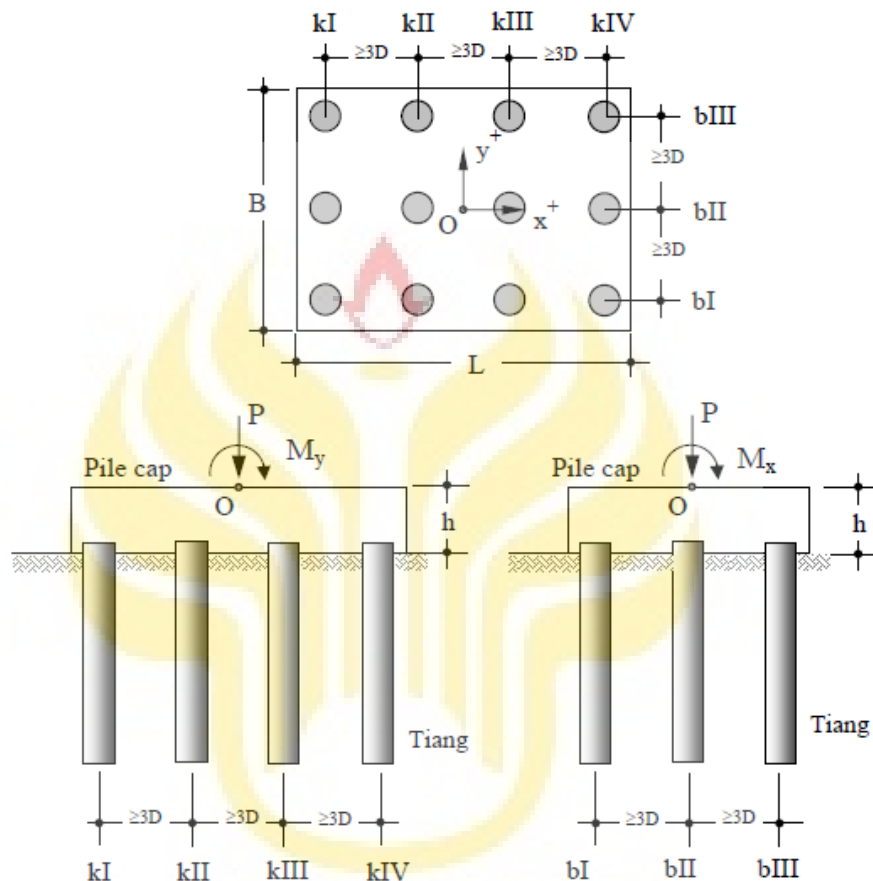
$$Q_{all\ group} = Q_{ijin} \times E_g$$

- Dimana :
- $Q_{all\ group}$ = kapasitas dukung tiang group
 - Q_{ijin} = kapasitas dukung tiang tunggal
 - E_g = efisiensi kelompok tiang

Dalam Wesley (1977) disebutkan efisiensi kelompok tiang (E_g) untuk tiang gesek dalam tanah lempung, *Canadian National Building Code* menyarankan nilai efisiensi $E_g = 0,7$ untuk tiang yang berjarak $2,5d$ sampai $4d$.

g. Perhitungan distribusi beban kolom ke masing-masing tiang

Beban yang didukung oleh tiang ke-i (Q_i) akibat beban P , M_x dan M_y dalam sebuah pile cap adalah :



$$Q_i = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y \times x_i}{\sum(x^2)} \pm \frac{M_x \times y_i}{\sum(y^2)}$$

Gambar 2.3 Distribusi Beban kolom ke masing-masing tiang

Q_i = beban yang didukung oleh tiang ke-i akibat beban P , M_x , dan M_y

P = beban vertikal searah sumbu z

n = jumlah tiang dalam satu pile cap.

$\sum(x^2)$ = jumlah kuadrat jarak x terhadap titik pusat berat kelompok tiang (O).

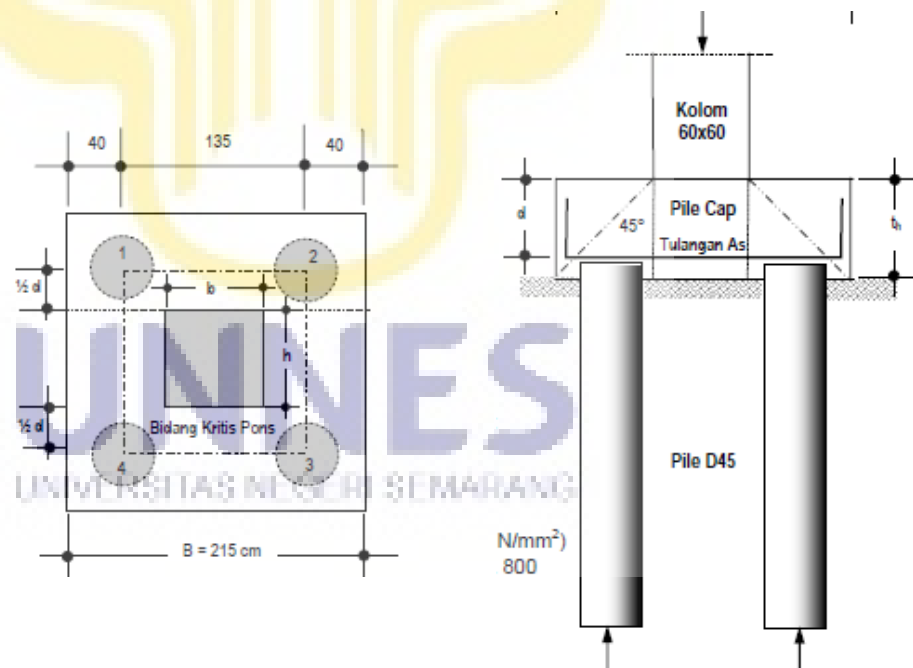
$\Sigma (y^2)$ = jumlah kuadrat jarak y terhadap titik pusat berat kelompok tiang (O).

x_i = jarak tiang ke- i terhadap titik O searah sumbu x .

y_i = jarak tiang ke- i terhadap titik O searah sumbu y .

h. Kontrol gaya geser dua arah (geser pons)

Perhitungan geser pons bertujuan untuk mengetahui apakah tebal pile cap cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Bidang kritis untuk perhitungan geser pons dapat dianggap tegak lurus bidang pelat yang terletak pada jarak $0,5 \cdot d$ dari keliling beban reaksi terpusat tersebut, dimana d adalah tinggi efektif pelat. Tegangan geser pons pada pile cap yang terjadi di sekitar beban terpusat (bidang kritis) ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Gaya geser pons dua arah pada pile cap

Keliling bidang kritis geser pons (b_o) dihitung berdasarkan rumus di bawah ini:

$$b_o = 2(b + d) + 2(h + d)$$

Mengitung geser pons dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\phi V_{c\ pons} = 0,6 \times 0,33 \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

Dimana :

b_o = keliling bidang kritis geser pons

$\phi V_{c\ pons}$ = geser pons

b = lebar kolom

h = panjang kolom

d = tinggi (tebal) efektif pile cap

Dengan syarat $\rightarrow V_{u\ pons} < \phi V_{c\ pons} \dots OK$

i. Kontrol gaya lateral (metode brooms),

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui gaya lateral yang mampu ditahan oleh tiang pancang. Gaya lateral yang bekerja pada tiang pancang merupakan gaya geser yang bekerja pada dasar kolom yang ditentukan berdasarkan kuat momen maksimum (M_{pr}) pada kedua ujung kolom. Besarnya beban lateral yang harus didukung pondasi yang bergantung pada rangka bangunan yang mengirimkan gaya lateral tersebut ke kolom bagian bawah.

Jika tiang dipasang vertikal dan dirancang untuk mendukung beban horizontal yang cukup besar, maka bagian atas dari tanah pendukung harus mampu menahan gaya tersebut, sehingga tiang-tiang tidak mengalami gerakan lateral yang berlebihan. Karena itu, tiang-tiang perlu dihubungkan dengan gelagar-gelagar horizontal yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral. Biasanya, ruang bawah tanah (basement) atau balok-balok pengikat digunakan untuk menyebarkan beban horizontal ke seluruh tiang.

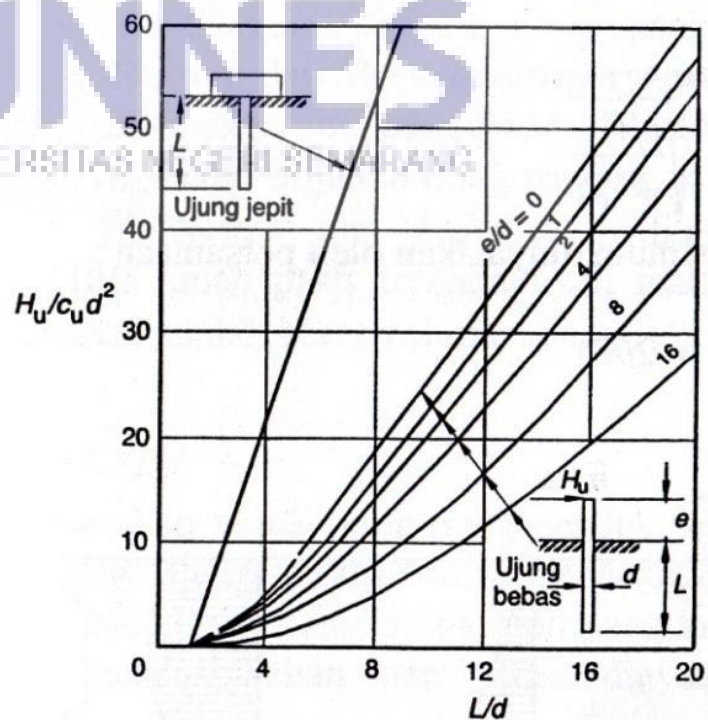
- **Menghitung Tahanan Beban Lateral Ulimit (Metode Broms)**

1. Menentukan nilai L/d dan e/d , dimana L adalah panjang (kedalaman tiang), e adalah jarak gaya terhadap permukaan tanah, dan d adalah dimensi tiang pancang. Penentuan ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah tiang termasuk tiang pendek atau tiang panjang pada Gambar 2.5a
2. Jika tiang termasuk tiang panjang maka untuk menghitung beban lateral ultimate dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.5b Dengan mengetahui nilai C_u , e/d dan $M_y/(C_u \cdot d^3)$.
3. Menentukan letak momen maksimum dengan rumus :

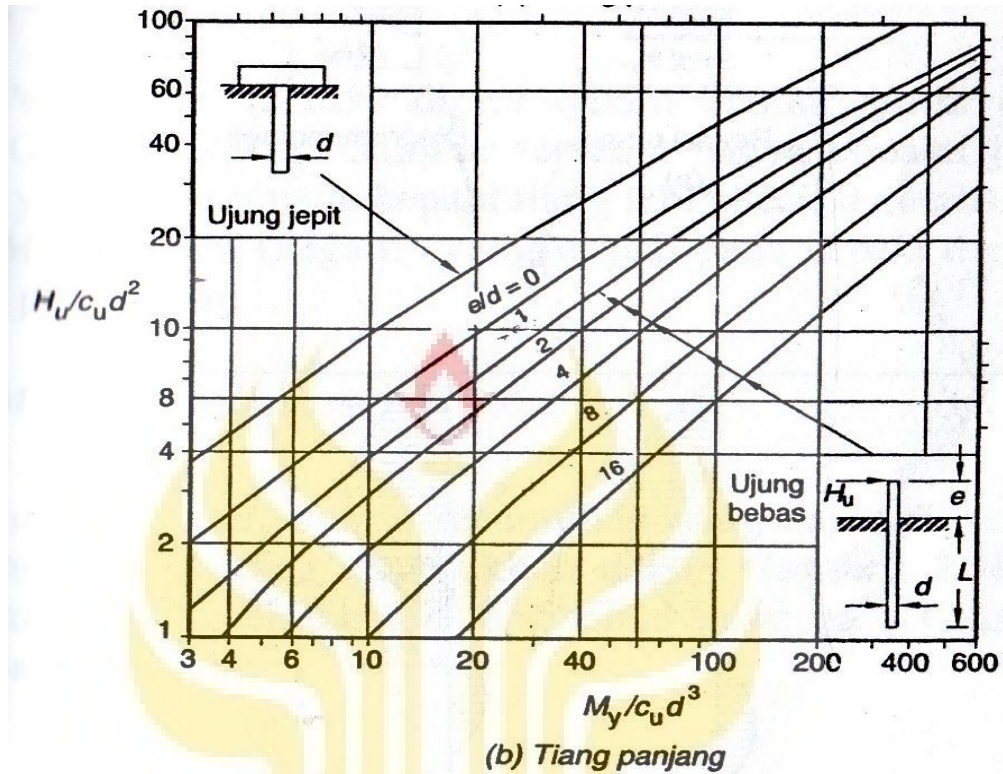
$$f = \frac{H_u}{(9 \cdot C_u \cdot d)}$$

4. Menghitung momen maksimum (M_{maks}) yang harus ditahan oleh tiang dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$H_{max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$



(a) Tiang pendek

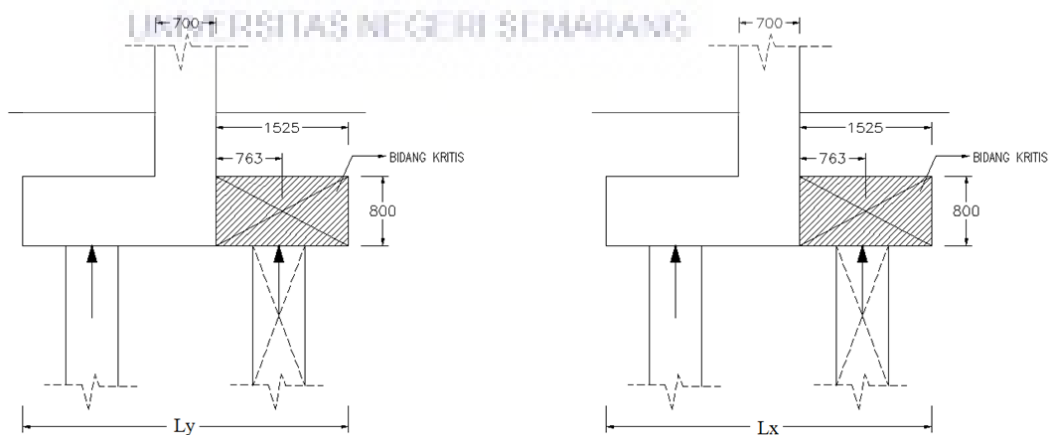


Gambar 2.5 Tahanan Lateral ultimit tiang dalam tanah kohesif (Broms, 1964a)

j. *Penulangan pile cap*

Penulangan pile cap dihitung tinjauan bidang kritis pada arah x dan arah y seperti ditunjukkan pada gambar berikut :

www.PerencanaanStruktur.com



Gambar 2.6 Tinjauan Bidang Kritis Pada Arah X dan Y

Menghitung momen ultimate

$$M_u = \sum Q_{u_i} \times \text{lengan momen}$$

$$M_n = M_u / 0,8$$

$$K = \frac{M_n}{B \times d^2 \times 0,85 \times f'c}$$

$$F = 1 - \sqrt{1 - 2K}$$

$$F_{max} = \frac{\beta_1 \times 4500}{6000 + f_y}$$

Jika $F \leq F_{max} \rightarrow$ Tulangan Tunggal

$F > F_{max} \rightarrow$ Tulangan Rangkap

Misalnya dalam perhitungan tulangan tunggal

$$A_s = \frac{F \times B \times d \times 0,85 \times f'c}{f_y}$$

ρ_{min} = diambil dari nilai ρ_{min} pelat

$$A_{s \min} = \rho_{min} \times B \times d$$

$$A_s > A_{s \min}$$

$$A_\phi = 1/4 \times \pi \times \phi^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_\phi}$$

untuk tulangan atas ($A_s' = 0,15 \% \times B \times d$)

2.5.4 Perhitungan Tie Beam

- **Pengikat fondasi**

Pur (*pile-cap*) tiang individu, pier bor, atau kaison harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus mempunyai kuat tarik atau tekan desain paling sedikit sama dengan gaya yang sama dengan 10 persen S_{Ds} kali beban mati terfaktor ditambah beban hidup terfaktor pur tiang atau kolom yang lebih besar.

- **Persyaratan pengangkuran tiang**

Desain pengangkuran tiang ke dalam pur (*pile-cap*) tiang harus memperhitungkan pengaruh gaya aksial terkombinasi akibat gaya ke atas dan momen lentur akibat penjepitan pada pur (*pile-cap*) tiang.

Untuk tiang yang disyaratkan untuk menahan gaya ke atas atau menyediakan kekangan rotasi, pengangkuran ke dalam pur (*pile-cap*) tiang harus memenuhi hal berikut ini:

- 1) Dalam kasus gaya ke atas, pengangkuran harus mampu mengembangkan kekuatan sebesar yang terkecil di antara kuat tarik nominal tulangan longitudinal dalam tiang beton, atau kuat tarik nominal tiang baja, atau 1,3 kali tahanan cabut tiang, atau gaya tarik aksial yang dihasilkan dari pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat-lebih. Tahanan cabut tiang harus diambil sebagai gaya friksi atau lekatan ultimat yang dapat disalurkan antara tanah dan tiang ditambah dengan berat tiang dan pur;
- 2) Dalam kasus kekangan rotasi, pengangkuran harus didesain untuk menahan gaya aksial dan geser dan momen yang dihasilkan dari pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat-lebih atau harus mampu mengembangkan kuat nominal aksial, lentur, dan geser penuh dari tiang.

- **Tulangan untuk tiang beton tanpa pembungkus (kategori desain Seismik D sampai F)**

Tulangan harus disediakan bila disyaratkan oleh analisis. Untuk tiang beton bor cor setempat tanpa pembungkus, minimum empat batang tulangan longitudinal dengan rasio tulangan longitudinal minimum 0,005 dan tulangan pengekangan transversal sesuai dengan tata cara yang berlaku harus disediakan sepanjang panjang tiang bertulangan minimum seperti didefinisikan di bawah mulai dari ujung atas tiang.

Tulangan longitudinal harus menerus melewati panjang tiang bertulangan minimum dengan panjang penyaluran tarik. Panjang tiang bertulangan minimum harus diambil yang lebih besar dari:

- 1) Setengah panjang tiang.
- 2) Sejarak 3 m.
- 3) Tiga kali diameter tiang
- 4) Panjang lentur tiang, di mana harus diambil sebagai panjang dari sisi bawah penutup tiang

sampai suatu titik di mana momen retak penampang beton dikalikan dengan factor tahanan 0,4 melebihi momen terfaktor perlu di titik tersebut. Sebagai tambahan, untuk tiang yang berlokasi dalam kelas situs *SE* atau *SF*, tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti dijelaskan di atas, harus menerus sepanjang tiang. Bila tulangan transversal disyaratkan, pengikat tulangan transversal harus minimum batang tulangan ulir D10 untuk tiang sampai dengan diameter 500 mm dan batang tulangan ulir D13 untuk tiang dengan diameter lebih besar.

Tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti didefinisikan di atas, juga harus menerus dengan minimum tujuh kali diameter tiang di atas dan di bawah permukaan kontak lapisan lempung teguh, lunak sampai setengah teguh atau lapisan yang dapat mencair (*liquefiable*) kecuali tulangan transversal tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum harus diijinkan untuk menggunakan rasio tulangan spiral transversal dengan tidak kurang dari setengah yang disyaratkan dalam tata cara yang berlaku. Spasi penulangan transversal yang tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum diijinkan untuk ditingkatkan, Seperti yang dikemukakan oleh Ardiyanto (2015). tetapi harus tidak melebihi dari yang terkecil dari berikut ini:

- 1) 12 diameter batang tulangan longitudinal.
- 2) Setengah diameter tiang.
- 3) 300 mm.

Bab 4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil penyelidikan lapangan yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Jenis tanah di lokasi penyelidikan adalah tanah pasir dengan kepadatan sedang sampai sangat padat dengan muka air tanah pada kedalaman sekitar 10,0 m.
2. Fondasi dangkal yang disarankan untuk digunakan dalam menahan beban yang tidak terlalu besar adalah fondasi telapak. Dimensi fondasi dangkal yang disarankan, kedalaman (D_f) 2 m dengan lebar fondasi minimal (B) adalah 1,5 m.
3. Fondasi peralihan yang disarankan untuk digunakan dalam menahan beban yang menengah dan tidak terlalu besar adalah fondasi sumuran. Dimensi fondasi sumuran yang disarankan, diameter fondasi (ϕ) 1 m dan kedalaman fondasi (D_f) yang disarankan 6 m.
4. Fondasi dalam yang disarankan untuk digunakan adalah fondasi tiang pancang atau tiang bor. Dimensi fondasi tiang pancang yang disarankan adalah $\phi = 0,5$ m dengan kedalaman minimal 20 m. Dimensi fondasi tiang bor yang disarankan adalah $\phi = 0,8$ dengan kedalaman 21 m.
5. Penurunan fondasi dangkal dan sumuran dengan dimensi dan kedalaman sesuai yang disarankan bernilai kurang dari 1 inci (25 mm), sehingga masih memenuhi ketentuan Meyerhof (1956) untuk penurunan fondasi maksimal sebesar 1 inci.
6. Penurunan fondasi tiang pancang dan tiang bor masih dalam batas toleransi yang ditetapkan Chellis (1961) dalam Boston Building Code, penurunan total fondasi tiang harus bernilai $< 0,5$ inci. Defleksi lateral tiang dalam batas toleransi, kurang dari 0,25 inci.
7. Analisis perencanaan fondasi dalam yang diuraikan dalam laporan ini bersifat kasar (hanya pendekatan), karena hanya memperhitungkan beban vertikal perkiraan yang akan terjadi pada kolom. Perencanaan fondasi seharusnya didasarkan pada hasil keluaran program analisis struktur (SAP

2000) berupa gaya dan momen pada setiap kolom dan dengan mempertimbangkan kondisi pembebanan (statik dan dinamik).

4.2. Saran

1. Metode pelaksanaan pekerjaan pembangunan fondasi sebaiknya memperhatikan kondisi di sekitar lapangan.
2. Perencanaan fondasi yang diterapkan di lapangan didasarkan pada hasil perhitungan dari pihak Konsultan Perencana dan disetujui oleh Pemberi Pekerjaan.
3. Pemilihan jenis fondasi dalam yang akan digunakan sebaiknya mempertimbangkan pengaruh pada kondisi bangunan setempat, terutama dari segi aspek pelaksanaan.
4. Pelaksanaan pekerjaan fondasi perlu diawasi oleh Konsultan Pengawas, dan apabila ditemukan kendala dalam pelaksanaan pekerjaan fondasi, sebaiknya menghubungi ahli geoteknik dan teknik struktur.

