

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN
TULIP DENGAN KOLOM PERSEGI DAN KOLOM BULAT**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi

Pada program Studi Rekayasa Sipil Jenjang Strata I

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



Disusun Oleh:

LALU ARSEMARA HENDRA PRANATA

416110149

PROGRAM STUDI REKAYASA SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2020

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN
TULIP DENGAN KOLOM PERSEGI DAN KOLOM BULAT**

Disusun Oleh:

LALU ARSEMARA HENDRA PRANATA

416110149

Mataram, 02 Agustus 2020

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)
NIDN. 0027107301

Ir. Agus Partono, MT
NIDN. 0809085901

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT

NIDN. 0824017501

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN
TULIP DENGAN KOLOM PERSEGI DAN KOLOM BULAT**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : LALU ARSEMARA HENDRA PRANATA

NIM : 416110149

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji

Pada hari : Jum'at, 15 Agustus 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng) _____
2. Penguji II : Titik Wahyuningsih, ST., MT _____
3. Penguji III : Ir. Isfanari, ST., MT _____

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT

NIDN. 0824017501

LEMBAR PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : Lalu Arsemara Hendra Pranata
NIM : 416110149
Fakultas : Teknik
Jurusan : Rekayasa Sipil
Institusi : Universitas Muhammadiyah Mataram

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas akhir (skripsi) yang berjudul : *“STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN TULIP DENGAN KOLOM PERSEGI DAN KOLOM BULAT”* Adalah benar –benar karya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain dan memperoleh gelar akademik serjana teknik di Universitas Muhammadiyah Mataram maupun disuatu perguruan tinggi lain kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka sebagaimana mestinya.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini didapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh Strata Satu (S-1) dibatalkan, srta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang telah berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 27).

Mataram, 02 Agustus 2020
yang membuat pernyataan,



Lalu Arsemara Hendra Pranata
NIM : 416110149



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat

Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : LALU ARSEMARA HENDRA PRANATA
NIM : 110 110 149
Tempat/Tgl Lahir : Kembang. 12. Sep. Tambora 1999
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 082 340 555 038 / lalluarsemarag742@gmail.com
Judul Penelitian : -

Studi Perbandingan Desain Struktur Gedung Hotel Golden Golden Tulip Dengan Kolom persegi dan Kolom Beton

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 47

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 29 Agustus 2020

Penulis

L. Arsemara Hendra P.
NIM. 110 110 149

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : LALU ARSEMARA HENDRA PRANATA
NIM : 416.110.149
Tempat/Tgl Lahir : KAMBANG, 12 SEPTEMBER 1998
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 087.340.555 038 / laluarsemara9742@gmail.com
Jenis Penelitian : Skripsi KTI

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

studi Perbandingan Desain struktur Gedung Hotel Golden Tulip
dengan kolom persegi dan kolom bulat

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 24 Agustus 2020

Penulis



L. Arsemara Hendra P
NIM. 416110149

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Tuhan yang Maha Esa yang memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Skripsi yang berjudul “*Studi Perbandingan Desain Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Dengan Kolom Persegi dan Kolom Bulat*” ini dengan baik.

Tujuan dari tugas Skripsi ini adalah diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi siapa saja yang akan mengambil judul yang berkaitan dengan analisa ini. Tugas Skripsi ini juga merupakan salah satu persyaratan kelulusan guna mencapai gelar sarjana di Prodi Rekayasa Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mengingat keterbatasan penulis, penulis mengharapkan saran maupun kritik demi kesempurnaan Tugas Skripsi ini. Akhir kata penulis sampaikan semoga Tugas Skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Mataram, 02 Agustus 2020

Penulis,

LALU ARSEMARA HENDRA PRANATA

NIM : 416110080

UCAPAN TERIMA KASIH

Sujud syukurku kusembahkan kepadaMu ya Allah, Tuhan yang Maha Esa dan Maha Tinggi. Atas takdirMu saya bisa menjadi pribadi yang berpikir, berilmu, beriman, dan bersabar. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depanku, dalam meraih cita-cita.

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk, kedua orang tua tercinta bapak LALU ZAINAL ARIFIN, dan ibu SEMAH yang selalu mengirimkan doa disetiap proses hingga skripsi ini bisa selesai, terimakasih juga atas kasih sayang yang berlimpah dari mulai saya lahir hingga saya sudah sebesar ini.

Terima kasih juga yang tak terhingga untuk para dosen pembimbing, Bapak/ibu yang dengan sabar melayani saya selama proses bimbingan. Terimakasih juga untuk semua pihak yang mendukung keberhasilan skripsi saya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Ucapan terimakasih ini juga saya persembahkan untuk seluruh teman-teman saya di Fakultas Teknik angkatan 2016. Terimakasih untuk memori yang kita rajut setiap harinya, dan solidaritas yang luar biasa. Sehingga masa kuliah selama 4 tahun ini menjadi lebih berarti. Semoga saat-saat indah itu akan selalu menjadi kenangan yang paling indah.

Ucapan terimakasih ini juga saya persembahkan untuk NURUL LU'LUIL MAKNUNY yang selalu menemani yang menjadikan hariku lebih istimewa. Memberikan semangat dan dukungan, aku berharap suatu saat bisa meresmikan pertemuan kita dalam janji suci atas nama Tuhan yang Maha Esa.

Untuk semua pihak yang saya sebutkan, terimakasih atas semuanya semoga Tuhan senantiasa membalas setiap kebaikan kalian. Serta kehidupan kalian semua juga dimudahkan dan diberkahi oleh Allah SWT.

Saya menyadari bahwa hasil karya skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi saya harap isinya tetap memberi mampaat sebagai ilmu dan pengetahuan bagi para pembacanya.

MOTTO

“Ketika kita menjalani masa-masa yang sulit atau penuh dengan kesedihan, ingatlah bahwa Allah telah memberimu masa-masa yang penuh dengan kebahagiaan”

“Bila saya takut mencoba sesuatu, saya tidak akan pernah mendapatkan pelajaran dari sesuatu. Bila saya tidak berani mengambil resiko saya akan selalu berada pada pengalaman saat ini”

“Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum hingga mereka merubah keadaan mereka sendiri”.(QS ArRad Ayat 13)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
MOTTO	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
ABSTRAK	xviii
ABSTRACK	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perencanaan.....	3
1.4 Manfaat Perencanaan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Jenis Kolom	5
2.3 Syarat-Syarat Kolom.....	8

2.4.1 Kolom Dengan Sengkang	8
2.4.2 Kolom Dengan Lilitan Spiral.....	9
2.4 Analisa Pembebanan.....	11
2.4.1 Ketentuan Perencanaan Pembebanan	11
2.4.2 Kriteria Pembebanan.....	11
2.4.2.1 Beban Mati	13
2.4.2.2 Beban Hidup.....	18
2.4.2.3 Beban Gempa	18
2.4.3 Arah Beban Gempa.....	36
2.4.4 Kombinasi Beban Terfaktor.....	37
2.5 Simpangan Antar Lantai Tingkat Ijin.....	37
2.6 Faktor Reduksi Kekuatan	38
2.7 Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang.....	39
2.8 Pelat Lantai Konfensional.....	40
2.9 Balok.....	48
2.10 Kolom	52
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN	64
3.1 Deskripsi Struktur.....	64
3.2 Data Perencanaan.....	65
3.3 Perencanaan Struktur	68
3.2.1 Perencanaan Pelat	68
3.2.2 Perencanaan Pelat	68
3.2.3 Perencanaan Kolom	69
3.4 Bagan Alur Perencanaan.....	70
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	71
4.1 Data Umum.....	71

4.1 Data Masukan	71
4.1.1 Data Perencanaan	71
4.1.2 Peraturan Perencanaan	72
4.1.3 Proses Perencanaan	73
4.3 Perhitungan Beban Gempa Dinamik <i>Respon Spectrum</i>	74
4.2 Perencanaan Struktur	76
4.2.1 Mendimensi Elemen Struktur	76
4.2.2 Perencanaan Pelat	78
4.2.3 Analisa Berat Sendiri Struktur	115
4.2.4 Penulangan Balok	121
4.5 Analisa Kolom Persegi Dan Kolom Bulat	131
4.2.1 Analisa Kolom Persegi	131
4.2.2 Analisa Kolom Bulat.....	143
4.6 Perbandingan Kolom Persegi Dan Kolom Bulat	152
4.2.1 Perbandingan Gaya Dalam Kolom	152
4.2.2 Perbandingan Jumlah Tulangan Kolom.....	159
BAB V PENUTUP.....	161
A. KESIPULAN	161
B. SARAN.....	162
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	<i>Bahan Bangunan</i>
Tabel	2.2	<i>Berat Sendiri Komponen Gedung</i>
Tabel	2.3	<i>Respons Modifikasi Faktor</i>
Tabel	2.4	<i>Beban Hidup pada Lantai Gedung</i>
Tabel	2.5	<i>Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Gempa</i>
Tabel	2.6	<i>Faktor keutamaan gempa (I_e)</i>
Tabel	2.7	<i>Klasifikasi Situs</i>
Tabel	2.8	<i>Koefisien Situs F_a</i>
Tabel	2.9	<i>Perataan Beban Ekuivalen Lantai 4-10</i>
Tabel	2.10	<i>Kategori Desain Seismik Percepatan Periode Pendek</i>
Tabel	2.11	<i>Kategori Desain Seismik Percepatan Periode 1 Detik</i>
Tabel	2.12	<i>Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa</i>
Tabel	2.13	<i>Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x</i>
Tabel	2.14	<i>Koefisien untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung</i>
Tabel	2.15	<i>Faktor Arah Angin</i>
Tabel	2.16	<i>Faktor Topografi</i>
Tabel	2.17	<i>Koefisien Eksposur Tekanan Velositas</i>
Tabel	2.18	<i>Nilai Koefisien Tekanan Dinding</i>
Tabel	2.19	<i>Simpangan Antar Lantai Ijin Δ_a</i>
Tabel	2.20	<i>Tebal Minimum Pelat</i>
Tabel	2.21	<i>Batasan Lendutan Pelat</i>
Tabel	2.22	<i>Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat</i>
Tabel	2.23	<i>Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam</i>
Tabel	2.24	<i>Ketentuan Jarak Maksimum Sengkang atau Sengkang Ikat Kolom</i>
Tabel	4.1	<i>Momen Pelat Lantai</i>
Tabel	4.2	<i>Penulangan Pelat Lantai</i>
Tabel	4.3	<i>Perataan Beban Ekuivalen Pelat Lantai 1</i>

- Tabel 4.4** *Pembebanan Portal Lantai 1*
- Tabel 4.5** *Perataan Beban Ekuivalen Lantai 2*
- Tabel 4.6** *Pembebanan Portal Lantai 2*
- Tabel 4.7** *Perataan Beban Ekuivalen Lantai 3*
- Tabel 4.8** *Pembebanan portal lantai 3*
- Tabel 4.9** *Perataan Beban Ekuivalen Lantai 4-10*
- Tabel 4.10** *Pembebanan Portal Lantai 4-10*
- Tabel 4.11** *Perataan Beban Ekuivalen Lantai Atap*
- Tabel 4.12** *Pembebanan Portal Lantai Atap*
- Tabel 4.13** *perbandingan terhadap gaya dalam aksial (P)*
- Tabel 4.14** *Perbandingan terhadap gaya dalam geser (V2)*
- Tabel 4.15** *Perbandingan terhadap gaya dalam geser (V3)*
- Tabel 4.16** *perbandingan terhadap gaya dalam momen (M2)*
- Tabel 4.17** *perbandingan terhadap gaya dalam momen (M3)*
- Tabel 4.18** *perbandingan terhadap gaya dalam keseluruhan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran*
- Tabel 4.19** *Perbandingan jumlah tulangan persegi dan kolom bulat*

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1** *Jenis kolom berdasarkan posisi beban pada penampang melintang*
- Gambar 2.2** *Penampang kolom*
- Gambar 2.3** *Distribusi Tekanan Hidrodinamik Implusif*
- Gambar 2.4** *Distribusi Tekanan Hidrodinamik konvektif*
- Gambar 2.5** *Distribusi Tekanan Inersia Dinding*
- Gambar 2.6** *Spektrum Respons Desain*
- Gambar 2.7** *Pengaruh Bentuk Topografi Terhadap Kecepatan Angin*
- Gambar 2.8** *Distribusi Tekanan Angin Berdasarkan Bentuk dan Kondisi Gedung*
- Gambar 2.9** *Jenis-Jenis Pelat*
- Gambar 2.10** *Distribusi Regangan dan Tegangan Pada Balok Bertulangan Rangkap.*
- Gambar 2.11** *Bagian Tekan Pada Balok T*
- Gambar 2.12** *Diagram Tegangan dan Regangan Kolom*
- Gambar 3.1** *Persyaratan detailing kolom*
- Gambar 3.2** *3D Hotel Golden Tulip*
- Gambar 4.1** *Pemodelan Struktur*
- Gambar 4.2** *Denah kolom lantai 1-11*
- Gambar 4.3** *Grafik Respons Spektrum Tanah lunak Lokasi Hotel Golden Tulip*
- Gambar 4.4** *Denah dan type pelat lantai*
- Gambar 4.5** *Pelat lantai 1*
- Gambar 4.6** *Pelat lantai 2*
- Gambar 4.7** *Pelat lantai 3*
- Gambar 4.8** *Pelat lantai 4-10*
- Gambar 4.9** *Pelat Lantai Atap*
- Gambar 4.10** *Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksal (P)kolom*

persegi dan kolom bulat lantai 2

Gambar 4.11 *Diagram batang perbandingan gaya dalam geser (V_2) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2*

Gambar 4.12 *Diagram batang perbandingan gaya dalam geser (V_3) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2*

Gambar 4.13 *Diagram batang perbandingan gaya dalam momen (M_2) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2*

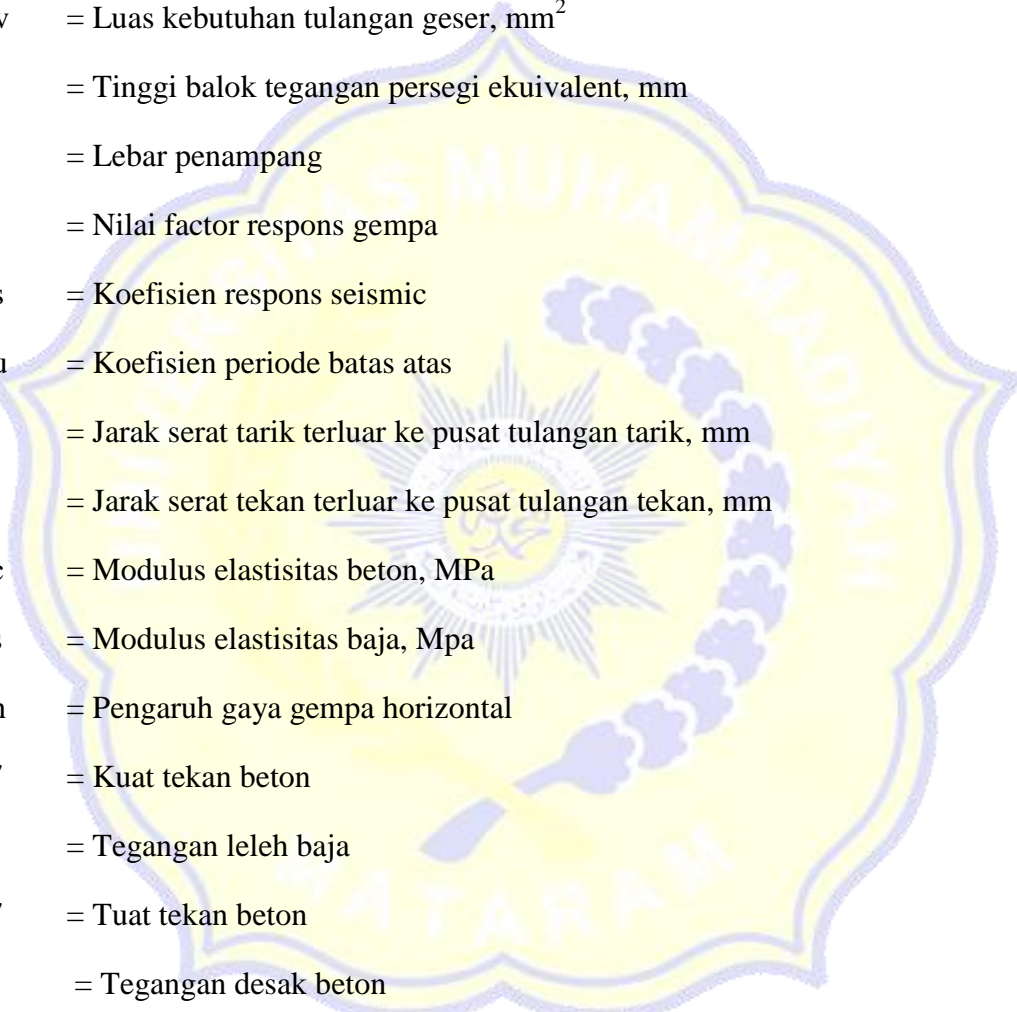
Gambar 4.14 *Diagram batang perbandingan gaya dalam momen (M_3) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2*

Gambar 4.15 *Diagram batang perbandingan gaya dalam kolom persegi dan kolom bulat lantai 2.*

Gambar 4.16 *Diagram batang perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat*



DAFTAR NOTASI



A_s	= Luas tulangan tarik
A_s	= Luas kebutuhan tulangan tekan, mm^2
A_g	= Luas bruto penampang, mm^2
A_v	= Luas kebutuhan tulangan geser, mm^2
a	= Tinggi balok tegangan persegi ekuivalent, mm
b	= Lebar penampang
c	= Nilai factor respons gempa
C_s	= Koefisien respons seismic
C_u	= Koefisien periode batas atas
d_s	= Jarak serat tarik terluar ke pusat tulangan tarik, mm
d'	= Jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
E_c	= Modulus elastisitas beton, MPa
E_s	= Modulus elastisitas baja, Mpa
E_h	= Pengaruh gaya gempa horizontal
f_c'	= Kuat tekan beton
f_y	= Tegangan leleh baja
f_c'	= Tuat tekan beton
f_s'	= Tegangan desak beton
f_yh	= Kuat leleh tulangan geser
F_i	= Beban gempa horizontal pada lantai
F_a	= Koefisien situs untuk periode pendek 0,2 detik
h	= Tinggi penampang, mm
h_i	= Ketinggian lantai pada tingkat i

H	=	Tebal lapisan tanah dinyatakan dalam meter
I	=	Momen inersia
I	=	Faktor keutamaan gedung
I _g	=	Momen inersia penampang bruto beton
k	=	Faktor tekuk
l _u	=	panjang bentang bersih, mm
M _n	=	Kuat lentur normal
M _u	=	Kuat lentur ultimate
n	=	Jumlah tulangan
P _u	=	Kuat tekan ultimate
P _n	=	Kuat tekan nominal
R	=	Faktor reduksi gempa
S ₁	=	Parameter percepatan respons spectra MCE periode 1 detik, redaman
S _s	=	Parameter percepatan respons spectral MCE periode pendek, redaman
SDS	=	Parameter percepatan respons spectral periode pendek redaman 5%
S	=	Jarak tulangan
S _{min}	=	Jarak tulangan minimum
S _{max}	=	Jarak tulangan maksimum
T _a	=	Periode pendekatan
T	=	Periode fundamental
V _c	=	Kuat geser nominal yang disumbukan oleh beton, N
V _s	=	Kuat geser nominal yang disumbukan oleh tulangan geser, N
V	=	Kuat geser dasar seismic
V _u	=	Kuat geser ultimate
W _i	=	Berat bangunan pada lantai i

W_t = Berat total bangunan

ΣP_u = Total kuat tekan ultimit

ρ_{maks} = Rasio tulangan maksimum

ρ_{min} = Rasio tulangan minimum

ρ' = Rasio tulangan tekan

ρ = Rasio tulangan tarik non-prategang



Abstrak

Hotel Golden Tulip dibangun dengan menggunakan struktur beton bertulang dengan kolom persegi, hotel ini berdiri setinggi 11 lantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan struktur antara kolom persegi dan kolom bulat terhadap gaya-gaya dalam kolom, hal ini untuk mengetahui perbedaan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat, serta mengetahui kolom yang lebih efisien antara kolom persegi dan kolom bulat. Metode penelitian ini menggunakan studi perbandingan Struktur Hotel Golden Tulip Mataram dengan data perencanaan struktur meliputi; perencanaan plat, perencanaan balok dan perencanaan kolom. Perancangan dimulai dengan mendimensi seluruh elemen struktur, kemudian dilakukan perhitungan pembebanan dengan analisis statika menggunakan SAP 2000 V.14. Perbandingan analisis dilakukan antara struktur dengan kolom persegi dan kolom bulat.

Berdasarkan analisis perbandingan gaya-gaya dalam dan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran, kolom persegi mempunyai gaya dalam yang lebih besar dibandingkan kolom bulat/lingkaran, dimana didapatkan gaya dalam maksimal Aksial (P) = 6798.400 kN, Geser (V_2) = 405.167 kN, Geser (V_3) = 109.887 kN, Momen (M_2) = 352.370 kN, Momen (M_3) = 1348.274 kN, sedangkan kolom Bulat. Aksial (P) = 6391.485 kN, Geser (V_2) = 157.345 kN, Geser (V_3) = 79.753 kN, Momen (M_2) = 260.742 kN, Momen (M_3) = 509.793 kN, dari hasil analisa gaya dalam tersebut dengan persentase yang didapatkan kolom bulat lebih kecil $\pm 37\%$ dari kolom persegi. Berdasarkan jumlah tulangan kolom bulat/lingkaran mempunyai jumlah tulangan yang lebih kecil dibandingkan kolom persegi, dengan persentase tulangan $\pm 53\%$. Berdasarkan perbandingan luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi. Berdasarkan perbandingan gaya-gaya dalam kolom dan jumlah tulangan dapat disimpulkan bahwa kolom bulat merupakan kolom yang lebih efisien dibandingkan kolom persegi.

Kata Kunci : Kolom Persegi, Kolom Bulat, Perbandingan kolom.

Abstract

The Golden Tulip Hotel is built using a reinforced concrete structure with square columns. The hotel stands 11 floors tall. This study aimed to determine the comparison of the structure between square and round columns to the style in the column. This study is also to determine the difference in the amount of reinforcement of square and round columns. Also, this is to know which column is more efficient between square and round columns. This research used a comparative study of the Golden Tulip Mataram Hotel Structure with structural planning data, including; plate planning, beam planning, and column planning. The design began with dimensions of all structural elements. Then the loading calculation is done with static analysis using SAP 2000 V.14. A comparison analysis was performed between structures with square and round columns. Based on the comparative analysis of internal forces and the amount of reinforcement of square columns and round columns, square columns have an inner force that is greater than round columns. The maximum axial force (P) = 6798,400 kN, Shift (V2) = 405,167 kN, Shift (V3) = 109,887 kN, Moment (M2) = 352,370 kN, Moment (M3) = 1348,274 kN, while the column is Round. Axial (P) = 6391,485 kN, Shift (V2) = 157,345 kN, Shift (V3) = 79,753 kN, Moment (M2) = 260,742 kN, Moment (M3) = 509,793 kN. Based on the results of the internal force analysis with the percentage obtained Round column is $\pm 37\%$ smaller than the square column. Based on the amount of reinforcement, round columns have a smaller number of reinforcement than square columns, with a percentage of $\pm 53\%$. Based on the cross-sectional area (A_g) ratio of round column = cross-sectional area (A_g) of the square column. Based on the comparison of the forces in the column and the amount of reinforcement, it can be concluded that round columns are more efficient than square columns.

Keywords: Square Column, Round Column, Column Comparison.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
LABORATORIUM BAHASA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

Moh. Fauzi Hafid M.Pd

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di segala bidang pada suatu daerah atau wilayah terus menerus berjalan sesuai dengan tuntutan masa. Di Nusa Tenggara Barat, banyak sekali ditemukan bangunan bertingkat salah satunya di Kota Mataram hingga pinggir pantai sekalipun. Dengan berlandaskan Pulau Lombok yang dapat dikategorikan sebagai daerah yang memiliki kawasan wisata yang cukup indah dan menarik tidak menuntut kemungkinan akan di bangun gedung-gedung bertingkat guna melayani kebutuhan parawisata dan meningkatkan perekonomian daerah setempat.

Pada umumnya suatu perencanaan struktur di Indonesia terutama gedung bertingkat seperti hotel, gedung perkantoran, gedung sekolah, dan lain sebagainya, menggunakan kolom persegi untuk menahan kekuatan balok-balok utamanya. Jarang sekali kita temukan pemakaian kolom bulat sebagai kolom utama dari sebuah struktur gedung bertingkat. Namun dalam beberapa kondisi, ada juga bangunan yang menggunakan kolom bulat sebagai struktur utamanya. Berbagai macam desain kolom persegi yang digunakan, menggunakan dimensi yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi bangunan dan beban yang dipikul pada bangunan tersebut. akan tetapi terdapat beberapa bangunan gedung yang menggunakan desain kolom bulat atau lingkaran.

Adanya perbedaan yang mendasar dari desain kolom persegi dan kolom bulat/ lingkaran dimana kolom bulat yang berpenampang spiral lebih efektif dibandingkan dengan sengkang persegi dalam hal ini meningkatkan kekuatan kolom (Jack C McCormac, 2003:278). Selain itu kolom bulat berpenampang spiral mempunyai jarak sengkang yang berdekatan dibandingkan kolom persegi yang mempunyai bentuk sengkang tunggal dengan jarak antara yang relatif besar, sehingga adanya spiral ini mempengaruhi baik beban batas maupun keruntuhan dibandingkan dengan

kolom yang sama tetapi memakai sengkang, sehingga akan berpengaruh pada hasil perbandingan keduanya nanti. Dalam penelitian ini dilakukan sebuah studi perbandingan desain kolom persegi terhadap kolom bulat/lingkaran pada Struktur Gedung Hotel Golden Tulip. Dengan adanya interaksi gaya-gaya dalam yang bekerja menyebabkan perhitungan kolom menjadi lebih rumit dan diperlukan waktu yang relatif lama jika dilakukan secara manual, terlebih dalam menganalisa kolom persegi dan kolom bulat. Sehingga untuk mempermudah proses analisa desain kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran maka menggunakan bantuan aplikasi SAP 2000 V.14.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam perencanaan ini dapat di simpulkan sebagai berikut:

- a. Bagaimana perbandingan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran terhadap gaya-gaya dalam kolom?
- b. Bagaimana perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan perencanaan dalam studi kasus ini adalah:

- a. Dalam membandingkan gedung Hotel Golden Tulip dengan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran, berdasarkan pada luasan kolom yang relatif sama.
- b. Perencanaan gedung Hotel Golden Tulip meliputi perencanaan pelat, balok, dan kolom.
- c. Perbandingan analisa kolom menggunakan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran.
- d. Perhitungan Analisa struktur menggunakan program SAP 2000 V.14
- e. Pembebanan di hitung berdasarkan SNI 1727-2013, untuk perencanaan struktur beton berdasarkan SNI 2847-2013, dan analisa pengaruh gempa berdasarkan SNI 1726-2012.

1.4. Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah :

- a. Mengetahui perbandingan gaya dalam dan penulangan struktur antara kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran.
- b. Mengetahui keefisiensi penggunaan tulangan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran.

1.5. Manfaat Perencanaan

Manfaat yang bisa didapatkan dari perencanaan ini yaitu mengetahui perencanaan struktur kolom yang lebih efisien dan antara kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran yang ditinjau dari beberapa aspek seperti jumlah tulangan, dan pengaruhnya terhadap gaya-gaya dalam kolom.



BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh. (Sudarmoko,1996)

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka atau frame struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan (*collapse*) atau runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh strukturnya. (Edward G.Nawy, 1998:306). SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Komponen struktur tekan yang memikul beban aksial murni jarang ditemui, karena struktur beton merupakan struktur yang terdiri dari elemen-elemen struktur yang menyatu dengan sambungan yang kaku. Hampir semua kolom memikul momen lentur disamping gaya tekan aksial. Momen lentur yang bekerja pada satu sumbu utama penampang disebut uniaksial dan momen lentur yang bekerja pada kedua sumbu penampangnya disebut lentur biaksial. (ITB, 1997).

Kolom-kolom yang mengalami momen lentur dua arah atau momen lentur biaksial tidak akan selalu terjadi pada kolom-kolom pojok, tetapi

dapat terjadi pula pada kolom-kolom sebelah dalam, khususnya pada tata letak kolom yang tidak teratur dan dalam berbagai strukturnya, begitu pula kolom yang mengalami momen lentur satu arah tidak hanya terjadi pada kolom pojok saja, tetapi juga terjadi pada kolom sebelah dalam. (G. Winter dan AH. Nilson, 1993)

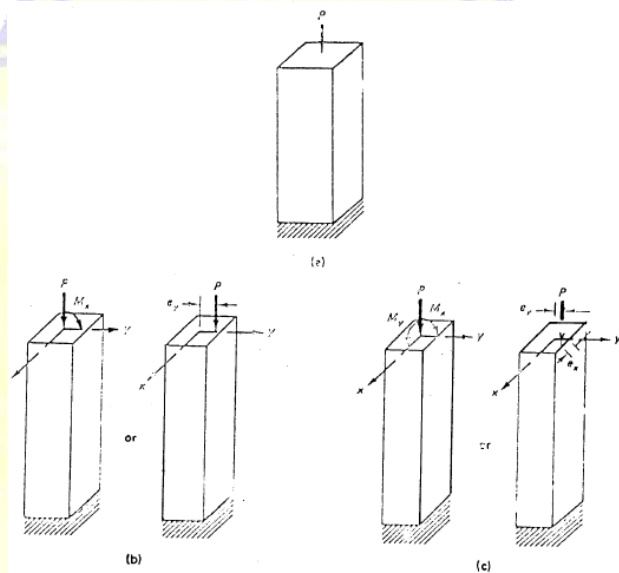
Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya. Kesimpulannya, sebuah bangunan akan aman dari kerusakan bila besar dan jenis pondasinya sesuai dengan perhitungan. Namun, kondisi tanah pun harus benar-benar sudah mampu menerima beban dari pondasi. Kolom menerima beban dan meneruskannya ke pondasi. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan. (Schodek, Daniel.,1999)

2.2. Jenis-Jenis Kolom

Kolom beton bertulang biasanya terdiri dari baja tulangan longitudinal dan ditunjukkan oleh macam dari penguatan lateral tulangan yang diberikan. Secara umum kolom dapat di klasifikasikan menjadi beberapa kategori di antaranya yaitu :

a. Berdasarkan beban yang bekerja

1. Kolom dengan beban aksial, beban kolom dianggap bekerja melalui pusat penampang kolom, seperti pada Gambar 2.1(a).
2. Kolom dengan beban sentris, beban kolom dianggap bekerja sejarak e dari pusat penampang kolom. Jarak e dapat di ukur terhadap sumbu x atau y , yang menimbulkan momen terhadap sumbu x atau y seperti pada Gambar 2.1 (b) dan Gambar 2.1(c).
3. Kolom dengan beban biaksial, beban bekerja pada sembarang titik pada penampang kolom, sehingga menimbulkan momen terhadap sumbu x atau y secara simultan, seperti pada Gambar 2.1(c).

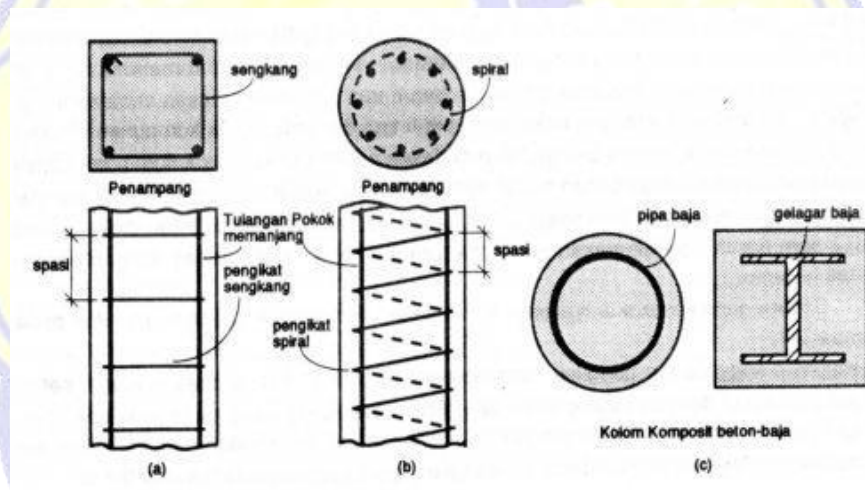


Gambar 2.1 Jenis kolom berdasarkan posisi beban pada penampang melintang : (a) Kolom dengan beban aksial, (b) Beban aksial dengan momen satu sumbu, (c) Beban aksial ditambah momen dua sumbu (Sumber : Edward G. Nawy, 1998 hal : 309)

b. Berdasarkan panjang kolom

1. Kolom pendek yaitu jenis kolom yang keruntuhannya diakibatkan oleh hancurnya beton atau lelehnya tulangan baja di bawah kapasitas ultimit dari kolom tersebut.
2. Kolom panjang, yaitu jenis kolom yang dalam perencanaannya haru memperhitungkan rasio kelangsingan dan efek tekuk, sehingga kapasitasnya berkurang dibandingkan dengan kolom pendek.

3. Berdasarkan bentuk penampangnya diantaranya : kolom berbentuk bujur sangkar, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, segi delapan dan bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi.
- c. Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan.
1. Kolom dengan sengkang persegi yang mengikat tulangan memanjang atau vertikal dari kolom, dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom. Seperti pada Gambar 2.2(a).
 2. Kolom dengan sengkang spiral untuk mengikat tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom. Tulangan sengkang pada kolom baik sengkang persegi maupun spiral berfungsi untuk mencegah tekuk pada tulangan memanjang dan mencegah pecahnya selimut beton akibat beban tekan yang besar. Seperti pada Gambar 2.2(b).



Gambar 2.2 (a) Kolom persegi dengan sengkang persegi, (b) Kolom bundar dengan sengkang spiral, (c) Kolom komposit (Sumber : Agus Setiawan, 2016 hal : 145).

- d. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan ataupun juga dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang kekangan dalam arah lateral untuk struktur beton dapat diberikan oleh dinding geser. Pada portal tak bergoyang kolom memikul beban gravitasi dan dinding geser memikul beban lateral. Pada portal bergoyang kolom memikul beban gravitasi dan beban lateral.

- e. Berdasarkan materialnya kolom dapat berupa kolom beton bertulang biasa, kolom prategang atau kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja). Kolom beton bertulang dengan tulangan memanjang berupa tulangan baja merupakan bentuk kolom yang paling umum di jumpai pada struktur bangunan gedung.

2.3. Sarat-Sarat Kolom

2.3.1. Kolom Dengan Sengkang

- a. Apabila ukuran melintang minimum kolom tidak ditentukan lain oleh pembatasan tulangan, maka dalam segala hal kolom struktural dengan sengkang tidak boleh mempunyai ukuran melintang kurang dari 15 cm.
- b. Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil kurang dari 1 % dari luas penampang beton, dengan minimum 1 batang tulangan di masing-masing sudut penampang. Apabila ukuran penampang kolom adalah lebih besar dari pada yang diperlukan untuk memikul beban, maka untuk menentukan luas tulangan minimum diatas, sebagai penampang beton dapat diambil penampang beton yang benar-benar diperlukan dengan minimum seluas setengah dari penampang beton yang ada. Diameter (diameter pengenal) batang tulangan memanjang tidak boleh diambil kurang dari 12 mm.
- c. Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil lebih dari 6% dari luas penampang beton yang ada. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek maka luas tulangan Kolom memanjang maksimum sedapat mungkin dibatasi sampai 4% dari luas penampang beton yang ada.
- d. Tulangan kolom harus sedapat mungkin harus dipasang simetris terhadap masing-masing sumbu utama penampang. Pada kolom-kolom yang memikul gaya normal dengan eksentrisitas terhadap titik berat penampang kurang dari 1/10 dari ukuran di arah eksentrisitas itu,

tulangan memanjangnya harus disebar merata sepanjang keliling teras kolom.

- e. Tulangan memanjang kolom senantiasa harus diikat oleh sengkang-sengkang dengan jarak minimum sebesar ukuran terkecil penampang, 15 kali diameter (diameter pengenalan) batang tulangan memanjang terkecil atau 30 cm. Apabila oleh alasan-alasan praktis sengkang-sengkang tidak dapat dipasang (misalnya pada persilangan-persilangan), maka pengikatan tulangan memanjang harus dilakukan dengan cara-cara lain. Diameter batang sengkang tidak boleh diambil kurang dari $\frac{1}{4}$ diameter (diameter pengenalan) batang tulangan memanjang yang terbesar dengan minimum 6 mm pada jenis baja lunak dan 5 mm pada jenis baja keras.
- f. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek, maka ujung-ujung batang tidak boleh diberi kait, kecuali apabila ditempat itu tersedia cukup ruang hingga kemungkinan terjadinya sarang-sarang kerikil dianggap tidak ada. (*SNI 03-2847-2002 Pasal 9.10*).

2.3.2. Kolom Dengan Lilitan Spiral

- a. Apabila ukuran melintang minimum kolom tidak ditentukan selain oleh pembatasan tulangan, maka dalam segala hal kolom struktural dengan lilitan spiral tidak boleh mempunyai ukuran penampang kurang dari 17 cm.
- b. Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil kurang dari 1% dari luas penampang teras beton, dengan minimum 6 buah batang tulangan. Diameter (diameter pengenalan) tulangan memanjang tidak boleh diambil kurang dari 10 mm.
- c. Jarak bersih antar tulangan spiral tidak boleh melebihi 75 mm dan juga tidak kurang dari 25 mm.
- d. Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil lebih dari 6% dari luas penampang beton yang ada. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan

- pada stek maka luas tulangan memanjang maksimum sedapat mungkin dibatasi sampai 4% dari luas penampang beton yang ada.
- e. Penampang teras beton yang dikurung oleh lilitan spiral senantiasa harus berbentuk bulat. Bentuk luar dari penampang, kecuali bulat dapat juga bujur sangkar, segi delapan, segi enam dan lain-lain. Tulangan memanjang harus disebar merata sepanjang keliling teras beton.
 - f. Jika lilitan spiral tidak boleh diambil lebih dari $\frac{1}{5}$ dari diameter teras beton atau 7,5 cm dan tidak boleh diambil kurang dari diameter batang spiral ditambah 2,5 cm. Diameter batang spiral tidak boleh diambil kurang dari $\frac{1}{4}$ diameter (diameter pengenal) batang tulangan memanjang yang terbesar dengan minimum 6 mm pada jenis baja lunak dan baja sedang dan 5 mm pada jenis baja keras. Sambungan dari batang spiral harus berupa sambungan lewatan dengan jarak minimum sebesar setengah lilitan, kemudian membengkok kedua ujung batang spiral 90° kedalam sepanjang setengah diameter teras beton.
 - g. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek, maka ujung-ujung batang tidak boleh diberi kait, kecuali apabila ditempat itu tersedia cukup ruang hingga kemungkinan terjadinya sarang-sarang kerikil dianggap tidak ada. (SNI 03-2847-2002 Pasal 9.10).

2.4. Analisa Pembebanan

2.4.1. Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Dalam perencanaan Hotel Golden Tulip ini digunakan beberapa acuan standar pembebanan sebagai berikut :

- a. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. (SNI-1727-2013)
- b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. (SNI-1726-2012)

2.4.2. Kereteria Pembebanan

Dalam perencanaan struktur gedung harus diperhitungkan beban-beban yang berkerja diatasnya. Berdasarkan SNI-1727-2013 dan SNI-1726-2012, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap kombinasi dari beban-beban terdapat dalam berikut:

Tabel 2.1 Bahan Bangunan

No	Bahan Bangunan	Beban	Satuan
1	Baja	7850	Kg/m ³
2	Batu alam	2600	Kg/m ³
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500	Kg/m ³
4	Batu karang (berat tumpuk)	700	Kg/m ³
5	Batu pecah	1450	Kg/m ³
6	Besi tuang	7250	Kg/m ³
7	Beton (1)	2200	Kg/m ³
8	Beton bertulang (2)	2400	Kg/m ³
9	Kayu kelas 1 (3)	1000	Kg/m ³
10	Kerikil, koral (kering udara-lembab, tanpa ayak)	1650	Kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1700	Kg/m ³
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200	Kg/m ³
13	Pasangn batu cetak	2200	Kg/m ³
14	Pasangan batu karang	1450	Kg/m ³
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m ³
16	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1800	Kg/m ³
17	Pasir (jenuh air)	1850	Kg/m ³
18	Tanah, lampung, lanau (kering udara-lembab)	1700	Kg/m ³
19	Tanah lampung dan lanau (basah)	2000	Kg/m ³
20	Timah hitam (timbel)	11400	Kg/m ³

(Sumber : SNI-1727-1989, Perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung)

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Gedung

No	Komponen Gedung	Beban	Satuan
1	Adukan per cm tebal : ▪ Dari semen ▪ Dari kapur, semen merah atau tras	21 17	Kg/m ²
2	Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14	Kg/m ²
3	Dinding pasangan bata merah : ▪ Satu bata ▪ Setengah batu	450 250	Kg/m ²
4	Dinding pasangan batako ▪ Berlubang ▪ Tebal dinding 20 cm (HB 20) ▪ Tebal dinding 10 cm (HB 10) ▪ Tanpa lubang ▪ Tebal dinding 15 cm ▪ Tebal dinding 10 cm	200 120 200 300	Kg/m ²
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku). Terpadu dari : ▪ Semen asbes (eternity dan bahansejenis), dengan tebal maksimum 4mm ▪ Kaca dengan tebal 3-4 mm	11 10	Kg/m ²
6	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan batang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	40	Kg/m ²
7	Penutup atap genteng dengan reng dan rusuk atau kaso per m ² bidang atap	50	Kg/m ²
8	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk atau kaso per m ² bidang atap	40	Kg/m ²
9	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gording	10	Kg/m ²
10	Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton tanpa adukan per cm tebal	24	Kg/m ²
11	Semen asbes gelombang (tebal 5mm)	11	Kg/m ²

(Sumber : SNI-1727-1989, Perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung)

2.4.2.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri dari semua bangunan suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, alat atau mesin merupakan bagian yang tidak pernah dipisahkan dengan bangunan.

a. Beban mati akibat berat sendiri bahan bangunan

Berat sendiri bahan bangunan adalah berat dasar dari masing-masing bahan yang digunakan dalam pengerjaan suatu struktur, adapun

beberapa jenis berat sendiri bahan bangunan antara lain dirangkum dalam Tabel 2.1.

b. Beban mati akibat berat sendiri komponen gedung

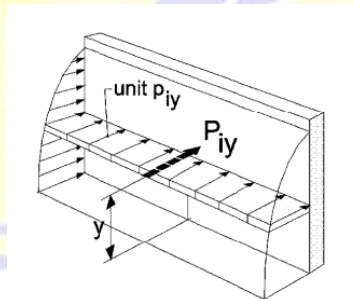
Berat sendiri komponen gedung adalah berat dasar masing-masing komponen yang digunakan dalam pengerjaan suatu struktur, adapun beberapa jenis berat sendiri komponen gedung antara lain dirangkum dalam Tabel 2.2.

c. Beban mati akibat kolam

Pada saat terjadinya guncangan akibat tangki air, maka akan terjadi peningkatan tekanan dasar, dimana dinding penahan air akan menerima tekanan lateral hidrodinamik. Pada perhitungan tekanan hidrodinamik yang terjadi akibat pengaruh goyangan gempa. Besarnya tekanan hidrodinamik yang terjadi merupakan penjumlahan tekanan implusif, tekanan konveksi dan tekanan inersia dinding.

1. Tekanan Hidrodinamik Implusif

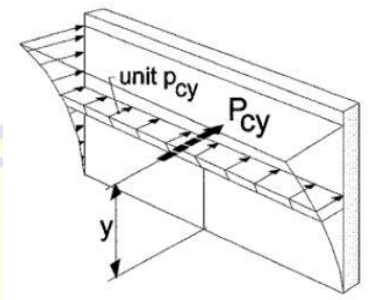
Merupakan tekanan yang terjadi akibat pengaruh pergerakan air pada bangunan bawah yang bergerak bersamaan dengan dinding tangkai. Deskripsi pendistribusian hidrodinamik implusif pada dinding dasar dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Distribusi Tekanan Hidrodinamik Implusif
(Sumber : ACI 350.3-06, *ACI Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures and Commentary*).

2. Tekanan Hidrodinamik Konvektif

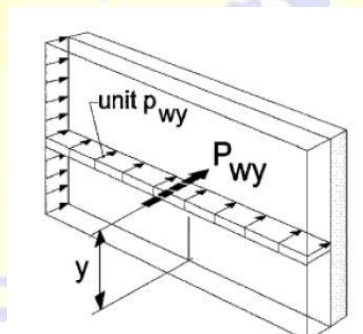
Tekanan Hidrodinamik Konvektif merupakan tekanan yang diakibatkan oleh pergerakan air permukaan yang bergerak dalam periode yang panjang. Deskripsikan pendistribusian hidrodinamik konvektif pada dinding dan dasar dinding dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Distribusi Tekanan Hidrodinamik konvektif
(Sumber : ACI 350.3-06, *ACI Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures and Commentary*)

3. Tekanan akibat inersia dinding

Tekanan akibat inersia dinding akan bereaksi searah dengan gaya gempa yang terjadi, tekanan akibat inersia dinding akan seragam sepanjang dinding dengan ketebalan yang sama. Diskripsi pendistribusian tekanan inersia dinding dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Distribusi Tekanan Inersia Dinding
(Sumber : ACI 350.3-06, *ACI Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures and Commentary*)

Adapun perhitungan tekanan hidrodinamik dalam kolom berdasarkan ACI 350.3-06 (*Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures and Commentary*), antara lain :

- a. Menentukan tinggi air HL , tinggi dinding H_w , panjang bentang kolam B dan L .
- b. Menentukan percepatan respons periode pendek dan periode 1 detik, S_I dan S_s dilihat pada lampiran.
- c. Menentukan klasifikasi situs berdasarkan jenis tanah dan menentukan faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek F_a serta faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik F_v dapat dilihat pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9.
- d. Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{Ds} dan pada periode 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui Persamaan (2.11) dan Persamaan (2.12).
- e. Menentukan faktor kegunaan gedung I melalui Tabel 3.5 dan Tabel 2.6.
- f. Menentukan faktor R_i dan R_c berdasarkan tipe struktur, melalui Tabel 2.3.
- g. Menghitung berat ekuivalen dinding W_w dan berat air W_l
- h. Menghitung berat efektif air mode impulsif W_i dan berat air mode konvektif W_c dengan Persamaan (2.1) dan Persamaan (2.2).

$$W_i = W_l \frac{\tanh\left[\left(0,866\frac{L}{HL}\right)\right]}{0,866\frac{L}{HL}} \quad (2.1)$$

$$W_c = W_l 0,246\left(\frac{L}{HL}\right)\tanh\left[\left(3,16\left(\frac{HL}{L}\right)\right)\right] \quad (2.2)$$

- i. Menghitung tinggi h_w , h_i , dan h_c terhadap titik pusat dinding, komponen impulsif dan komponen konvektif, dihitung dengan persamaan (2.3) dan Persamaan (2.5).

$$h_i = HL. 0,375 \quad (2.3)$$

$$h_c = H \left[1 - \frac{\cosh\left[3,16\left(\frac{HL}{L}\right)\right] - 1}{3,16\left(\frac{HL}{L}\right)\sinh\left(\frac{HL}{L}\right)} \right] L \quad (2.4)$$

$$h_w = \frac{HL}{2} \quad (2.5)$$

- j. Menghitung periode fundamental untuk gaya impulsif T_i dan gaya konvektif T_c dengan Persamaan (2.6) dan (2.7).

$$T_c = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{L} \quad (2.6)$$

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K}} \quad (2.7)$$

- k. Berdasarkan perhitungsn periode pada langkah (j) dan hasil langkah (d). Dihitung parameter C_i (S_{DS}) dan C_c dihitung dengan persamaan (2.8) dan persamaan (2.9).

$$C_c = 6 \left(\frac{0,4S_{DS}}{T_c^2} \right) \quad (2.8)$$

$$C_i = S_{DS} \quad (2.9)$$

Menghitung total lateral impulsif P konvektif P_c dan tekanan pada dinding dihitung dengan Persamaan (2.10) sampai dengan Persamaan(2.12).

$$P_w = \frac{C_i . I}{R_i} W_{w_{perp}} \quad (2.10)$$

$$P_i = \frac{C_i . I}{R_i} W_i \quad (2.11)$$

$$P_c = \frac{C_c . I}{R_c} W_c \quad (2.12)$$

1. Menghitung tekanan impulsif P_{iy} konvektif dan akibat inersia dinding dihitung dengan persamaan (2.13) sampai dengan Persamaan (2.15).

$$P_{iy} = \frac{P_i}{2} \left[\frac{4HL - 6hi - (6HL - 12hi) \left(\frac{y}{HL} \right)}{H^2 L} \right] / B \quad (2.13)$$

$$P_{cy} = \frac{P_c}{2} \left(\frac{4HL - 6hc + (6HL - 12hc) \left(\frac{y}{HL} \right)}{H^2 L} \right) / B \quad (2.14)$$

$$P_{wy} = \frac{P_w}{2(B+tw)HL} \quad (2.15)$$

Tabel 2.3 Respons Modifikasi Faktor

Type of structure	Ri		Rc
	On or above grade	Buried*	
Anchored, flexible base tanks	3,25	3,25	1,0
Fixed or hinged base tanks	2,0	3,0	1,0
Unanchored, contained, or uncontained tanks	1,5	2,0	1,0
Pedestal mounted tanks	2,0	-	1,0

(Sumber : ACI 350.3-06, *ACI Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures and Commentary*)

2.4.2.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam pembebanan pelat lantai atau atap.

2.4.2.3. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi yang mempengaruhi struktur tersebut. Adapun beberapa metode analisis pengaruh gaya gempa yang umumnya digunakan terhadap suatu struktur antara lain metode statik ekuivalen, *response spectrum* dan *time history*.

Tabel 2.4 Beban Hidup pada Lantai Gedung

No	Lantai Gedung	Beban	Satuan
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam no.2	200	Kg/m ²
2	Lantai tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik atau bengkel	125	Kg/m ²
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, took, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250	Kg/m ²
4	Lantai ruang olahraga	400	Kg/m ²
5	Lantai dansa	500	Kg/m ²
6	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari yang disebut dalam no 1 s/d 5, seperti masjid, gereja, ruang pergelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung dengan tempat duduk tetap	400	Kg/m ²
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500	Kg/m ²
8	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no.3	300	Kg/m ²
9	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam nomor 4,5,6 dan 7	500	Kg/m ²
10	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam no 3,4,5,6 dan 7	250	Kg/m ²
11	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, took buku, took besi, rumah alat-alat dan ruang mesin harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri dengan minimum	400	Kg/m ²
12	Lantai gudang parkir bertingkat : <ul style="list-style-type: none">▪ Untuk lantai bawah▪ Untuk lantai tingkat lainnya	800 400	Kg/m ²
13	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai yang berbatasan dengan minimum	300	Kg/m ²

(Sumber : Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung)

a. Kategori Resiko

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.5 pangaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaa I_e menurut Tabel 2.6. Khusus untuk bangunan struktur dengan kategori resiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori resiko IV.

Tabel 2.5 *Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Gempa*

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan ▪ Fasilitas sementara ▪ Gudang penyimpanan 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,II,III dan IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perumahan : rumah toko dan rumah kantor ▪ Pasar ▪ Gedung perkantoran ▪ Gedung apartemen atau rumah susun ▪ Pusat perbelanjaan ▪ Bangunan industri ▪ Fasilitas manufaktur pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioskop ▪ Gedung pertemuan ▪ Stadion ▪ Fasilitas kesehatan yang memiliki unit bedah dan unit gawat darurat ▪ Fasilitas penitipan anak ▪ Penjara ▪ Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pusat pembangkit listrik biasa ▪ Fasilitas penanganan air ▪ Fasilitas penanganan limbah ▪ Pusat telekomunikasi 	III

<p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses pananganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang ▪ Dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran 	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bahan bangunan monumental ▪ Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan ▪ Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat ▪ Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat ▪ Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya ▪ Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat ▪ Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau mineral atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	IV
<p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV</p>	

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Tabel 2.6 Faktor keutamaan gempa (I_e)

Kategori Resiko	Paktor Keutamaan Gempa
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Tabel 2.7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/dt)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 s/d 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 s/d 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 s/d 350	15 s/d 50	50 s/d 100
	< 175	< 15	< 50

SE (tanah lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Indeks plastisitas, $PI > 20$ ▪ Kadar air, $w \geq 40\%$ ▪ Kuat geser niralir $S_u \ll 25$ kPa
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh ▪ Lempung sangat organik dan atau gambut ($H > 3m$) ▪ Lempung berplastisitas sangat tinggi ($PI > 75$) ▪ Lapisan lempung lunak ($S_u < 50$ kPa)

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

b. Parameter percepatan perpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 250 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 < 0,04g$ dan $S_s < 0,15g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A. Nilai S_1 dan S_s dapat dilihat pada lampiran.

c. Klasifikasi situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs diklasifikasikan sebagai kelas situs SA , SB , SD , SE dan SF . Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF . Profil tanah di situs harus di klasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.7 berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

d. Menentukan koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter percepatan respon spektral percepatan gempa.

Untuk menentukan respon spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplikasi seismik pada periode

0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplikasi meliputi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter percepatan spektrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode pendek ($SM1$) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan dengan Persamaan (2.16) dan Persamaan (2.17).

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2.16)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.17)$$

Sedangkan koefisien F_a dan F_v mengikuti Tabel 2.8 dan 2.9

e. Menentukan parameter percepatan spektral

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui Persamaan (2.18) dan Persamaan (2.19).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (2.18)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (2.19)$$

Tabel 2.8 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S_s^b				

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Untuk nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

S_s^b = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik.

f. Menentukan spektrum respons desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 2.6 dan mengikuti ketentuan dibawah ini :

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari Persamaan (2.20).

$$S_a = (0,4 + 0,6\frac{T}{T_0}) \quad (2.20)$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} Untuk periode lebih besar dari T_s spektrum respons percepatan desain S_a diambil berdasarkan Persamaan (2.21).

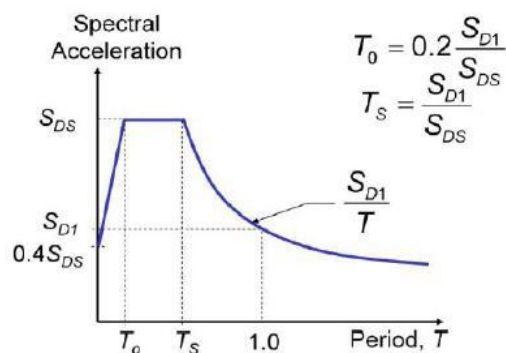
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.21)$$

Untuk parameter periode respons ditentukan melalui Persamaan (2.22) dan Persamaan (2.23).

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.22)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.23)$$

Modal Response Spectrum Analysis



Gambar 2.6 Spektrum Respons Desain (Sumber : Indiarjo, 2013)

g. Menentukan kategori desain seismik (A-D)

Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,

S_1 , lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.

Struktur yang kategori resiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, $S_1 < 0,75$, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{Ds} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.10 atau 2.11, dimana berlaku ketentuan berikut :

1. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan periode fundamental struktur, T_a adalah kurang dari $0,8T_s$.
2. Pada masing-masing dua arah ortogonal, periode fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s .
3. Persamaan 2.25 digunakan untuk menentukan koefisien respon seismik, C_s
4. Diafragma struktural adalah kaku, untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.
5. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R, C_d, Ω_0).

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 2.12. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam Tabel 2.12. Koefisien modifikasi respon yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem Ω_0 , dan koefisien amplikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.12 harus digunakan

dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 2.10 *Kategori Desain Seismik Percepatan Periode Pendek*

Nilai SDS	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{Ds} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{Ds} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{Ds} \leq 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{Ds}$	D	D

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Tabel 2.11 *Kategori Desain Seismik Percepatan Periode 1 Detik*

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

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

6. Gaya Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan berdasarkan dengan Persamaan (2.24).

$$V = C_s \times w \quad (2.24)$$

Untuk perhitungan koefisien respons seismik C_s harus di tentukan sesuai dengan Persamaan (2.25).

$$C_s = \frac{S_{Ds} \times l_e}{R} \quad (2.25)$$

7. Penentuan Periode Fundamental

Periode fundamental struktur T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan T_a yang

ditentukan sesuai dengan persamaan (2.26) sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur T diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a .

Penentuan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dengan Persamaan (2.26).

$$T_a = C_t \times h n^x \quad (2.26)$$

Tabel 2.12 Faktor R, Ca, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons,	Faktor kuat Lebih sistem	Faktor pembesaran defleksi	Batasan sistem dan tinggi struktur hn (M) ^e				
				Kategori Desain				
	R	Ω_0	Cd	B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Sistem Rangka Pemikul Momen								
SRPMK	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMM	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
SRPMBB	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI

Catatan : TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diijinkan

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Tabel 2.13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

TIPE STRUKTUR	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing egosentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Tabel 2.14 Koefisien untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik, D1 S	Koefisien Cu
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

8. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul dimana semua tingkat harus ditentukan dari Persamaan (2.27) dan Persamaan (2.28).

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (2.27)$$

$$= \frac{W_i \times h_i^k}{\sum W_i \times h_i^k} \quad (2.28)$$

Penentuan nilai K ini berdasarkan pada periode (T) dari sistem struktur tersebut. Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, $K = 1$ sedangkan untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau lebih, $K = 2$, dan untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik, K harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x), harus di tentukan dengan

Persamaan (2.29).

$$V_x = \sum_x^n -1^{Fi} \quad (2.29)$$

2.4.2.4. Beban Gempa

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama serta seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai pasal 31 SNI-1727-2013, adapun langkah-langkah untuk menentukan beban angin SPBAU untuk bangunan gedung tertutup, tertutup sebagian, dan serta terbuka dari semua ketinggian adalah sebagai berikut :

a. Menentukan Kategori Resiko Gedung

Menentukan kategori resiko gedung berdasarkan fungsi suatu bangunan, tabel kategori resiko gedung dapat di lihat pada Tabel 2.5.

b. Menentukan kecepatan angin untuk kategori resiko yang didasari oleh data rekaman kecepatan angin dasar maksimum, yang dapat dilihat pada lampiran.

c. Menentukan parameter-parameter beban angin diantaranya :

1. Faktor arah angin

Penentuan faktor kecepatan angin ditentukan berdasarkan tipe struktur yang direncanakan menerima pengaruh beban angin, faktor kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 2.15.

2. Faktor eksposur

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawanan angin didasari pada kekasaran permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas bangunan. Adapun beberapa kategori eksposur menurut SNI-1727-2013 antara lain :

➤ Eksposur B

Eksposur B adalah untuk bangunan gedung dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30ft (9,1m). Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh kekasaran permukaan B (Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau daerah lain dengan penghalang jarak dekat yang banyak memiliki ukuran dari tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar), berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500ft (457 m). Untuk bangunan dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30ft (9,1 m), eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan Eksposur B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, kemudian dipilih yang terbesar.

➤ Eksposur C berlaku untuk semua kasus bilamana Eksposur B atau D tidak berlaku.

➤ Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, yang ditentukan oleh kekasaran permukaan D (area datar, area tidak terhalang dan permukaan air. Kategori ini berisi lumpur halus, padang garam, dan es tak terputus), berlaku di arah

lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000ft (1.524 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

Tabel 2.15 *Faktor Arah Angin*

Tipe struktur	Faktor arah angin Kd*
1. Bangunan gedung ➤ Sistem penahan beban angin utama ➤ Komponen dan klading bangun gedung	0,85 0,85
2. Cerobong	0,85
3. Cerobong asap, tangki dan struktur yang sama ➤ Segi empat ➤ Segi enam ➤ Bundar	0,9 0,95 0,95
4. Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame ➤ Pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
5. Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
6. Rangka batang menara	0,85
7. Segi tiga, segi empat, persegi panjang, dan Penampang lainnya	0,95

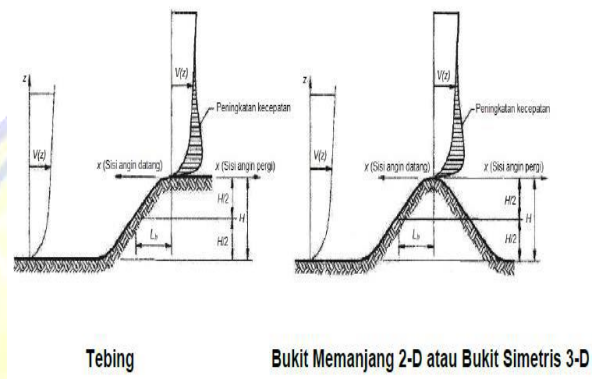
(Sumber : SNI-1727-2013 *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan*)

3. Faktor topografi

Pada faktor topografi ini mempunyai Efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan mendadak dalam topografi, terletak pada setiap kategori eksposur, harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin bila kondisi bangunan gedung dan kondisi lokasi struktur memenuhi kondisi berikut :

- Bukit, bukit memanjang atau tebing curam yang terisolasi dan tidak terhalang oleh angin arah vertikal ke atas dan oleh pengaruh topografi serupa dari ketinggian yang setara untuk 100 kali tinggi fitur topografi (100H) atau 2 mil (3,22 m), dipilih yang terkecil. Jarak ini harus di ukur horizontal dari titik dimana tinggi H pada bukit, punggung bukit, atau tebing yang ditentukan.

- Bukit, bukit memanjang atau tebing curam yang menonjol diatas ketinggian fitur dataran arah vertikal ke atas antara radius 2 mil (3,22 m) untuk setiap kuadran dengan faktor dua atau lebih.
- Struktur yang berlokasi seperti terlihat pada Gambar 2.7 pada setengah bagian ke atas dari bukit atau punggung bukit atau dekat puncak tebing.



Gambar 2.7 Pengaruh Bentuk Topografi Terhadap Kecepatan Angin
(Sumber : SNI-1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan)

4. Faktor efek tiupan angin

Faktor efek tiupan angin pada suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil sebesar 0,85.

a. Klasifikasi ketutupan

Klasifikasi ketutupan Adalah jika sebuah bangunan memenuhi defenisi bangunan terbuka dan tertutup sebagian, harus diklasifikasikan sebagai bangunan terbuka Suatu bangunan yang tidak memenuhi defini bangunan terbuka atau tertutup sebagian harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup. Adapun dasar penentuan klasifikasinya antara lain :

- Bangunan gedung tertutup adalah bangunan gedung yang tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka atau bangunan gedung tertutup sebagian.
- Bangunan gedung terbuka adalah bangunan gedung yang memiliki dinding setidaknya 8 persen terbuka.

- Bangunan gedung tertutup sebagian adalah sebuah bangunan yang memenuhi sebuah kondisi sebagai berikut : luas total bukaan di dinding yang menerima tekanan eksternal positif melebihi jumlah dari luas bukaan di keseimbangan amplop bangunan gedung (dinding dan atap) dengan lebih dari 10 persen, dan luas total bukaan dinding yang menerima tekanan eksternal positif melebihi 4 ft.

Tabel 2.16 *Faktor Topografi*

Topographic Multipliers for Exposure C										
h/Lh	K1 Multiplier			x/Lh	K2 Multiplier		z/Lh	K3 Multiplier		
	2-D Ridge	2-D Escarp	3-D Axisym Hill		2-D Ridge	All other case		2-D Ridge	2-D Escarp	3-D Axisym Hill
0,20	0,29	0,17	0,21	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
0,25	0,36	0,21	0,26	0,50	0,88	0,67	0,10	0,74	0,78	0,67
0,30	0,43	0,26	0,32	1,00	0,75	0,33	0,20	0,55	0,61	0,45
0,35	0,51	0,30	0,37	1,50	0,63	0,00	0,30	0,41	0,47	0,30
0,40	0,58	0,34	0,42	2,00	0,50	0,00	0,40	0,30	0,37	0,20
0,45	0,65	0,38	0,47	2,50	0,38	0,00	0,50	0,22	0,29	0,14
0,50	0,72	0,43	0,53	3,00	0,25	0,00	0,60	0,17	0,22	0,09
				3,50	0,13	0,00	0,70	0,12	0,17	0,06
				4,00	0,00	0,00	0,80	0,09	0,14	0,04
							0,90	0,07	0,11	0,03
							1,00	0,05	0,08	0,02
							1,50	0,01	0,02	0,00
							2,00	0,00	0,00	0,00

(Sumber : ASCE,7-10, *Minimum Design Load for Buildings And Other Structures*)

b. Koefisien tekanan eksternal

Koefisien tekanan eksternal harus ditentukan dari Tabel 2.17 berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung yang sudah ditentukan.

c. Menentukan parameter beban angin

Berdasarkan kategori eksposur yang ditentukan, koefisien eksposur tekanan velositas K , harus ditentukan berdasarkan dari Tabel 2.18 untuk situs yang terletak di zona transisi antar kategori eksposur yang dekat terhadap perubahan kekasaran permukaan tanah, diizinkan untuk

menggunakan nilai menengah dari yang tercantum dalam Tabel 2.18 asalkan ditentukan dengan metode analisis rasional yang tercantum dalam literatur yang dikenal.

Tabel 2.17 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Height above ground level, z		Exposure		
Ft	M	B	C	D
0-15	0-4,6	0,57	0,85	1,03
20	6,1	0,62	0,90	1,08
25	7,62	0,66	0,94	1,12
30	9,144	0,70	0,98	1,16
40	12,192	0,76	1,04	1,22
50	15,24	0,81	1,09	1,27
60	18,288	0,85	1,13	1,31
70	21,336	0,89	1,17	1,34
80	24,384	0,93	1,21	1,38
90	27,432	0,96	1,24	1,40
100	30,48	0,99	1,26	1,43
120	36,576	1,04	1,31	1,48
140	42,672	1,09	1,36	1,52
160	48,768	1,13	1,39	1,55
180	54,864	1,17	1,43	1,58
200	60,96	1,2	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,44	1,35	1,59	1,73
350	106,68	1,41	1,64	1,78
400	121,92	1,47	1,69	1,82
450	137,16	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

(Sumber :ASCE, 7-10, *Minimum Design Load for Buildings And Other Structures*)

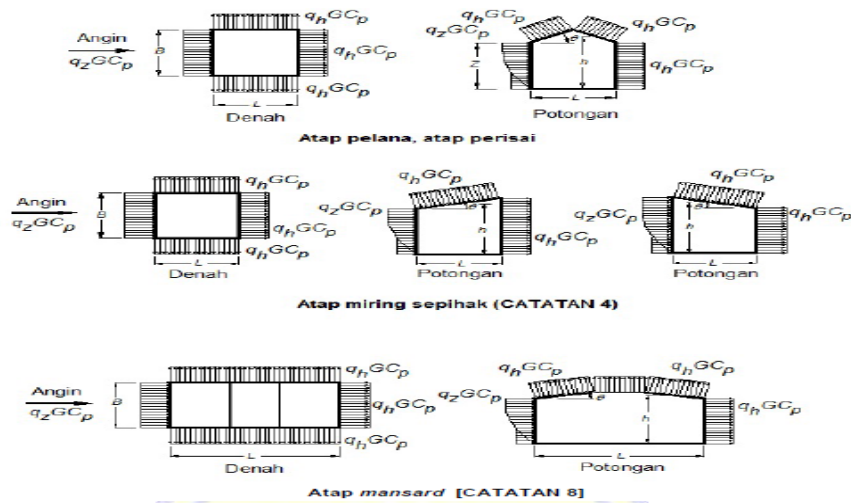
- d. Menentukan tekanan velositas q atau q_h

Tekanan velositas, q_z di evaluasi pada ketinggian z harus dihitung dengan Persamaan (2.30).

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \quad (2.30)$$

- e. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_P atau C_N

Koefisien tekanan internal didapat dengan meninjau permukaan sentuh angin dan perbandingan lebar dengan panjang gedung. Nilai C_P dapat dilihat pada Tabel 2.18.



Gambar 2.8 Distribusi Tekanan Angin Berdasarkan Bentuk dan Kondisi Gedung
(Sumber : SNI-1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan)

Tabel 2.18 Nilai Koefisien Tekanan Dinding

Koefisien tekanan dinding C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding disisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	QZ
Dinding disisi angin pergi	0-1	-0,5	QZ
	2	-0,3	
	≥ 4	-0,2	
Dinding tepi	Seluruh Nilai	-0,7	QZ

(Sumber : SNI-1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan)

f. Perhitungan tekanan angin untuk setiap permukaan gedung

Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gabungan dari semua ketinggian harus ditentukan dengan Persamaan (2.31).

$$p = q_z \cdot G \cdot C_p - q_i \cdot (G C_{pi}) / (N / mm^2) \quad (2.31)$$

dengan :

= q_z dan q_h adalah untuk ketinggian z dan h dari atas permukaan tanah.

$q_i = q_h$ untuk dinding datang, dinding samping, dinding sisi angin pergi dan atap.

2.4.3. Arah Beban Gempa

2.4.3.1. Arah kriteria pembebanan

Arah penerapan beban gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Arah penerapan gaya gempa diizinkan untuk memenuhi persyaratan ini menggunakan prosedur 2.4.3.2 untuk kategori desain seismik B, 2.4.3.3 untuk kategori desain seismik C, dan 2.4.3.4 untuk kategori desain seismik D, E, dan F.

2.4.3.2. Kategori seismik B

Untuk struktur bangunan yang dirancang untuk kategori desain seismik B, gaya gempa desain diizinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing-masing arah dari dua arah ortogonal dan pengaruh interaksi ortogonal diizinkan untuk diabaikan.

2.4.3.3. Kategori seismik C

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang dirancang untuk kategori desain seismik C harus minimum sesuai dengan persyaratan dalam 2.3.3.2, untuk kategori desain seismik B dan persyaratan pasal ini. Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 5 dalam Tabel 10 (SNI-1726-2012) harus menggunakan salah satu dari prosedur berikut :

a. Prosedur kombinasi ortogonal

Adalah struktur yang harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya leteral ekuivalen dalam 7.8 (SNI-1726-2012), prosedur analisis spektrum respons ragam dalam 7.9 (SNI-1726-2012), atau prosedur riwayat *response* linier dalam 11.1 (SNI-1726-2012), seperti diizinkan dalam 7.6 (SNI-1726-2012), dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam semua dua arah ortogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan fondasinya di desain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan 100 persen gaya untuk satu arah ditambah 30 persen gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.

b. Penerapan serentak gerak tanah ortogonal

Adalah struktur yang harus dianalisis menggunakan prosedur riwayat respons linier dalam 11.1 (SNI-1726-2012) atau prosedur riwayat respons nonlinier dalam 11.2 (SNI-1726-2012) seperti diizinkan dalam 7.6 (SNI-1726-2012), dengan pasangan ortogonal riwayat percepatan gerak tanah yang diterapkan secara serentak.

2.4.4. Kombinasi Beban Terfaktor

Kombinasi beban terfaktor adalah kombinasi yang mengacu pada kombinasi pembebanan menurut SNI-1726-2012 komponen elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

- a. $1,4 D$
- b. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- c. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
- d. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- e. $1,2 D + 1,0 E + L$
- f. $0,9 D + 1,0 W$
- g. $0,9 D + 1,0 E$

2.5. Simpangan Antar Lantai Tingkat Ijin

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δ_a) seperti yang terdapat pada tabel 2.20 untuk semua tingkat.

2.6. Faktor reduksi kekuatan

Konsep keamanan lapis kedua adalah reduksi kapasitas teoritik komponen struktur dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan dalam menentukan kekuatan desain. Pemakaian faktor reduksi bertujuan untuk memperhitungkan kemungkinan penyimpangan terhadap kekuatan bahan, pengerjaan, ketidak tepatan ukuran, pengadukan dan pengawasan pelaksanaan. SNI-2847-2013 pasal 9.3.2 memberikan faktor reduksi

kekuatan untuk berbagai mekanisme, beberapa diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Penampang terkendali tarik $\phi = 0,90$
- b. Penampang terkendali tekan, dibagi menjadi dua bagian diantaranya
 - Bertulang spiral $\phi = 0,75$
 - Bertulang lainnya $\phi = 0,65$
- c. Geser dan torsi $\phi = 0,75$
- d. Tumpuan dan beton $\phi = 0,65$
- e. Daerah angkur pasca tarik $\phi = 0,85$

Alternatifnya adalah bila ketentuan alternatif untuk komponen struktur lentur dan tekan beton bertulang dan prategang digunakan, untuk komponen struktur dimana f_y tidak melampaui 420 MPa, dengan tulangan simetris, dan dengan $(d'd'')/h$ tidak kurang dari 0,70, maka nilai ϕ boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,90 seiring dengan berkurangnya nilai ϕP_n dari $0,10f_c A_g$ ke nol. Untuk komponen struktur bertulang lainnya, nilai ϕ boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,90 seiring dengan berkurangnya nilai ϕP_n dari nilai terkecil antara $0,10f_c A_g$ atau ϕP_b ke nol.

Tabel 2.19 Simpangan Antar Lantai Ijin Δa

Struktur	Kategori Resiko		
	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 mengakomodasikan simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,020h_{sx}$

Catatan : h_{sx} adalah tingkat dibawah tingkat x

(Sumber : SNI-1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan)

2.7. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang

2.7.1. Asumsi perencanaan

Dalam menghitung beban terhadap beban lentur atau aksial atau kombinasi dari beban lentur dan aksial, menurut (Sudarmoko : 1994), asumsi yang diperlukan dalam perencanaan :

- a. Regangan dalam tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding langsung dengan jarak sumbu netral.
- b. Regangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003.
- c. Tegangan dalam tulangan dibawah kuat leleh yang ditentukan f_y untuk mutu tulangan yang digunakan harus diambil sebesar E_s dikalikan regangan baja. Untuk tegangan yang lebih besar dari regangan yang memberikan f_y tegangan pada tulangan harus dianggap tidak tergantung pada regangan dan sama dengan f_y .
- d. Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam hitungan.
- e. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton dianggap bentuk persegi.
- f. Distribusi tegangan beton persegi ekuivalen didefinisikan sebagai berikut :
 1. Tegangan beton sebesar $0,85f_c$ harus diasumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari serat dengan regangan tekan maksimum.
 2. Jarak c dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
 3. Faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton f_c antara 17 MPa sampai dengan 28 MPa. Untuk kekuatan diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan 7 MPa diatas 28 MPa, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,65 MPa. Ketentuan ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Jika $17 \text{ MPa} \leq f_c \leq 28 \text{ Mpa}$: $\beta_1 = 0,85$

Jika $> 28 \text{ Mpa}$: $\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f'_c - 28)/7$

Tidak boleh kurang dari 0,65.

2.8. Pelat Lantai Konvensional

Pelat beton merupakan suatu permukaan horizontal yang rata pada lantai bangunan, atap, jembatan atau jenis struktur lainnya. Pelat beton di

tumpu oleh dinding, balok, kolom, atau dapat juga terletak langsung di atas tanah. Pada struktur balok-pelat, umumnya balok dan pelat di cor secara bersamaan sehingga menghasilkan satu kesatuan struktur yang monolit. Pada umumnya pelat dalam suatu gedung dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut :

a. Pelat satu arah

Pelat satu arah merupakan pelat yang hanya di tumpu di kedua sisi sehingga akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan, beban yang didistribusikan oleh pelat dalam satu arah yaitu arah tumpuan. Lihat pada Gambar 2.9(a).

b. Pelat rusuk

Pelat rusuk merupakan pelat beton dengan ketebalan 50 hingga 100 mm, yang ditopang dengan sejumlah rusuk dengan jarak beraturan. Rusuk mempunyai lebar minimum 100 mm dan mempunyai tinggi lebih dari 3,5 kali lebar minimumnya. Rusuk ditopang oleh balok induk utama yang langsung menumpu pada kolom. Sistem pelat rusuk cocok digunakan untuk struktur pelat dengan bentang 6-9 m.

c. Pelat dua arah

Pelat dua arah merupakan pelat yang ditopang di keempat sisi, dengan rasio bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari dua. Sistem pelat dua arah dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu :

1. Sistem balok-pelat dua arah

Pada sistem pelat ini beton di tumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat di transfer ke keempat penumpu balok dan selanjutnya beban di transfer ke kolom. Balok akan meningkatkan kekakuan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil. Lihat pada Gambar 2.9 (b).

2. Sistem slab datar (*flat slab*)

Slab datar merupakan sistem struktur pelat beton dua arah yang tidak

memiliki balok penumpu di masing-masing sisinya. Beban pelat ditransfer langsung ke kolom. kolom cenderung akan menimbulkan kegagalan geser pada pelat lihat pada Gambar 2.9 (c), yang dapat dicegah dengan beberapa alternatif diantaranya :

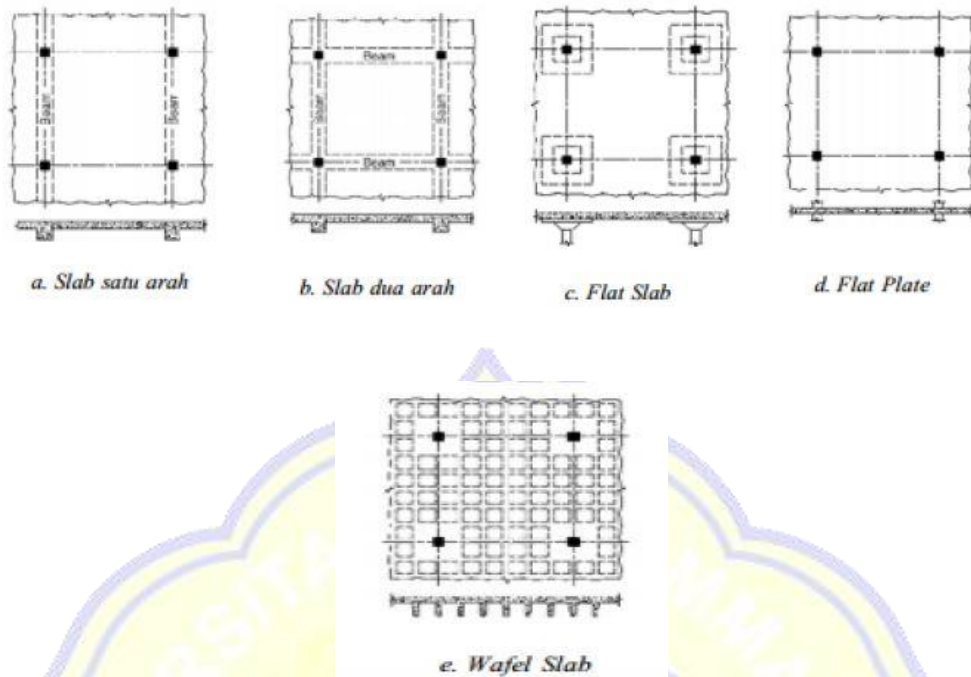
- Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*column capital*)
- Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel disekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
- Menggunakan kepala kolom tanpa adanya penebalan panel, namun hal ini jarang diaplikasikan sistem slab datar digunakan untuk bentang 6-9 m, dengan beban hidup 4-7 kN/m².

3. Sistem pelat datar (*flat plate*)

Sistem pelat ini merupakan pelat yang tertumpu langsung ke kolom tanpa adanya penebalan panel dan kepala kolom. Potensi kegagalan struktur terbesar akan timbul akibat geser pons, yang akan menghasilkan tegangan tarik diagonal. Sebagai akibat tidak adanya penebalan panel dan kepala kolom, maka dibutuhkan ketebalan panel yang lebih besar atau dengan memberikan penulangan ekstra diarea sekitar kolom. Lihat pada Gambar 2.9 (d)

4. Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle*

Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle* merupakan pelat dua arah dengan ketebalan antara 50 hingga 100 mm dan ditumpu oleh rusuk-rusuk dalam dua arah. Tepi-tepi pelat ditopang oleh balok atau dapat juga pelat langsung menumpu pada kolom dengan memberikan penebalan pada pelat disekitar kolom. Sistem pelat ini sering disebut dengan pelat *waffle* lihat pada Gambar 2.9 (e)



Gambar 2.9 Jenis-Jenis Pelat
(Sumber : Agus Setiawan, 2016 hal : 253)

2.8.1. Persyaratan struktural pelat lantai

Dalam proses pembangunan suatu gedung terdapat standar yang menjadi acuan persyaratan, dalam hal ini adalah SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung. Standar ini juga mengatur mengenai syarat konstruksi beton bertulang, didalamnya terdapat beberapa ketentuan yang menjadi pedoman dalam proses analisis dan desain pelat lantai terlepas dari metode apa yang digunakan dalam analisis pelat lantai.

a. Tebal minimum pelat lantai

1. Pelat satu arah

Peraturan SNI-2847-2013 memberikan beberapa batasan dalam desain pelat satu arah :

- Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter.
- Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ Mpa sesuai dengan SNI-2847-2013. harus ditentukan sebagaimana terlihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2.20 *Tebal Minimum Pelat*

Jenis komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Pelat Satu Arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Pelat rusuk	L/16	L/18,5	L/21	L/8

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

Untuk f_y selain 400 MPa, maka nilai dalam tabel 2.21 harus

dikalikan dengan $0,4 + \frac{f_y}{700}$

- Lendutan harus diperkirakan apabila pelat memikul konstruksi yang akan mengalami kerusakan akibat lendutan yang besar. Batas lendutan ditentukan dalam Tabel 2.21.

Tabel 2.21 *Batasan Lendutan Pelat*

Jenis Struktur Pelat	Lendutan yang Diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan sesaat akibat beban hidup (L)	1/180
Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan sesaat akibat beban hidup (L)	1/360
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan sesaat akibat penambahan beban hidup	1/480
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		1/240

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

- Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.

- Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI-2847-2013 Pasal 7.12. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio tulangan terhadap luas bruto penampang beton yang ditunjukkan dalam Tabel 2.22 namun tidak kurang dari 0,0014.

Tabel 2.22 Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau 350 MPa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaringan kawat las dengan mutu $f_y = 420$ Mpa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar $0,35\%$	$0,0018 \times \frac{420}{f_y}$

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

- Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak boleh melebihi 3 kali ketebalan pelat atau tidak boleh lebih dari 450 mm (SNI-2847-2013, Pasal 7.6.5)

2. Pelat dua arah

Dalam SNI-2847-2013 Pasal 9.5.3 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih, karena perhitungan lendutan dari pelat dua arah akan cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

- a. Untuk $0,2 < afm < 2,0$

$$h = \frac{\ell n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(afm - 0,2)} \quad (2.32)$$

- b. Untuk $afm > 2,0$

$$h = \frac{\ell n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2.33)$$

namun tidak kurang dari 90 mm.

c. Untuk $afm < 0,2$

h = ketebalan minimum pelat untuk balok dilihat pada Tabel 2.23

Tabel 2.23 *Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam*

fy (MPa)	Tanpa Penebalan Panel			Dengan Penebalan Panel		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

Tebal minimum pelat tanpa balok dalam seperti ditentukan dalam Tabel 2.23 tidak boleh kurang dari 120 mm (untuk pelat tanpa penebalan panel), atau tidak kurang dari 100 mm (untuk pelat dengan penebalan panel). Dalam SNI-2847-2013 Pasal 9.5.3.3(d) diisyaratkan untuk panel dengan tepi yang tidak menerus, maka balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α yang tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan maksimum yang dihitung dari Persamaan (2.32) dan Persamaan (2.33) harus dinaikkan minimal 10 %.

b. Tulangan pelat

1. Tulangan geser

a. Spasi tulangan geser

Untuk tulangan geser dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur, jarak atau spasi antar tulangnya tidak boleh melebihi 600 mm maupun $d/2$. Dengan d adalah jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal.

b. Luas minimum

Luas minimum untuk tulangan geser mengacu pada SNI-2847-2013 terdapat dalam Persamaan (2.34).

$$\text{Luas minimum} = 0,0062\sqrt{f'c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (2.34)$$

Namun demikian tidak boleh kurang dari $(0,35b_w s)/f_y t$

c. Kuat geser

➤ Kuat geser nominal tulangan

Apabila digunakan tulangan geser tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur maka kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh tulangan seperti terdapat pada persamaan (2.35).

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (3.35)$$

Dengan A_v adalah tulangan geser.

➤ Kuat geser nominal beton

Untuk komponen struktur yang dikenai gaya geser dan lentur saja maka nilai kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh beton seperti terdapat pada persamaan (2.36).

$$= 0,17 \partial \sqrt{f'c} b_w \cdot d \quad (2.36)$$

Dengan nilai ∂ adalah 1,0 untuk beton berat normal dan 0,75 untuk beton berat ringan.

2. Tulangan utama (lapangan maupun tumpuan)

Rasio tulangan utama yang digunakan tidak boleh melebihi rasio maksimum ataupun kurang dari rasio minimum yang telah ditetapkan. Perhitungan rasio yang digunakan adalah sebagai berikut seperti terdapat pada persamaan (2.37) sampai dengan (2.39).

$$\rho_b = 0,85 \cdot \frac{f'c}{f_y} \beta \frac{600}{600+f_y} \quad (2.37)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (2.38)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = 0,0025 \quad (2.39)$$

c. Metode koefisien momen

Terdapat banyak metode untuk melakukan analisa pada pelat lantai, dua diantaranya adalah metode koefisien momen dan metode perencanaan langsung. Metode koefisien momen menggunakan nilai-nilai tertentu sebagai koefisien dalam menentukan besarnya momen yang terjadi baik didaerah lapangan maupun didaerah tumpuan. Metode ini cukup mudah dan praktis diterapkan karena nilai-nilai koefisien momen tersebut sudah disediakan namun metode ini menjadi kurang efektif untuk digunakan pada pelat dengan bentangan yang cukup panjang. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan momen adalah Persamaan (2.40).

$$M = 0,001. q_u. lx^2 \quad (2.40)$$

Dengan q_u sebagai beban total pada pelat dan lx sebagai jarak pada bentang terpendek. Untuk nilai x yang merupakan koefisien momen dapat diperoleh pada tabel koefisien momen yang terdapat dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971.

2.9. Balok

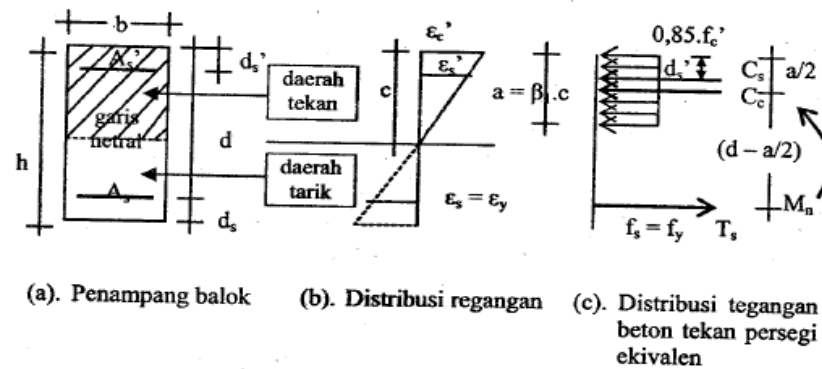
Balok merupakan salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, beban yang bekerja pada balok berupa beban lentur, beban geser maupun torsi atau biasa disebut dengan momen puntir, sehingga diperlukan baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Tulangan yang digunakan berupa tulangan longitudinal untuk menahan beban lentur, dan tulangan geser atau begel untuk menahan geser dan torsi.

Pada praktik dilapangan jarang sekali ditemukan balok dengan tulangan tunggal melainkan selalu dipasang tulangan rangkap. Balok beton dengan tulangan rangkap ialah balok yang diberi tulangan pada penampang beton di daerah tarik dan tekan. Dipasanganya tulangan didaerah tarik dan tekan bertujuan untuk menerima beban yang terjadi berupa momen lentur. Untuk balok yang menahan momen lentur besar tulangan tarik dipasang

lebih banyak daripada tulangan tekan, keadaan ini disebabkan oleh kekuatan beton pada daerah tarik yang diabaikan, sehingga semua beban tarik ditahan oleh tulangan longitudinal tarik.

2.9.1. Distribusi regangan dan tegangan balok

Regangan dan tegangan yang terjadi pada balok dengan penampang beton bertulang rangkap seperti yang terlihat pada Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10 Distribusi Regangan dan Tegangan Pada Balok Bertulangan Rangkap. (Sumber : Ali Asroni , 2010)

Pada perencanaan beton bertulang regangan tulangan tarik selalu diperhitungkan setelah leleh. Sedangkan untuk tulangan tekan (ϵ_s') regangan tulangan tekan sebelum leleh. Nilai regangan tulangan tekan dapat dihitung dengan Persamaan (2.41).

$$\epsilon_s' = \frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \times 0,003 \quad (2.41)$$

Tegangan tekan baja tulangan f_s' dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.42).

$$f_s' = \frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \times 600 \quad (2.42)$$

2.9.2. Momen nominal dan rencana balok

Pada balok bertulangan rangkap bagian atas bekerja 2 buah gaya tekan ke kiri, sedangkan penampang balok bagian bawah bekerja 1 buah gaya tarik ke kanan. Gaya tekan dan gaya tarik tersebut sama besar dan

bekerja berlawanan arah, sehingga menimbulkan momen yang disebut momen nominal aktual (M_n) yang terdapat pada Persamaan (2.43) sampai dengan Persamaan (2.46).

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \quad (2.43)$$

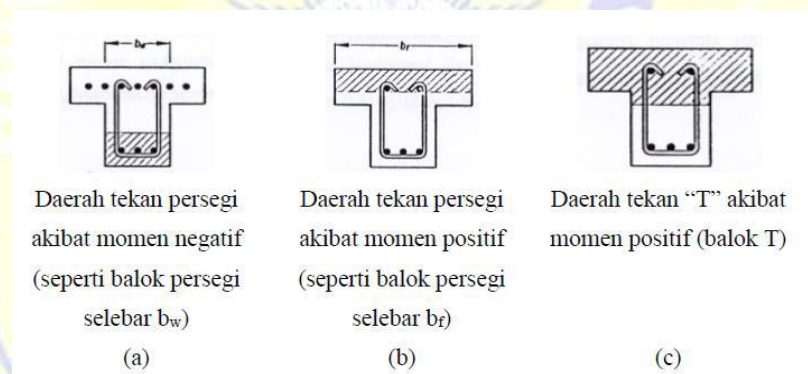
$$M_{nc} = C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ dengan } C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (2.44)$$

$$M_{ns} = T_s \cdot (d - d') \text{ dengan } T_s = A_s f'_s \quad (2.45)$$

$$M_r = \phi \cdot M_n \text{ dengan } \phi = 0,9 \quad (2.46)$$

2.9.3. Konstruksi balok T

Apabila momen yang berkerja pada penampang adalah momen negatif, maka balok T akan berperilaku sebagai balok persegi biasa (bagian yang diarsir pada gambar a), dimana pada bagian beton yang mengalami tekan, berbentuk persegi empat dengan lebar yang tertekan sebesar b_w , sehingga analisa dan desainnya sama seperti balok persegi. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Bagian Tekan Pada Balok T

Apabila momen yang berkerja pada penampang yaitu momen positif, maka ada dua kemungkinan yang akan terjadi yaitu :

1. Balok akan berperilaku sebagai balok persegi jika bagian yang tertekan hanya pada bagian sayap saja seperti yang terlihat pada gambar (b), dengan lebar bagian tekan b_f .
2. Balok akan berperilaku sebagai balok T murni jika bagian yang tertekan meliputi sayap dan badan balok T.

Adapun ketentuan balok T untuk lebar efektif pelat (b_f) berdasarkan ketentuan dalam SNI -2847-2013 :

a. Untuk balok interior berbentuk T ketentuannya adalah :

- $bf \leq 1/12$ bentang balok, dan
- Lebar pelat efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan tidak boleh melebihi : Delapan kali tebal pelat dan, setengah jarak bersih ke badan disebelahnya.

b. Untuk balok eksterior berbentuk L ketentruannya adalah :

- $bf \leq 1/12$ bentang balok.
- Enam kali tebal pelat dan, setengah jarak bersih ke badan disebelahnya.

Penulangan lentur pada balok T dapat dihitung seperti penulangan lentur pada balok persegi biasa apabila kemampuan menahan momen akibat beton tekan *flens* lebih besar daripada momen nominal yang mampu ditahan balok ($M_{cc} \geq Mn$). Kuat tekan beton sisi tekan setebal *flens* dihitung dengan Persamaan (2.47).

$$C_c = 0,85 \cdot f'c' \cdot b \cdot a \quad (2.47)$$

Maka kemampuan menahan akibat beton tekan *flens* dapat dihitung dengan Persamaan (2.48).

$$M_{cc} = C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.48)$$

2.9.4. Penulangan geser dan torsi balok

Tulangan geser dibutuhkan untuk menahan gaya geser atau gaya lintang yang bekerja pada bagian ujung balok sehingga dapat menimbulkan retak miring pada balok. Torsi atau momen puntir adalah momen yang bekerja terhadap sumbu longitudinal balok atau elemen struktur yang dapat terjadi karena adanya beban eksentrik yang bekerja pada balok tersebut. Berdasarkan SNI-2847-2013 pengaruh torsi atau puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor T_u memenuhi syarat pada Persamaan (2.49).

$$T_u \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} (\Sigma x^2 y) \text{ dengan } \phi = 0,75 \quad (2.49)$$

Dengan :

$$\Sigma x^2 y = x_1^2 y_1 + 2x_2^2 (3x_2) \text{ untuk balok berpenampang persegi.}$$

Kuat momen torsi yang diberikan balok beton, dapat dihitung dengan Persamaan (2.50).

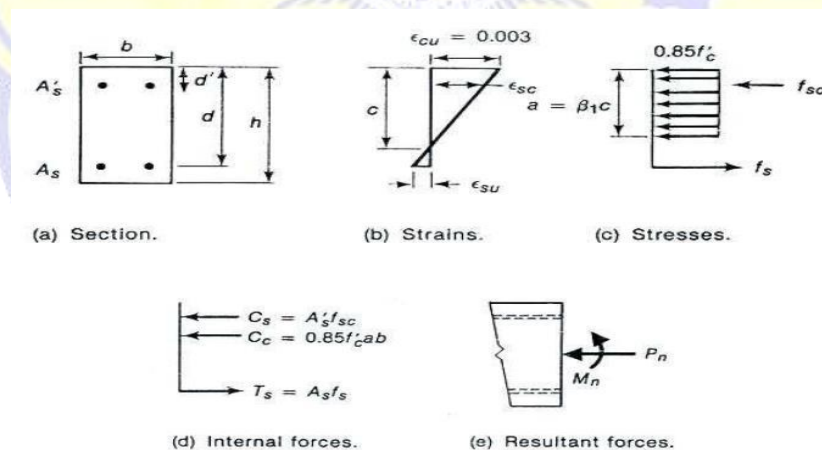
$$T_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{15}} \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}} \quad (2.50)$$

Kemampuan maksimum menahan geser pada balok beton dihitung dengan Persamaan (2.49).

$$V_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{6}} b_w d}{\sqrt{1 + \left[2.5 \cdot c_t \frac{T_u}{V_u} \right]^2}} \quad (2.51)$$

2.10. Kolom

Pada dasarnya konsep perencanaan kolom hampir sama dengan perencanaan balok, hanya saja ada penambahan beban aksial, kondisi penampang kolom bila dibebani tekan dan lentur maka kondisi dari tegangan dan regangan pada kolom digambarkan oleh diagram tegangan dan regangan.



Gambar 2.11 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom
(Sumber : McCormac, 2001)

2.10.1. Perencanaan kolom

Pada perencanaan kolom beton bertulang sulit untuk dianalisa dan didesain karna sifat komposit pada materialnya, keadaan rumit tegangan yang diakibatkan beban aksial dan lentur, karna beban aksial tekan yang dapat menyebabkan terjadinya tekuk. Ada tiga jenis kolom beton bertulang, yaitu berpenampang lingkaran dengan sengkang spiral, berpenampang persegi dengan sengkang, dan berpenampang persegi panjang. Spiral dan sengkang berfungsi memegang tulangan memanjang dan mencegah pemisahan dan tekuk tulangan itu sendiri. Kolom bertulang spiral mempunyai perilaku yang lebih diinginkan pada keadaan yang dekat gagal, dan dalam memikul beban lateral, dibandingkan dengan yang bersengkang, meskipun yang disebut terakhir ini lebih murah dan mudah dibuat. Perilaku yang berbeda ini diwujudkan dengan penggunaan harga-harga f yang berbeda pada cara desain kekuatan batas. (Daniel L. Schodeck, 1999 : 285).

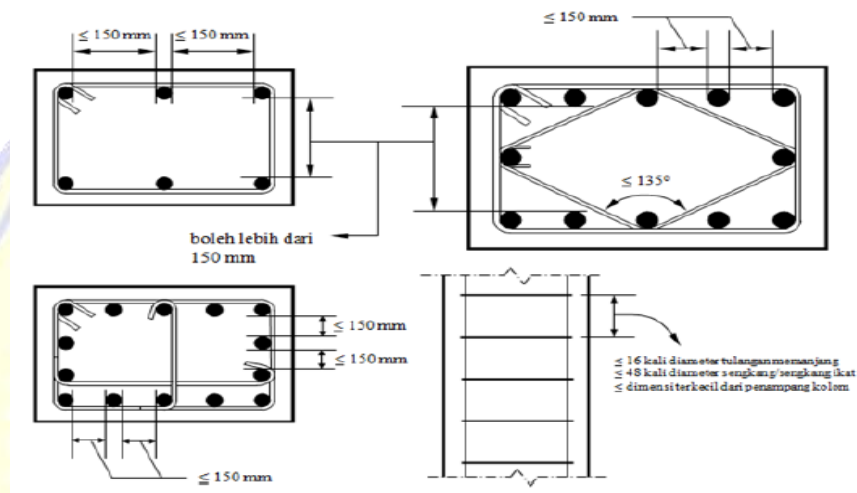
Peraturan SNI-2847-2013 memberikan batasan untuk dimensi, tulangan, kekangan lateral dan beberapa hal lain yang berhubungan dengan kolom beton. Beberapa persyaratan tersebut dirangkum sebagai berikut :

1. Pasal 9.3.2.2 memberikan batasan untuk faktor reduksi kekuatan, ϕ yang sebesar 0,65 untuk sengkang persegi dan $\phi = 0,75$ untuk sengkang spiral. Sengkang spiral diberikan nilai ϕ yang lebih tinggi karena mampu menunjukkan perilaku yang lebih daktail dibandingkan dengan sengkang persegi. Nilai faktor reduksi yang diberikan untuk elemen kolom ini jauh lebih kecil daripada faktor reduksi untuk elemen balok (yang diperbolehkan hingga $\phi = 0,90$). Hal ini disebabkan karena elemen kolom yang dominan terhadap gaya tekan menunjukkan tingkat daktilitas yang lebih kecil dibandingkan elemen balok. Kolom juga sensitif terhadap mutu atau kuat tekan dari beton. Disamping itu posisi pengecoran kolom yang vertikal serta efek segrasi juga menjadi

alasan bahwa nilai faktor reduksi kekuatan pada kolom diambil lebih kecil daripada balok.

2. Pasal 10.9.1 mensyaratkan bahwa persentase minimum tulangan memanjang adalah 1% dengan nilai maksimum 8%, terhadap luas total penampang kolom. Batas minimum 1% diperlukan untuk memberikan tahanan terhadap momen lentur yang mungkin muncul, serta mengurangi pengaruh retak dan susut akibat beban tekan jangka panjang. Sedangkan batas atas 8% diberikan untuk menjaga agar tulangan dapat diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu berdesakan pada penampang kolom. Disamping itu juga apabila tulangan memanjang terlalu banyak, proses pengecoran beton kolom akan lebih sulit. Biasanya dalam perencanaan aktual sangat jarang tulangan kolom diambil melebihi 4% dari luas penampang.
3. Pasal 10.9.2 menyatakan bahwa minimal harus dipasang empat buah tulangan memanjang untuk kolom dengan sengkang persegi atau lingkaran, minimal tiga buah untuk kolom berbentuk segitiga, serta enam buah untuk kolom dengan sengkang spiral. Untuk penampang kolom dengan bentuk lain, 50 maka minimal harus ditempatkan satu buah tulangan memanjang tiap sudutnya. Jarak antara tulangan memanjang tanpa kekangang lateral maksimal adalah 150 mm, apabila lebih maka harus diberikan sengkang ikat sehingga jarak antar tulangan memanjang yang tak terkekang lateral tidak lebih dari 150 mm. Terlihat pada Gambar 3.10 memperlihatkan pengaturan tulangan memanjang, sengkang dan sengkang ikat pada kolom.
4. Pasal 7.10.4 sengkang spiral harus memiliki diameter minimum 10 mm dan jarak bersihnya tidak lebih dari 75 mm, namun tidak kurang dari 25 mm. Untuk penyambungan batang spiral ulir tanpa lapisan dapat digunakan sambungan lewatan sepanjang $48db$ atau tidak kurang dari 300 mm. Sedangkan untuk batang spiral polos diambil sepanjang $72db$ atau 300 mm. Peraturan juga memperbolehkan penggunaan sambungan mekanis.

5. Pasal 7.10.5.1 tulangan sengkang harus memiliki diameter minimum 10 mm untuk mengikat tulangan memanjang dengan diameter 32 mm atau kurang, sedangkan untuk tulangan memanjang dengan diameter diatas 32 mm harus diikat dengan sengkang berdiameter minimum 13 mm.
6. Pasal 7.10.5.2 jarak vertikal sengkang atau sengkang ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan memanjang, 48 kali diameter sengkang/sengkang ikat, atau dimensi terkecil dari penampang kolom.



Gambar 2.12 Persyaratan detailing kolom
(Sumber: SNI-2847-23013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

Tabel 2.24 Ketentuan Jarak Maksimum Sengkang atau Sengkang Ikat Kolom

Diameter Terkecil Kolom (mm)	Jarak Sengkang (mm) untuk Tulangan Longitudinal Berdiameter						
	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D36
300	250	300	300	300	300	300	300
350	250	300	350	350	350	350	350
400	250	300	350	400	400	400	400
450	250	300	350	400	450	450	450
500	250	300	350	400	450	450	500
500 s/d 1000	250	300	350	400	450	450	550
Diameter sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10	13

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

Selain itu kolom merupakan komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi tiga yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan (SNI-03-2847-2002). Kolom dibedakan menjadi dua, kolom dengan pengaku dan kolom tanpa pengaku. Bila dalam suatu bangunan selain portal terdapat dinding-dinding atau struktur inti yang memikul gaya yang relatif tinggi dibandingkan dengan portal, maka struktur dengan pengaku. Berdasarkan SNI 2002 pasal 12.11, untuk menentukan jenis kolom maka digunakan persamaan berikut :

$$Q = \frac{\sum P_u \times \Delta_o}{V_u \times l_c} \quad (2.50)$$

Dalam hal ini = Q = Stabilitas Index

V_u = Gaya geser berfaktor perlantai

Δ_o = Simpangan relatif antar tingkat orde pertama pada tingkat yang ditinjau akibat V_u

L_c = Panjang kolom diukur dari center-center dari joint pada portal

Suatu kolom pada struktur dianggap kolom dengan pengaku apabila nilai stabilitas Index tidak lebih besar dari 0.05. Apabila tidak memenuhi, maka kolom tersebut dianggap sebagai kolom tanpa pengaku.

a. Kolom Penampang Persegi

1. Kolom dengan pengaku (Tidak bergoyang)

Pada perencanaan kolom, harus memperhitungkan faktor kelansingan. Berdasarkan peraturan SNI-2002 pasal 12.12, faktor kelansingan boleh diabaikan apabila memenuhi persamaan :

$$\frac{k \times l_u}{r} \leq (34 - 12) \times \frac{m_1}{m_2} \quad (2.51)$$

r = 0.3 h Untuk kolom bentuk persegi

Keterangan : k = Faktor panjang

Lu = Panjang bersih kolom

R = Radius girasi

Perhitungan nilai K

- Perhitungan momen inersia penampang balok dan kolom berdasarkan peraturan SNI 2002 pasal 12.11

$$\text{Kolom} = I_g = 0.7 \times \frac{1}{12} b \times h^3 \quad (2.52)$$

$$\text{Balok} = I_g = 0.35 \times \frac{1}{12} b \times h^3 \quad (2.53)$$

- Perhitungan modulus elastisitas beton berdasarkan peraturan SNI 2002 pasal 10.

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \quad (2.54)$$

- Perhitungan rasio beban berfaktor

$$\beta d = \frac{1.4 Pd}{\Sigma Pu} \quad (2.55)$$

- Perhitungan kekakuan lentur komponen struktur tekan

$$EI = \frac{0.4 E_c \times I_g}{1 + \beta d} \quad (2.56)$$

- Perhitungan rasio kekakuan balok dan kolom

$$\psi_A = \frac{EI_{kolom}/L}{EI_{balok}/L} \quad (2.57)$$

- Faktor panjang kolom

Nilai faktor panjang kolom diperoleh dari Diagram Nomogram SNI-03-2847-2002.

Apabila nilai yang diperoleh dari persamaan (2.50) tidak dipenuhi, maka faktor kelangsingan perlu diperhitungkan, dalam hal ini gaya momen hasil dari statika perlu dikoreksi (diperbesar). Pembesaran momen ini berdasarkan peraturan SNI 2002 pasal 12.12.3 dihitung menggunakan persamaan :

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (2.58)$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75 \times P_c}} \geq 1.0 \quad (2.59)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times l_u)^2} \quad (2.60)$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{m_1}{m_2} \geq 0.4 \quad (2.61)$$

$$M_{2min} = P_u (0.6 + 0.03h) \quad (2.62)$$

2. Kolom tanpa pengaku (Bergoyang)

Faktor kelangsingan pada struktur kolom tanpa pengaku adalah :

$$\frac{k \times l_u}{r} \leq 22 \quad (2.63)$$

Pembesaran momen pada kolom tanpa pengaku menggunakan persamaan :

$$M_c = M + \delta_{ns} M \quad (2.64)$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{(1-Q)} \quad (2.65)$$

Untuk kolom tanpa pengaku, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kestabilan kolom dengan menggunakan persamaan :

$$Q = ((1 + \beta_d) \times Q_1) \leq 0.6 \quad (2.66)$$

Keterangan : M_c = Momen koreksi

M_2 = Momen terbesar hasil statika

δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping

C_m = Faktor koreksi momen

P_c = Beban kritis

EI = Kekakuan lentur komponen struktur tekan

P_u = Beban aksial terfaktor

Q = Stabilitas Index

β_d = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum

E_c = Modulus Elastisitas Beton

Ψ = Rasio kekakuan balok dan kolom

β_d = Rasio beban berfaktor

b. Kolom Penampang Bulat/Lingkar

1. Kolom dengan pengaku (Tidak bergoyang)

Pada perencanaan kolom, harus memperhitungkan faktor kelangsingan. Berdasarkan peraturan SNI 2002 pasal 12.12, faktor kelangsingan boleh diabaikan apabila memenuhi persamaan :

$$\frac{k \times lu}{r} \leq (34 - 12) \times \frac{m1}{m2} \quad (2.67)$$

$r = 0.25 D$ untuk kolom berbentuk lingkaran

Keterangan : k = Faktor panjang

Lu = Panjang bersih kolom

R = Radius girasi

Perhitungan nilai K

- Perhitungan momen inersia penampang balok dan kolom berdasarkan peraturan SNI 2002 pasal 12.11

$$\text{Kolom} = I_g = 0.7 \times \frac{1}{12} b \times h^3 \quad (2.68)$$

$$\text{Balok} = I_g = 0.35 \times \frac{1}{12} b \times h^3 \quad (2.69)$$

- Perhitungan modulus elastisitas beton berdasarkan peraturan SNI 2002 pasal 10.

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \quad (2.70)$$

- Perhitungan rasio beban berfaktor

$$\beta d = \frac{1.4 Pd}{\Sigma Pu} \quad (2.71)$$

- Perhitungan kekakuan lentur komponen struktur tekan

$$EI = \frac{0.4 E_c \times I_g}{1 + \beta d} \quad (2.72)$$

- Perhitungan rasio kekakuan balok dan kolom

$$\psi_A = \frac{EI_{kolom}/L}{EI_{balok}/L} \quad (2.73)$$

- Fakor panjang kolom

Nilai faktor panjang kolom diperoleh dari Diagram Nomogram SNI-03-2847-2002.

Apabila nilai yang diperoleh dari persamaan (2.76) tidak dipenuhi, maka faktor kelangsingan perlu diperhitungkan, dalam hal ini gaya momen hasil dari statika perlu dikoreksi

(diperbesar). Pembesaran momen ini berdasarkan peraturan SNI 2002 pasal 12.12.3 dihitung menggunakan persamaan :

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (2.74)$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1.0 \quad (2.75)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times lu)^2} \quad (2.76)$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{m_1}{m_2} \geq 0.4 \quad (2.77)$$

$$M_{2min} = P_u (0.6 + 0.03h) \quad (2.78)$$

2. Kolom tanpa pengaku (Bergoyang)

Faktor kelangsingan pada struktur kolom tanpa pengaku adalah :

$$\frac{k \times lu}{r} \leq 22 \quad (2.79)$$

Pembesaran momen pada kolom tanpa pengaku menggunakan persamaan :

$$M_c = M + \delta_{ns} M \quad (2.80)$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{(1-Q)} \quad (2.81)$$

Untuk kolom tanpa pengaku, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kestabilan kolom dengan menggunakan persamaan :

$$Q = ((1 + \beta_d) \times Q_1) \leq 0.6 \quad (2.82)$$

Keterangan : M_c = Momen koreksi

M_2 = Momen terbesar hasil statika

δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping

C_m = Faktor koreksi momen

P_c = Beban kritis

EI = Kekakuan lentur komponen struktur tekan

P_u = Beban aksial terfaktor

Q = Stabilitas Index

βd = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum

E_c = Modulus Elastisitas Beton

Ψ = Rasio kekakuan balok dan kolom

βd = Rasio beban berfaktor

c. Penulangan Kolom

Batasan penulangan terhadap komponen struktur yang mengalami gaya tekan menurut peraturan SNI 2002 pasal 12.9.1 adalah :

1. Untuk kolom dengan sengkang lateral

$$\rho g_{\min} = 0.01 \quad (2.83)$$

$$\rho g_{\max} = 0.08 \quad (2.84)$$

2. Untuk kolom dengan sengkang spiral

$$\rho s_{\min} = 0.45 \left[\frac{A_g}{A_c - 1} \right] \times \left[\frac{f_c}{f_y} \right] \quad (2.85)$$

3. Kebutuhan tulangan ditentukan dengan persamaan berikut

$$A_{st} = \rho \cdot A_g \quad (2.86)$$

$$\rho = r\beta \quad (2.87)$$

Nilai r diperoleh dari diagram interaksi kolom, Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03.

Pada sumbu horisontal ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{P_u}{\phi \times A_g \times 0.85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} \quad (2.88)$$

Sumbu vertikal ditentukan berdasarkan persamaan :

$$\frac{P_u}{\phi \times A_g \times 0.85 \times f'_c} \quad (2.89)$$

Keterangan : A_{st} = Luas penampang tulangan

A_g = Luas penampang kolom

β = Faktor mutu beton

d. Perhitungan Tulangan Lateral Kolom

Apabila sengkang pada kolom berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2002 pasal 9.10.5.2 adalah sebagai berikut :

$$S \leq 48 \times \text{Diameter sengkang} \quad (2.90)$$

$$S \leq 16 \times \text{Diameter tulangan memanjang} \quad (2.91)$$

$$S \leq \frac{1}{2} \times \text{Lebar kolom terkecil} \quad (2.92)$$

Untuk tulangan spiral jarak sengkang tidak boleh melebihi 75 mm dan juga tidak boleh kurang dari 25 mm.



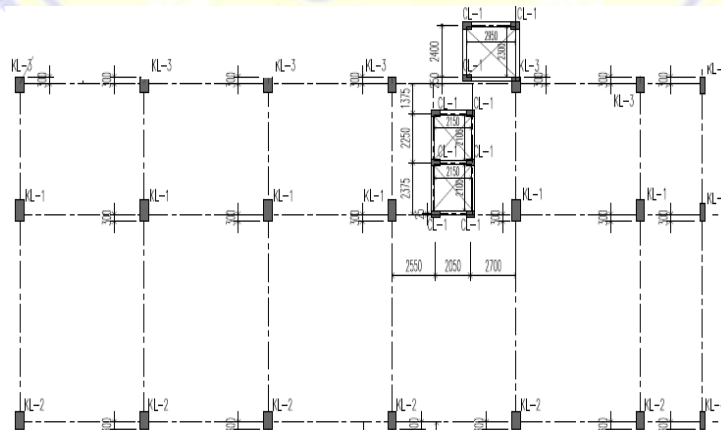
BAB III METODE PERENCANAAN

3.1 Deskripsi Struktur

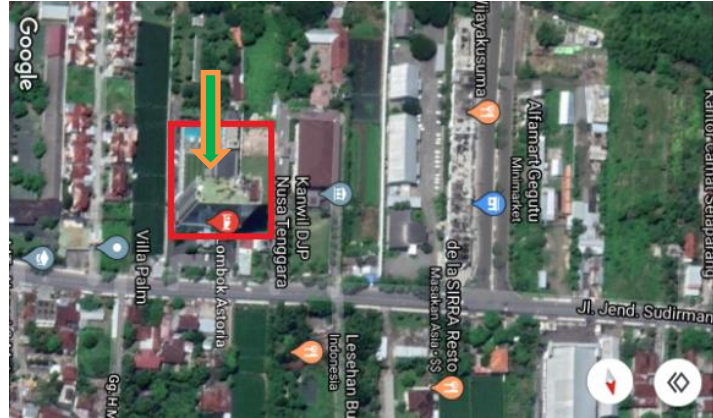
Hotel Golden Tulip adalah gedung yang berfungsi sebagai tempat penginapan, bangunan hotel ini terdiri dari 11 lantai + 1 lantai atap lift. Struktur bangunan ini dirancang dengan menggunakan konstruksi beton. Hotel Golden Tulip berada di daerah Rembige, Kota Mataram yang berdiri pada lokasi tanah lunak (SE) dan menggunakan sistem pelat lantai dua arah. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisa ulang kolom dengan menggunakan kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran. Adapun gambar-gambar gedung Hotel Golden Tulip Mataram dan denah kolom beserta lokasinya dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 3.1 3D Hotel Golden Tulip



Gambar 3.2 denah kolom lantai 1-11



Gambar 3.3 Lokasi Pembangunan Hotel Golden Tulip

3.2 Data Perencanaan

3.1.2. Data Umum Bangunan

- a. Nama Gedung : Hotel Golden Tulip
- b. Lokasi : Jl. Jendral Sudirman No. 40 Rembiga, Kec. Selaparang, Kota Mataram, NTB.
- c. Fungsi : Penginapan dan Pertemuan
- d. Jumlah Lantai : 11 Lantai
 - : Lantai 1 = 3.800 m
 - : Lantai 2 = 6.400 m
 - : Lantai 3 = 4.500 m
 - : Lantai 4-11 = 3.600 m
- e. Panjang Bangunan : 42,55 m
- f. Tinggi Bangunan : 46,90 m
- g. Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang

3.1.3. Data Perencanaan Gedung

- a. Gambar Kerja
- b. Data Tanah Sondir

3.1.4. Data Bahan

- a. Mutu beton

Mutu beton yang digunakan pada balok, kolom, plat lantai struktural dan konstruksi beton bertulang lainnya adalah mutu beton dengan kuat tekan $f'c = 30$ Mpa

b. Mutu baja tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan Hotel Golden Tulip adalah baja tulangan ulir dengan kuat leleh $f_y = 400$ Mpa dan baja tulangan polos yang digunakan adalah dengan kuat leleh $f_y = 240$ Mpa

c. Modulus elastisitas beton

Mutu beton dan kuat tekan yang digunakan Hotel Golden Tulip $f'c = 30$ Mpa $= 4700\sqrt{f'c} = 25742.960$ Mpa

d. Gambar kerja dan desain gedung Hotel Golden Tulip

Adapun gambar kerja yang terlampir adalah :

- Denah balok
- Denah kolom
- Denah atap dan denah balok atap.

3.1.5. Data tanah

Data tanah yang digunakan Hotel Golden Tulip adalah tanah yang berasal dari tanah setempat berupa data boreng.

3.1.6. Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada strutur gedung Hotel Golden Tulip berdasarkan SNI-2847-2013 dan SNI-1726-2013. Beban yang berkerja pada struktur bangunan gedung Hotel Golden Tulip antara lain :

a. Beban mati

Beban mati adalah seluruh bagian dari komponen struktur bangunan yang bersifat tetap dan terpisahkan dari bangunan gedung tersebut selama masa layanannya, termasuk berat sendiri struktur. Seperti berat sendiri balok, kolom, pelat lantai, atap dan lain sebagainya. Perhitungan beban mati untuk struktur gedung Hotel Golden Tulip mengacu berdasarkan SNI- 2847-2013.

b. Beban hidup lantai dan atap

Beban hidup adalah beban yang mempengaruhi pembebanan struktur gedung Hotel Golden Tulip. Di antaranya beban berat manusia dan perabotannya atau beban menurut fungsinya. Beban hidup struktur gedung direncanakan pada plat lantai, balok dan kolom berdasarkan SNI-2847-2013.

c. Beban gempa

Beban gempa merupakan beban yang dipengaruhi oleh gempa bumi. Untuk perencanaan beban gempa Hotel Golden Tulip, direncanakan terhadap pembebanan gempa akibat pengaruh gempa yang direncanakan berdasarkan arah pembebanan berdasarkan SNI-1726-2013 dengan metode dinamik Respon Spektrum.

3.1.7. Analisa struktur menggunakan SAP 2000 V.14

a. Proses input data

Proses input data untuk perencanaan struktur dengan menggunakan program SAP 2000 V.14 terdiri dari beberapa tahapan diantaranya, pemodelan struktur, pembuatan Geometri struktur, pendefinisian material, perencanaan dimensi elmen struktur, pembebanan struktur, dan analisa struktur.

b. Proses output data

Proses output data adalah membuat tabulasi dari hasil analisa struktur yang dilakukan pada struktur bangunan gedung Hotel Golden Tulip. Dari hasil analisa struktur yang diperoleh akan digunakan dalam merencanakan analisa dalam mendisain struktur kolom yang aman sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Sebelum merencanakan elmen struktur harus memenuhi hasil dari analisa struktur yang akan di tabulasi, jika belum memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan berdasarkan persyaratan yang tercantum dalam SNI yang berlaku, maka akan dilakukan analisa ulang.

3.3 Perencanaan struktur

3.3.1 Perencanaan pelat

Tahap-tahap perencanaan pelat diantaranya :

- a. Menentukan jarak antar pelat
- b. Menentukan dimensi pelat
- c. Menghitung pembebanan pelat
- d. Menghitung penulangan plat

3.3.2 Perencanaan balok

Tahap-tahap perencanaan balok diantaranya :

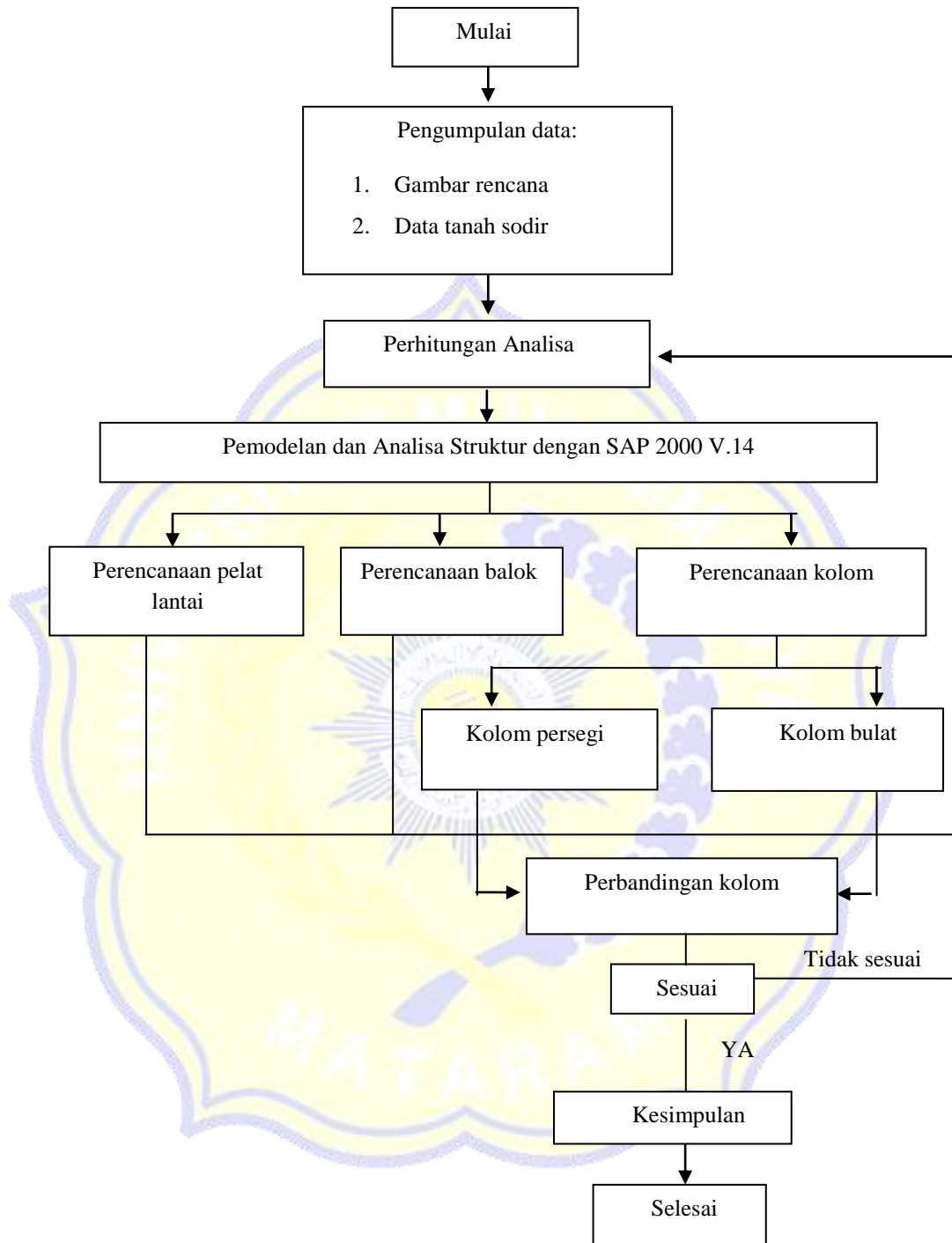
- a. Menentukan jarak antar balok
- b. Menentukan dimensi balok
- c. Menghitung pembebanan balok
- d. Analisa statika menggunakan program SAP 2000 V.14
- e. Menghitung penulangan balok akibat momen lentur dan kombinasi momen akibat geser dan torsi

3.3.3 Perencanaan kolom

Tahap-tahap perencanaan kolom diantaranya :

- a. Perencanaan kolom persegi
 1. Menghitung pembebanan kolom
 2. Analisa statika menggunakan program SAP 2000 V.14
 3. Menghitung dimensi kolom
 4. Menghitung penulangan kolom
- b. Perencanaan kolom bulat atau lingkaran
 1. Menghitung pembebanan kolom
 2. Analisa statika menggunakan program SAP 2000 V.14
 3. Menghitung dimensi kolom
 4. Menghitung penulangan kolom
- c. Perbandingan kolom persegi dengan kolom bulat
- d. Kesimpulan

3.4 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan