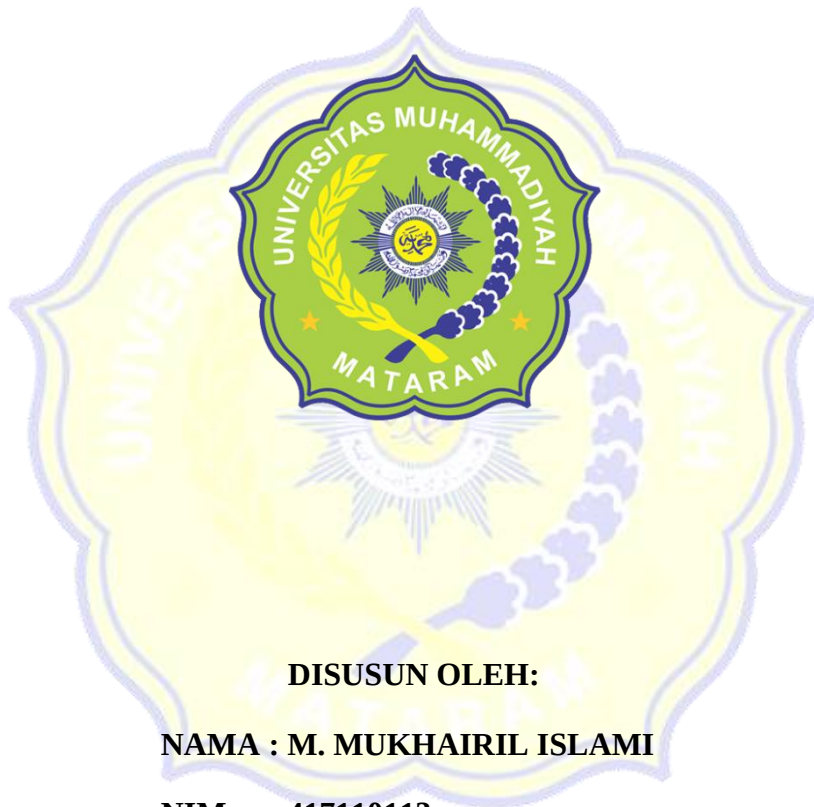


SKRIPSI

PERBANDINGAN HASIL PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN TULIP MATARAM DENGAN SRPMK DAN SRPMM

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I,
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH:

NAMA : M. MUKHAIRIL ISLAMI

NIM : 417110113

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2021

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PERBANDINGAN HASIL PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL GOLDEN TULIP MATARAM DENGAN
SRPMK DAN SRPMM**

Disusun Oleh:

M. MUKHAIRIL ISLAMI
417110113

Mataram, 09 Agustus 2021

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Hariyadi, ST., MSc.Eng., Dr.Eng
NIDN.0027107301



Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT.
NIDN. 0820098001

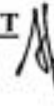
Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501



HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**PERBANDINGAN HASIL PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL GOLDEN TULIP MATARAM DENGAN
SRPMK DAN SRPMM**

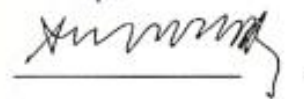
Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : M. MUKHAIRIL ISLAMI
NIM : 417110113

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada hari : Kamis, 12 Agustus 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Hariyadi, ST., MSc.Eng., Dr.Eng
2. Penguji II : Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT.
3. Penguji III : Ir. Agus Partono, MT.



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul “*Perbandingan Hasil Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Mataram Dengan SRPMK Dan SRPMM*” adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat atau disebut *plagiatisme*.
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidak beneran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, 28 Agustus 2021

Pembuat Pernyataan,



M. Mukhairil Islami

417110113



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 : M. MUKHAIRIL ISLAMI
NIM : 417110112
Tempat/Tgl Lahir : Nure. 20. Juni 1999
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 085937013495
Judul Penelitian : -

Perbandingan Hasil Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip
Mataram Dengan SRPMK Dan SRPMM

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 55%

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 : 18 Agustus 2021

Penulis


10425AUX335269714

M. MUKHAIRIL ISLAMI
NIM. 417110112

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT


Ishandar, 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.lpb.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 : M. MUKHAIRIL ISLAMI
NIM : 417110113
Tempat/Tgl Lahir : Nure, 20 Agustus 2021
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp Email : 085917013495 / airenlorriady@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:

*Perbandingan Hasil Perencanaan struktur Gedung Hotel Golden Tulip
Mataram Dengan SPMM dan SAPMM*

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 : 18 Agustus 2021

Penulis


21A44AJX355299713

M. MUKHAIRIL ISLAMI

NIM 417110113

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos, M.A.

NIDN 0802048904

MOTTO

“Dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kaum kafir.”

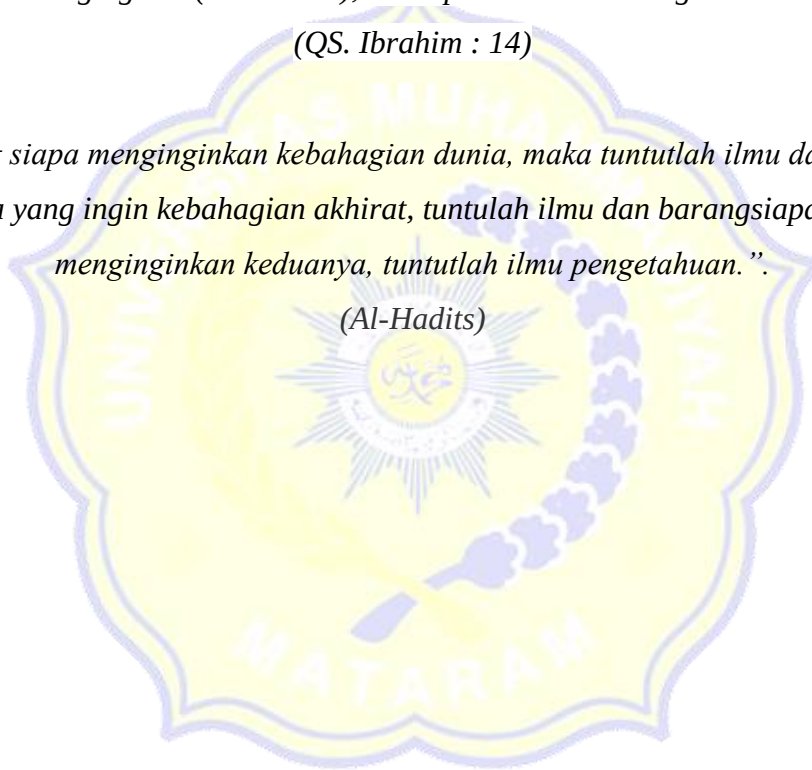
(QS. Yusuf : 87)

Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu memaklumkan, “Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka pasti azab-Ku sangat berat.

(QS. Ibrahim : 14)

“Barang siapa menginginkan kebahagiaan dunia, maka tuntutlah ilmu dan barang siapa yang ingin kebahagiaan akhirat, tuntutlah ilmu dan barangsiapa yang menginginkan keduanya, tuntutlah ilmu pengetahuan.”.

(Al-Hadits)



UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pengerjaan tugas akhir ini, penyusun banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Arsyad Ghani.,Mpd, selaku Rektorat Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. M. Islamy Rusyda, ST.,MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, M.Tech, selaku Ketua prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Hariyadi, ST., MSc.Eng., Dr.Eng, selaku dosen pembimbing I
5. Maya Saridewi Pascanawaty, ST, MT, selaku dosen pembimbing II.
6. Bapak/Ibu dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram Yang telah ikut memberikan bimbingan dan bantuan.
7. Keluarga tersayang, kedua orang tuaku tercinta yang selalu memberikan dukungan dan mendoakan dalam kondisi apapun, serta saudaraku M. Suhardi, S.Pd dan saudariku Ernawati.
8. Rekan Seperjuangan angkatan 2017, teruntuk keluarga SJT (Share Jawaban Terbaik) Lalu Rangga Bayan, Haerul Bayani, Husni Rahadika, Ruslan Hadi Winata, Irfan Zuhriyadi, M. Zakaria, Satria Pratama, M. Bayu Romza, Heri, Zul, Nurbani Ninda Saputri, Yulia Hartati Lestari, dan masih banyak pihak yang tidak bisa di sebutkan satu persatu.
9. Terima kasih teruntuk yang tersayang Mutiara Helpitiani yang selalu mendampingi dan memberikan *support* kepada saya.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala bantuan dan dukungannya, dalam usaha penyusun menyelesaikan tugas akhir ini.

PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul “Perbandingan Hasil Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Mataram Dengan SRPMK dan SRPMM” ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Tugas akhir ini merupakan syarat untuk memenuhi jenjang pendidikan Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Drs. Arsyad Ghani.,Mpd, selaku Rektorat Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. M. Islamy Rusyda, ST.,MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, M.Tech, selaku Ketua prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Hariyadi, ST., MSc.Eng., Dr.Eng, selaku dosen pembimbing I
5. Maya Saridewi Pascanawaty, ST, MT, selaku dosen pembimbing II.
6. Bapak/Ibu dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram Yang telah ikut memberikan bimbingan dan bantuan.
7. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun secara tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun pihak yang berkepentingan.

Mataram, Agustus 2021

Penulis

ABSTRAK

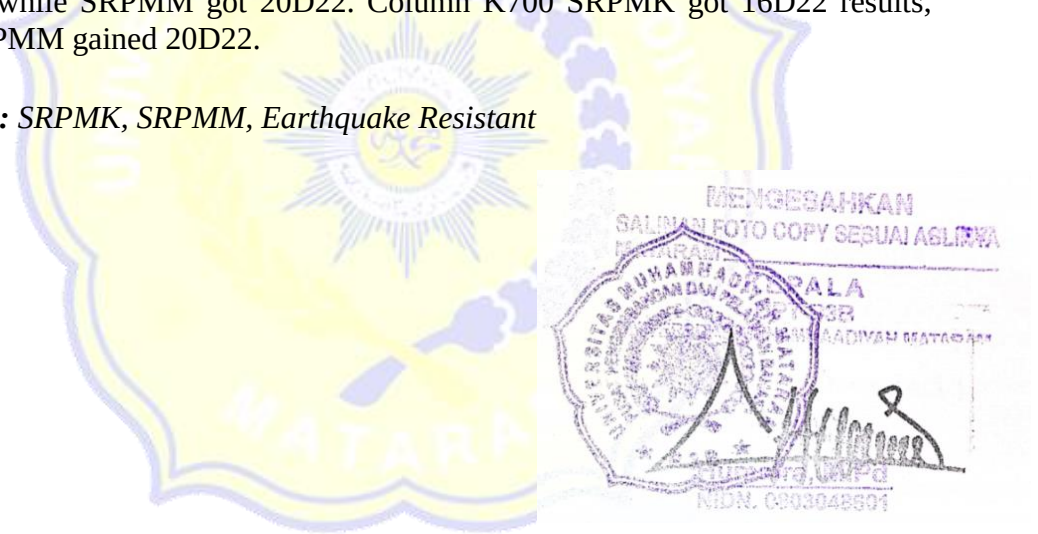
SRPMK yaitu system rangka ruang dalam mana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksial lentur, geser dan aksial, system ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa tinggi yaitu dizona 5 dan 6. Sedangkan SRPMM yaitu system rangka ruang dalam mana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksial lentur, geser dan aksial, system ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa tinggi yaitu dizona 1 hingga zona 4. Dalam tugas akhir ini akan dirancang struktur gedung beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem rangka pemikul momen menengah sesuai dengan SNI-2847-2019 dan SNI-1726-2019. Struktur yang akan direncanakan adalah gedung hotel golden tulip mataram yang memiliki 11 lantai dan terletak di wilayah 4. Untuk tulangan longitudinal balok BI-1 (300x700) dengan SRPMK pada tumpuan ujung kiri sebanyak 12D22 pada tumpuan ujung kanan sebanyak 10D22 dan 3D22 untuk lapangan, sedangkan dengan SRPMM pada tumpuan ujung kiri sebanyak 13D22 pada tumpuan ujung kanan 13D22 dan 3D22 untuk lapangan. BI-1 (300x600) SRPMK pada tumpuan ujung kiri sebanyak 8D22 pada tumpuan ujung kanan 9D22 dan 2D22 untuk lapangan, sedangkan SRPMM pada tumpuan ujung kiri 13D22 pada tumpuan ujung kanan 13D22 dan 4D22 untuk lapangan. Kolom K800 SRPMK didapat hasil sebanyak 16D22, sedangkan SRPMM didapat hasil sebanyak 20D22. Kolom K700 SRPMK didapat hasil sebanyak 16D22, sedangkan SRPMM didapat hasil sebanyak 20D22.

Kata kunci: SRPMK, SRPMM, Tahan Gempa

ABSTRACT

SRPMK is a space frame system in which structural components and joints resist stresses operating through flexible axial, shear, and axial joints. This system has full ductility and must be employed in high earthquake risk zones, such as zones 5 and 6. SRPMM, or space frame system, is a system in which structural components and joints resist stresses operating through flexible axial, shear, and axial joints. This system has full ductility and must be employed in high seismic risk zones, from zones 1 to 4. In this project, a reinforced concrete building will be designed based on SNI-2847-2019 and SNI-1726-2019 with a special moment resisting frame system and an intermediate moment resisting frame system. The Golden Tulip Mataram hotel, which has 11 floors and is located in area 4, is the construction that will be planned. For longitudinal reinforcement of the BI-1 beam (300x700), SRPMK at the left end supports 12D22 at the right end supports 10D22 and 3D22 for the field, while SRPMM at the left end supports 13D22 at the right end supports 13D22 and 3D22 for the field. The SRPMM on the left end pedestal 13D22 on the right end pedestal 13D22 and 4D22 for the field, whereas the BI-1 (300x600) SRPMK on the left end pedestal as much as 8D22 on the right end pedestal 9D22 and 2D22 for the field. Column K800 SRPMK gained 16D22 findings, while SRPMM got 20D22. Column K700 SRPMK got 16D22 results, while SRPMM gained 20D22.

Keywords: SRPMK, SRPMM, Earthquake Resistant



DAFTAR ISI

KULIT SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS.....	v
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	vi
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
MOTTO.....	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
PRAKATA	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRCT	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR NOTASI.....	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Umum	5
2.2 Deskripsi Pembebanan.....	6
2.2.1 Beban mati	6
2.2.2 Beban hidup	9
2.2.3 Beban gempa.....	13

2.2.4	Kombinasi pembebanan	26
2.3	Perencanaan Struktur Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	27
2.3.1	Balok sistem rangka pemikul momen khusus	27
2.3.1.1	Ruang lingkup	27
2.3.1.2	Batasan dimensi.....	28
2.3.1.3	Tulangan longitudinal	29
2.3.1.4	Tulangan transversal	30
2.3.1.5	Kekuatan geser	31
2.3.2	Kolom sistem rangka pemikul momen khusus.....	32
2.3.2.1	Ruang lingkup	32
2.3.2.2	Batasan Dimensi.....	32
2.3.2.3	Kekuatan lentur minimum kolom	32
2.3.2.4	Tulangan longitudinal	33
2.3.2.5	Tulangan transversal	34
2.3.2.6	Kekuatan geser	34
2.4	Perencanaan Struktur Dengan System Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)	34
2.4.1	Ruang lingkup	34
2.4.2	Balok.....	35
2.4.3	Kolom	35
2.5	Kondisi Penulangan Pada Balok Beton.....	36
2.5.1	Tulangan yang diperlukan	36
2.5.2	Kapasitas pada balok	38
2.6	Pondasi	40
2.6.1	Daya dukung <i>bore pile</i>	40
2.6.2	Kontrol gaya geser dua arah (<i>geser pons</i>).....	41

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

3.1	Lokasi Perencanaan	42
3.2	Geometri Struktur.....	42
3.3	Data Perencanaan.....	44

3.4	Analisa Statika	45
3.5	Pembebanan.....	45
3.5.1	Beban mati	45
3.5.2	Beban hidup	45
3.5.3	Beban gempa.....	46
3.5.4	Kombinasi pembebanan	46
3.6	Tahap Perencanaan Struktur.....	46
3.7	Bagan Alir	51

BAB IV HASIL ANALISA DAN PERENCANAAN

4.1	Umum	53
4.2	Desain Eksisting.....	53
4.3	Data Perencanaan.....	53
4.3.1	Material struktur.....	53
4.3.2	Dimensi komponen struktur.....	54
4.3.2.1	Dimensi balok.....	54
4.3.2.2	Dimensi Kolom	55
4.3.2.3	Pelat lantai	56
4.3.3	Pembebanan struktur	56
4.3.4	Perhitungan beban mati	56
4.3.5	Beban gempa.....	57
4.4	Perencanaan Pelat Lantai.....	60
4.4.1	Pembebanan pelat lantai.....	60
4.5	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus	67
4.5.1	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-1 (700x300)	67
4.5.2	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-1 (600x300)	80
4.5.3	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-3 (700x300)	93
4.5.4	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-5 (700x300)	106

4.5.5	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-4 (700x250)	118
4.5.6	Perencanaan penulangan longitudinal kolom (800x500)	131
4.5.7	Perencanaan penulangan longitudinal kolom (700x500)	138
4.6	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	145
4.6.1	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-1 (700x300)	145
4.6.2	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-1 (600x300)	154
4.6.3	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-3 (700x300)	163
4.6.4	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-5 (700x300)	172
4.6.5	Perencanaan penulangan lentur dan geser balok BI-4 (700x250)	181
4.6.6	Perencanaan penulangan longitudinal kolom (800x500)	190
4.6.7	Perencanaan penulangan longitudinal kolom (700x500)	197
4.7	Momen, Beban Aksial dan Gaya Geser Nominal Pada Suatu Elemen	203
4.8	Jumlah Tulangan Dari Suatu Elemen	205
4.9	Pondasi SRPMK	210
4.9.1	Data tanah	211
4.9.2	Daya dukung pondasi tiang pancang.....	212
4.10	Pondasi SRPMM	225
4.10.1	Data tanah	225
4.10.2	Daya dukung pondasi tiang pancang.....	227

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan242

5.2 Saran.....243

DAFTAR PUSTAKA

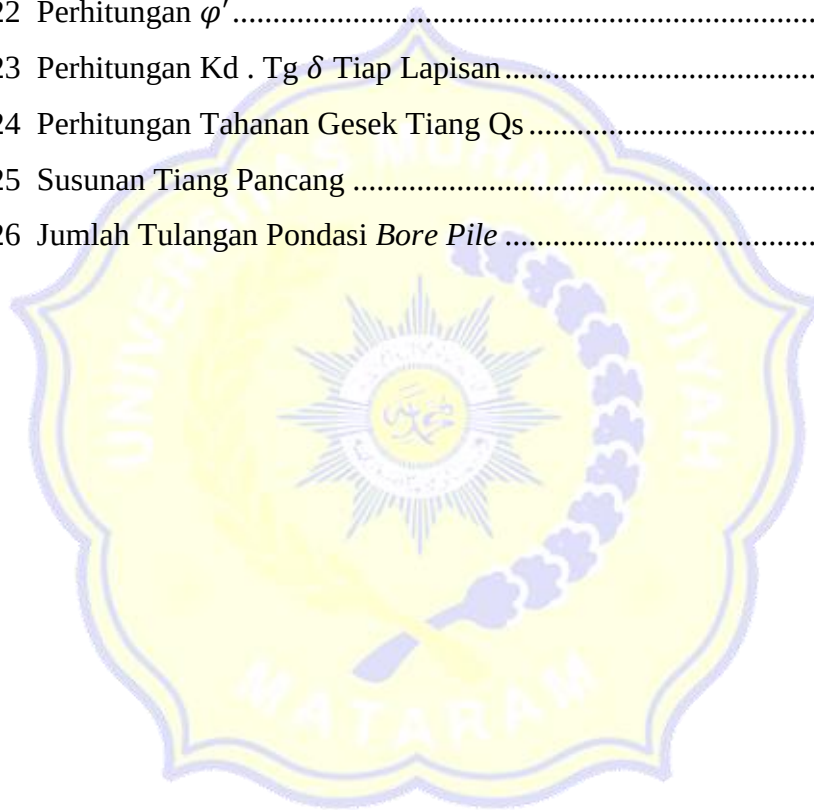
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabal 2.1	Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung	7
Table 2.2	Beban Hidup Pada Lantai Gedung	11
Table 2.3	Koefisien Reduksi Beban Hidup	12
Table 2.4	Tabel Reduksi Beban Hidup Kumulatif	13
Table 2.5	Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	14
Table 2.6	Faktor Keutamaan Gedung.....	17
Table 2.7	Klasifikasi Situs.....	18
Tabel 2.8	Koefisien Situs, F_a	20
Tabel 2.9	Koefisien Situs, F_v	21
Tabel 2.10	Faktor R, C_d , Dan Ω_0 Untuk Menahan Gaya Gempa.....	24
Tabel 2.11	Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t Dan X Ditentukan	25
Tabel 4.1	Dimensi Balok.....	54
Tabel 4.2	Dimensi Kolom	55
Tabel 4.3	Nilai Grafik Respon Spectra	59
Tabel 4.4	Koefisien Momen-Momen Pelat	61
Tabel 4.5	Momen <i>Envelope</i> Pada Balok Akibat Beban Gravitasi Dan Beban Gempa	69
Tabel 4.6	Gaya Geser Eksterior Dan Interior.....	78
Tabel 4.7	Momen <i>Envelope</i> Pada Balok Akibat Beban Gravitasi Dan Beban Gempa	82
Tabel 4.8	Gaya Geser Eksterior Dan Interior.....	91
Tabel 4.9	Momen <i>Envelope</i> Pada Balok Akibat Beban Gravitasi Dan Beban Gempa	94
Tabel 4.10	Gaya Geser Eksterior Dan Interior.....	104
Tabel 4.11	Momen <i>Envelope</i> Pada Balok Akibat Beban Gravitasi Dan Beban Gempa	107
Tabel 4.12	Gaya Geser Eksterior Dan Interior.....	116
Tabel 4.13	Momen <i>Envelope</i> Pada Balok Akibat Beban Gravitasi Dan Beban Gempa	120

Tabel 4.14 Gaya Geser Eksterior Dan Interior	129
Tabel 4.15 Nilai Momen, Beban Aksial Dan Gaya Geser Maksimum	204
Tabel 4.16 Jumlah Tulangan Balok	205
Tabel 4.17 Jumlah Tulangan Kolom	205
Tabel 4.18 Perhitungan ϕ'	209
Table 4.19 Perhitungan K_d . $T_g \delta$ Tiap Lapisan	210
Tabel 4.20 Perhitungan Tahanan Gesek Tiang Qs	210
Tabel 4.21 Susunan Tiang Pancang	212
Tabel 4.22 Perhitungan ϕ'	224
Tabel 4.23 Perhitungan K_d . $T_g \delta$ Tiap Lapisan	225
Tabel 4.24 Perhitungan Tahanan Gesek Tiang Qs	225
Tabel 4.25 Susunan Tiang Pancang	227
Tabel 4.26 Jumlah Tulangan Pondasi <i>Bore Pile</i>	240



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spektrum Respons Desain	23
Gambar 2.2	Lebar Efektif Maksimum Balok Lebar (<i>Wide Beam</i>) Dan Pernyaratan Tulangan Transversal.....	28
Gambar 2.3	Penampang Persegi Bertulangsn Tunggal	38
Gambar 2.4	Gaya Geser Pons Pada <i>Pile Cap</i>	41
Gambar 3.1	Lokasi Pembangunan Gedung Hotel Golden Tulip.....	42
Gambar 3.2	Denah Balok Lantai 3	43
Gambar 3.3	Potongan Melintang Portal	43
Gambar 3.4	Potongan Memanjang Portal	44
Gambar 3.5	Parameter Pergerakan Tanah Ss	47
Gambar 3.6	Parameter Pergerakan Tanah S1.....	47
Gambar 3.7	Koefisien Situs Fa.....	48
Gambar 3.7	Koefisien Situs Fv	48
Gambar 3.8	Spektrum Respon Desain	49
Gambar 3.9	<i>Load Case Data</i>	49
Gambar 3.10	<i>Box Load Combinations</i>	50
Gambar 3.11	<i>Analysis Options</i>	51
Gambar 3.13	Bagan Alir Perencanaan	52
Gambar 4.1	Parameter Gerakan Tanah Ss.....	55
Gambar 4.2	Parameter Gerakan Tanah S1	55
Gambar 4.3	Grafik Respon Spectra Mataram	60
Gambar 4.4	Desain Pelat Lantai	66
Gambar 4.5	Penampang Melintang Balok T	68
Gambar 4.6	Sketsa Penulangan Penampang Kritis Balok BI-1	76
Gambar 4.7	Sketsa Penulangan Penampang Kritis Balok BI-1	89
Gambar 4.8	Sketsa Penulangan Penampang Kritis Balok BI-3	101
Gambar 4.9	Sketsa Penulangan Penampang Kritis Balok BI-5	114
Gambar 4.10	Sketsa Penulangan Penampang Kritis Balok BI-4	127
Gambar 4.11	Penampang Balok Daerah Tumpuan BI-1.....	149

Gambar 4.12	Penampang Balok Daerah Lapangan BI-1	152
Gambar 4.13	Penampang Balok Daerah Tumpuan BI-1.....	158
Gambar 4.14	Penampang Balok Daerah Lapangan BI-1	161
Gambar 4.15	Penampang Balok Daerah Tumpuan BI-3.....	167
Gambar 4.16	Penampang Balok Daerah Lapangan BI-3	170
Gambar 4.17	Penampang Balok Daerah Tumpuan BI-5.....	176
Gambar 4.18	Penampang Balok Daerah Lapangan BI-5	179
Gambar 4.19	Penampang Balok Daerah Tumpuan BI-4.....	185
Gambar 4.20	Penampang Balok Daerah Lapangan BI-4	188
Gambar 4.21	Grafik Perbandingan Nilai Momen SRPMK Dan SRPMM.....	204
Gambar 4.22	Grafik Perbandingan Nilai Gaya Geser SRPMK Dan SRPMM	205
Gambar 4.23	Grafik Perbandingan Jumlah Tulangan Balok SRPMK Dan SRPMM	206
Gambar 4.24	Grafik Perbandingan Jumlah Tulangan Kolom SRPMK Dan SRPMM.....	207
Gambar 4.25	Hasil Uji Sondir Pada 6 Titik	208
Gambar 4.26	Jumlah Tiang Pancang Yang Digunakan	212
Gambar 4.27	Tinjauan Geser Arah X.....	213
Gambar 4.28	Tinjauan Geser Arah Y.....	215
Gambar 4.29	Daerah Geser <i>Pons</i>	216
Gambar 4.30	Hasil Uji Sondir Pada 6 Titik.....	223
Gambar 4.31	Jumlah Tiang Pancang Yang Digunakan	227
Gambar 4.32	Tinjauan Geser Arah X.....	228
Gambar 4.33	Tinjauan Geser Arah Y.....	230
Gambar 4.34	Daerah Geser <i>Pons</i>	231
Gambar 4.35	Grafik Perbandingan Jumlah Tulangan Pondasi <i>Bore Pile</i>	236

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan
a	: tinggi balok tegangan persegi ekuivalen, mm
A_g	: luas penampang bruto, mm^2
A_s	: luas tulangan tarik, mm^2
A_s'	: luas tulangan tekan, mm^2
A_v	: luas tulangan geser, mm^2
b	: lebar penampang, mm
b_f	: lebar sayap balok-T, mm
C	: koefisien gempa dasar
c	: jarak sisi terluar jarak netral, mm
C_c	: gaya tekan pada beton, kN
C_s	: gaya pada tulangan tekan, kN
C_v	: faktor respons gempa vertikal
d	: jarak dari sisi terluar ke pusat tulangan tarik, mm
d_i	: simpangan horizontal lantai tingkat ke-i
d'	: jarak dari sisi terluar ke pusat tulangan tekan, mm
D_p	: diameter tulangan pokok, mm
D_s	: diameter tulangan geser, mm
DL	: beban mati, kN
e	: eksentrisitas gaya terhadap sumbu, mm
E_c	: modulus elastisitas beton, MPa
E_s	: modulus elastisitas baja, MPa
f'_c	: kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa
f_s	: tegangan tulangan tarik, MPa
f_s'	: tegangan tulangan tekan, MPa
f_y	: tegangan leleh baja yang di syaratkan, MPa
g	: percepatan gravitasi, $9810 \text{ mm}/det^2$
h	: tinggi penampang beton, mm
h_f	: tinggi pelat beton, mm

h_n	: tinggi gedung, m
I	: factor keutamaan gedung
I_g	: momen inersia dari penampangbruto terhadap garis sumbunya, mm^4
k	: paktor panjang efektif kolom
l_n	: panjang bentang bersih kolom, mm
l_u	: panjang tak tertumpu kolom, mm
LL	: beban hidup, mm
M_n	: kapasitas momen nominal penampang, kNm
M_u	: momen luar yang bekerja, kNm
P_n	: beban aksial nominal, kN
P_u	: beban aksial terfaktor, kN
R	: factor reduksi gempa
s	: selimut beton, mm
s	: spasi sengkang, mm
T	: waktu getar fundamental struktur gedung, detik
V_c	: kuat geser nominal yang disumbangkan beton, kN
V_n	: kuat geser nominal pada penampang, kN
V_s	: kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser, kN
V_u	: kuat geser terfaktor pada penampang, kN
W_{DL}	: berat beban mati bangunan, kN
W_{LL}	: berat beban hidup bangunan, kN
Z_i	: tinggi tiap lantai gedung, mm
β_1	: factor reduksi tinggi balok tegangan ekuivalen beton
ρ	: rasio tulangan tarik
ρ'	: rasio tulangan tekan
ρ_b	: rasio tulangan dalam keadaan seimbang
Φ	: faktor reduksi kekuatan
μ	: faktor daktilitas struktur
Ψ	: kekuatan <i>relatif</i> kolom

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I. Desain eksisting gedung hotel golden tulip mataram dan data perancangan
- Lampiran II Zona peta gempa Indonesia SNI-1726-2019
- Lampiran III Analisa struktur menggunakan aplikasi SAP2000 v14
- Lampiran IV Hasil analisa gaya-gaya dalam dengan menggunakan aplikasi SAP2000 v14
- Lampiran V Momen-momen pada pelat
- Lampiran VI Komponen pada struktur kolom
- Lampiran VII Gambar-gambar hasil analisa struktur



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya perkembangan pembangunan yang sudah menyebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, banyak didirikan bangunan-bangunan bertingkat sebagai penunjang dalam proses peningkatan kekuatan dalam persaingan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) maupun industri, baik dilakukan oleh pihak pemerintah maupun dari pihak swasta. Dilihat dari letak geografis Indonesia terletak di daerah rawan gempa yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena wilayah Indonesia berada diantara empat sistem tektonik yang aktif yakni tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik. Oleh sebab itu, dalam merencanakan gedung hendaknya direncanakan agar dapat menahan beban gravitasi dan beban Gempa.

Gempa adalah fenomena alam yang tidak selalu menyebabkan bencana. Hanya objek yang memiliki potensi kelemahan yang dapat mengubah fenomena tersebut menjadi bencana. Kelemahan potensial ini disebut resiko seismic yang berkaitan dengan kemungkinan terjadinya kerugian dibawah gempa. Kerugian ini ditimbulkan dari perpaduan tiga aspek umum, yaitu bahaya gempa bumi, asset yang beresiko, dan kerentanan dari asset tersebut. Analisis resiko gempa harus dipertimbangkan dari berbagai macam aspek dan bukan hanya pada masalah pemeriksaan teknis saja, tetapi juga harus dinilai dalam hal kesesuaian dengan kebiasaan masyarakat dan aspek lainnya. Kerentanan disisi lain adalah probabilitas hilangnya lingkungan binaan karena gempa. Makin rentang, makin tinggi probabilitas kegagalan yang diharapkan dari gempa. Kerentanan structural adalah kemungkinan kerusakan bangunan baik bagian atau keseluruhan yang diperlukan untuk dukungan fisik ketika mengalami gempa kuat atau bahaya lainnya (Idham, 2014).

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis, yang mampu memencarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur harus dikendalikan sedemikian rupa agar

struktur berperilaku memuaskan dan tidak sampai runtuh saat terjadi gempa yang besar, Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan terlebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan seperti ini dikenal sebagai konsep desain kapasitas. (Gideon dan Takim, 1993).

Pada pembangunan Gedung Hotel Golden Tulip Mataram terdiri dari 11 lantai dengan struktur atas (*upper structure*) menggunakan konstruksi beton bertulang. Dalam penelitian ini, penulis akan mendesain struktur Gedung Hotel Golden Tulip Mataram dengan menggunakan dua sistem yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Sistem Rangka Pemikul adalah sistem rangka ruang dalam mana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

Dalam Penulisan ini perhitungan untuk bangunan Gedung Hotel Golden Tulip Mataram menggunakan *Software* SAP 2000 V.14 dan perhitungan gaya/beban gempa yang bekerja dengan metode Analisis Statik Ekuivalen. Sehubungan dengan hal tersebut, maka merencanakan gedung dengan sistem struktur penahan gaya seismik sesuai dengan SNI 03-2847-2019 tentang persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung. Kedua SNI ini merupakan dasar utama dalam perencanaan struktur dengan sistem struktur penahan gaya seismik. Peraturan pembebanan adalah SNI 1727-2012.

1.2 Rumusan Masalah

Didalam perancangan struktur gedung dengan SRPMK dan SRPMM ini, ada beberapa permasalahan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perbandingan perancangan gedung menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem rangka pemikul momen menengah.
2. Berapakah jumlah tulangan yang di dapat dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus

3. Berapakah jumlah tulangan yang di dapat dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah

1.3 Tujuan Penelitian

Didalam perancangan struktur gedung dengan SRPMK dan SRPMM ini, ada beberapa tujuan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui hasil perbandingan perancangan struktur gedung dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem rangka pemikul momen menengah.
2. Dapat mengetahui jumlah tulangan yang didapat dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.
3. Dapat mengetahui jumlah tulangan yang didapat dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah.

1.4 Batasan Masalah

Bahasan yang akan dibahas dalam perancangan struktur gedung hotel golden tulip mmataram dengan menggunakan system rangka pemikul momen khusus dan system rangka pemikul momen menengah yang memiliki 11 lantai dengan rincian perencanaan sebagai berikut:

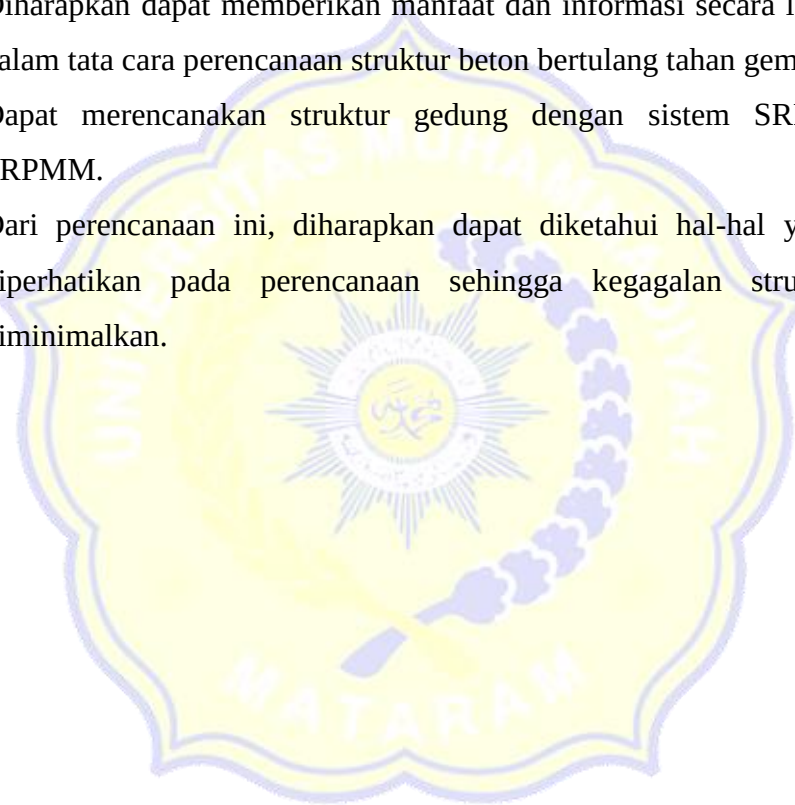
1. Perancangan struktur gedung hotel golden tulip mataram.
2. Perhitungan analisa struktur dan pembebanan menggunakan aplikasi SAP2000 V.14.
3. Perancangan struktur utama yang meliputi pendimensiaan dan penulangan kolom balok
4. Perhitungan balok hanya menggunakan balok persegi.
5. Peraturan yang dipakai dalam perencanaan ini berdasarkan pada pada SNI 03-1726-2019 “ Tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung ”.
6. Untuk perencanaan beton berpedoman pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2019).

7. Data-data pembebanan mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987 dan SNI 1727-2013).
8. Tidak memperhitungkan sistem pelengkap seperti perhitungan tangga, sistem utilitas bangunan, pembuangan, saluran air bersih, instalasi atau jaringan listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi secara lebih detail dalam tata cara perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa.
2. Dapat merencanakan struktur gedung dengan sistem SRPMK dan SRPMM.
3. Dari perencanaan ini, diharapkan dapat diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada perencanaan sehingga kegagalan struktur bias diminimalkan.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Setiap struktur merupakan perpaduan antara arsitektur dan teknik (rekayasa) sehingga memenuhi fungsi tertentu. Bentuk dan fungsi sangat erat kaitannya dengan sistem struktur terbaik adalah salah satu yang paling dapat memenuhi kebutuhan calon pemakai disamping *serviceable*, menarik, dan menghemat biaya dari segi ekonomi. Walaupun hampir semua struktur dirancang untuk jangka waktu 50 tahun, struktur beton yang dibuat dari campuran beton yang baik tercatat mempunyai masa hidup yang lebih lama.

Kontrol kualitas dalam desain bertujuan membuktikan bahwa sistem desain mempunyai keamanan, *serviceability*, dan keawetan. Juga diharapkan memenuhi persyaratan dari peraturan yang ada dan desain tersebut disajikan dengan benar pada gambar kerja dan spesifikasinya. Derajat kontrol kualitas bergantung pada jenis struktur yang akan dibuat: semakin penting system tersebut, semakin diperlukan kontrol kualitasnya.

Pada suatu konstruksi gedung, kolom berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan plat, untuk diteruskan ke tanah dasar melalui fondasi. Beban dari balok dan plat ini berupa beban aksial tekan serta momen lentur (akibat kontinuitas konstruksi). Oleh karena itu dapat didefinisikan, kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa momen lentur (Asroni 2010).

Keteraturan (beraturan atau tidak) atau konfigurasi gedung akan sangat mempengaruhi kinerja gedung sewaktu kena gempa rencana, karena itu struktur gedung dibedakan menjadi dua golongan yaitu yang beraturan dan yang tidak berdasarkan konfigurasi denah dan elevasi gedung.

2.2 Deskripsi Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur gedung adalah sebagai berikut:

2.2.1 Beban mati

Menurut PPPURG 1987, beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

1. Berat sendiri

Seperti yang termuat pada PPPURG 1987 pasal 2.1.1.1.

- a. Ayat 1: berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut tabel 2.1
- b. Ayat 2: Apabila dengan bahan bangunan setempat diperoleh berat sendiri yang menyimpang lebih dari 10 prosen terhadap nilai-nilai yang tercantum dalam tabel 2.1, maka berat sendiri tersebut harus ditentukan tersendiri dengan memperhitungkan kelembaban setempat, dan nilai yang ditentukan ini harus dianggap sebagai pengganti dari nilai yang tercantum dalam tabel 2.1 itu. Penyimpangan ini dapat terjadi terutama pada pasir (antara lain pasir besi), koral (antara lain koral kwarsa), batu pecah, batu alam, batu bata, genting dan beberapa jenis kayu.
- c. Ayat 3: Berat sendiri dari bahan bangunan dan dari komponen gedung yang tidak tercantum dalam tabel 2.1 harus ditentukan sendiri.

2. Reduksi beban mati.

Seperti yang termuat PPPURG 1987 pasal 2.1.1.2.

- a. Ayat 1: apabila beban mati memberikan pengaruh yang menguntungkan terhadap pengerahan kekuatan suatu struktur atau unsur struktur suatu gedung, maka beban mati tersebut harus diambil menurut tabel 1 dengan mengkalikannya dengan koefisien reduksi 0,9.
- b. Ayat 2: Apabila beban mati sebagian atau sepenuhnya memberi pengaruh yang menguntungkan terhadap kemantapan suatu struktur atau unsur

struktur suatu gedung, maka dalam meninjau kemantapan tersebut menurut pasal 2.3 beban mati tersebut harus dikalikan dengan koefisien reduksi 0,9. Adapun tabel berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m^3
Batu Alam	2.600 kg/m^3
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m^3
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m^3
Batu pecah	1.450 kg/m^3
Besi tuang	7.250 kg/m^3
Beton ⁽¹⁾	2.200 kg/m^3
Beton bertulang ⁽²⁾	2400 kg/m^3
Kayu (Kelas I) ⁽³⁾	1.000 kg/m^3
Kerikil, koral (kering udara sampai lembap, tanpa diayak)	1.650 kg/m^3
Pasangan bata merah	1.700 kg/m^3
Pasangan batu belah, batu belat, batu gunung	2.200 kg/m^3
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m^3
Pasangan batu karang	1.450 kg/m^3
Pasir (kering udara sampai lembap)	1.600 kg/m^3
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m^3
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembap)	1.850 kg/m^3
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembap)	1.700 kg/m^3
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m^3
Tanah hitam (timbel)	11.400 kg/m^3
KOMPONEN GEDUNG	

Lanjutan Tabel 2.1

Adukan, per cm tebal :	
- Dari semen	21 kg/m^2
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m^2
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m^2
Dinding Pas. Bata merah :	
- Satu batu	450 kg/m^2
- Setengah batu	250 kg/m^2
Dinding pasangan batako :	
Berlubang :	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m^2
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m^2
Tanpa lubang	
- Tebal dinding 15 cm	300 kg/m^2
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m^2
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
- Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m^2
- Kaca, dengan tebal 3-4 mm	10 kg/m^2
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m^2 .	40 kg/m^2
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	7 kg/m^2
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m^2 bidang atap	50 kg/m^2
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m^2	40 kg/m^2

Lanjutan Tabel 2.1

bidang atap	
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	40 kg/m^2
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal.	10 kg/m^2
	24 kg/m^2
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m^2

Sumber: PPPURG, 1987

2.2.2 Beban hidup

Menurut PPPURG 1987, beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau pengguna suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pemnbebanan lantai dan atap tersebut. Khusus untuk atap beban hidup berasal dari air hujan, dan untuk beban angin, beban gempa dan beban khusus tidak termasuk beban hidup.

1. Beban hidup pada lantai gedung

Seperti yang tercantum pada PPPURG 1987 pasal 2.1.2.1.

- a. Ayat 1: Beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut tabel 2.10 kedalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m^2 . Beban-beban berat misalnya yang disebabkan oleh lemari lemari arsip dan perpustakaan serta oleh alat-alat, mesin-mesin dan barang-barang lain tertentu yang sangat berat harus ditentukan tersendiri.
- b. Ayat 2: beban yang ditentukan dalam pasal ini tidak perlu dikalikan dengan suatu koefisien kejut.

- c. Ayat 3: lantai-lantai gedung yang dapat diharapkan akan dipakai untuk berbagai tujuan, harus direncanakan terhadap beban hidup terberat yang mungkin dapat terjadi.

2. Beban hidup pada atap gedung

Seperti yang tercantum pada PPPURG 1987 pasal 2.1.2.2.

- a. Ayat 1: Beban hidup pada atap dan atau bagian atap serta pada struktur tudung (*canopy*) yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 kg/m^2 . bidang datar.
- b. Ayat 2: Beban hidup pada atap dan atau bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang paling menentukan diantara dua macam beban berikut
 - Beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar $(40-0,8 \alpha) \text{ kg/m}^2$, di mana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m^2 dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya adalah lebih besar dari 50° .
 - Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan perlataannya sebesar 100 kg .
- c. Ayat 3: Pada balok tepi atau gording tepi dari atap yang tidak cukup ditunjang oleh dinding atau penunjang lainnya dan pada kantilever harus ditinjau kemungkinan adanya beban hidup terpusat sebesar min. 200 kg .

Adapun tabel beban hidup lantai gedung dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

Beban Hidup	Besar Beban (kg/m^2)
Lantai dan tangga rumah tinggal	200
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125
Lantai sekolah, ruang kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250
Lantai ruang olah raga	400
Lantai ruang dansa	500
Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400
Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400
Lantai gedung parkir bertingkat	
- Untuk lantai bawah	800
- Untuk lantai tingkat lainnya	400
Balkon-balkon yang menjolok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum.	300

Sumber: PPPURG, 1987

3. Reduksi Beban Hidup

Seperti yang termuat pada PPPURG, 1987 pasal 2.1.2.5. bahwa nilai-nilai koefisien reduksi beban hidup adalah seperti yang terlihat pada tabel 2.3. Reduksi Beban Hidup pada perencanaan balok induk dan portal (beban horisontal/gempa dan angin), dapat dikalikan dengan faktor reduksi, dan nilai-nilai koefisien reduksi beban hidup komulatif dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.3 Koefisien Reduksi Beban Hidup

Penggunaan gedung	Koefisien reduksi beban hidup	
	Untuk perencanaan balok induk dan portal	Untuk peninjauan gempa
Perumahan/penghunian :		
- Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,75	0,30
Pendidikan :		
- Sekolah, ruang kuliah	0,90	0,50
Pertemuan umum		
- Masjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa, ruang pagelaran	0,90	0,50
Kantor :		
- Kantor, bank	0,60	0,30
Perdagangan :		
- Toko, toserba, pasar	0,80	0,80
Penyimpanan :		
- Gudang, perpustakaan, ruang arsip industry	0,80	0,80
- Pabrik, bengkel	1,00	0,90

Lanjutan tabel 2.3

Tempat kendaraan :		
- Garasi, gedung parker	0,90	0,50
Gang dan tangga :		
- Perumahan/penghunian	0,75	0,30
- Pendidikan, kantor	0,75	0,50
Pertemuan umum, perdagangan, penyimpanan, industri, tempat kendaraan.	0,90	0,50

Sumber: PPPURG, 1987

Tabel 2.4 Tabel Reduksi Beban Hidup Kumulatif

Jumlah lantai yang dipikul	Koefisien reduksi yang dikalikan kepada beban hidup kumulatif
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
8 dan lebih	0,4

Sumber: PPPURG, 1987

2.2.3 Beban gempa

Menurut PPPURG, 1987 beban gempa ialah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalamstruktur tersebut tang terjadi oleh gerakan

tanah akiobat gempa itu.

1. Gempa rencana

Seperti yang terdapat dalam SNI 03-1726-2019 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Pasal 4.1.1 Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

2. Faktor keutamaan dan kategori risiko struktur bangunan

Seperti yang terdapat dalam SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Pasal 4.1.2 Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 2.5 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 2.7. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I

Lanjutan tabel 2.5

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko 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 - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air	

Lanjutan tabel 2.5

- Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : - Bangunan-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, fasilitas bedah dan unit gawat 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 material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada	IV

Lanjutan tabel 2.5

saat keadaan darurat . Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	
--	--

Sumber: SNI 1726:2019

Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gedung

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Sumber: SNI 1726:2019

3. Klasifikasi situs

Berdasarkan SNI 1726-2019 – tata cara perencanaan ketahan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung pada pasal 5.1 bahwa dalam perumusan kriteria desain seismic suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan tabel 2.7, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs SA dan kelas situs SB tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit fondasi dan permukaan batuan dasar.

Tabel 2.7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah lunak)	< 175 < 15 < 50 Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser niralinir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat bebangempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa		

Sumber : SNI 1726:2019

4. Wilayah gempa dan spektrum *respons*

a. Parameter percepatan gempa

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tata Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Pasal 6.1.

1) Parameter kecepatan terpetakan

Peremeter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam blangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04$ g dan $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan boleh dimasukkan kedalam kategori desain seismik A, dan cukup memenuhi persyaratan dalam pasal 6.6.

2) Kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SE, atau SF yang mengikuti 5.3. bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bias ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

b. Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R). Berdasarkan SNI 1726-2019 Tata Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung pasal 6.2 bahwa untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan

pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}). dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots(2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan:

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek;

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Dan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti tabel 2.8 dan tabel 2.9. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan pasal 8, maka nilai F_a harus ditentukan sesuai 8.8.1 serta nilai F_v , S_{MS} , dan S_{M1} tidak perlu ditentukan.

Tabel 2.8 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2.9 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=1$ detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,6	1,5	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,5	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber : SNI 1726:2019

c. Parameter percepatan spektral desain

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung pasal 6.3 bahwa parameter percepatan spectral desain untuk perioda, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui persamaan 2.4 dan persamaan 2.5.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan:

S_{DS} = parameter percepatan respon spektral pada periode pendek,
redaman 5%

S_{D1} = parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik,
redaman 5%

d. Spektrum respons desain

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, pasal 6.4 bahwa 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 Gambar 2.1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan 2.6.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

2. 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 SDS ;

3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan 2.7.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2.7)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan 2.8.

$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

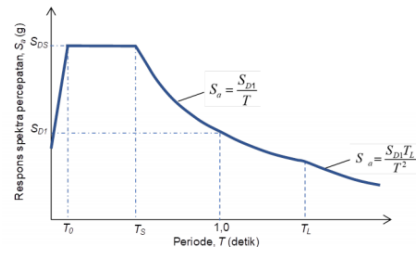
Dengan:

T = Periode getar fundamental struktur

Nilai periode getar fundamental gedung yang di desain dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.9 dan persamaan 2.10.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.10)$$



Sumber: SNI 1726, 2019

Gambar 2.1 Spektrum Respons Desain

e. Sistem penahan gaya seismik

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, pasal 7.2.2 bahwa system penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila system berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus dikenakan pada system, termasuk batasan system struktur yang termuat dalam tabel 2.10.

Tabel 2.10 Faktor R, C_d , Dan Ω_0 Untuk Menahan Gaya Gempa

Sistem Penahan-gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih system Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) pada kategori desain seismic				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5,5	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4	TB	TB	10 ^{h,I}	TI ^h	TI ^I
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^I
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen Menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5,5	48	48	30	TI	TI

Sumber : SNI 1726:2019

f. Periode fundamental pendekatan

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, pasal 7.8.2.1 bahwa perioda fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan 2.11.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan:

h_n = ketinggian struktur, dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 2.11.

Tabel 2.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan X Ditentukan

Tipe struktur	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,80
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,90
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726:2019

g. Geser dasar seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, pasal 7.8.1 Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.12.

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut 7.7.2

h. distribusi vertical gaya gempa

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, pasal 7.8.3 Gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.13 dan persamaan 2.14.

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots\dots\dots (2.13)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum W_i \cdot h_i^x} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

W_i dan W_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , (meter)

K = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:
 untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$
 untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$
 untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$
 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.2.4 Kombinasi pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain pasal 2.3.2 bahwa kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.15 sampai dengan persamaan 2.21.

1. $1,4 D \dots\dots\dots (2.15)$

2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.16)$

3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$(2.17)
4. $1,2 D \pm 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$ (2.18)
5. $1,2 D \pm 1,0 E + L$ (2.19)
6. $0,9 D \pm 1,0 W$ (2.20)
7. $0,9 D \pm 1,0 E$ (2.21)

Dengan:

- D = Pengaruh dari beban mati
 L = Pengaruh dari beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung
 L_r = Beban hidup yang diakibatkan oleh pembebanan atap
 E = Pengaruh dari beban gempa
 W = Pengaruh dari beban angin.
 R = Beban hujan
 S = Beban salju

2.3 Perencanaan Struktur Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

2.3.1 Balok sistem rangka pemikul momen khusus

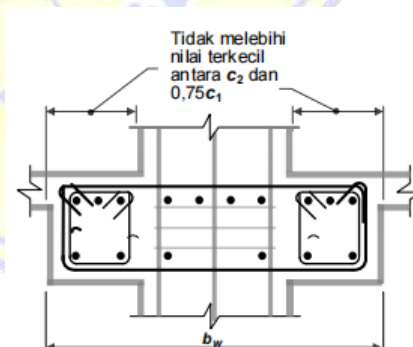
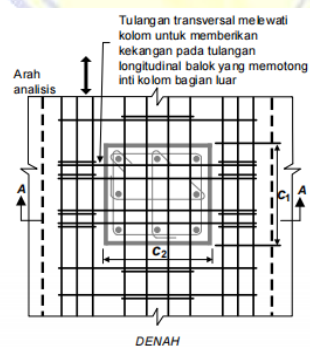
Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.6.

2.3.1.1 Ruang lingkup. Balok sistem rangka pemikul momen khusus harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Balok sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya didesain untuk menahan lentur dan geser.
2. Balok-balok system rangka pemikul momen khusus harus merangka ke kolom-kolom system rangka pemikul momen khusus sesuai 18.7.

2.3.1.2 Batasan dimensi. Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.6.2 menunjukkan bahwa, akibat perpindahan bolak-balik di dalam rentang nonlinier, perilaku komponen struktur kontinu yang memiliki rasio panjang terhadap tinggi kurang dari 4 berbeda secara signifikan dari perilaku komponen struktur yang relatif ramping. Aturan desain yang berasal dari pengalaman dengan komponen struktur yang relative ramping tidak berlaku secara langsung untuk komponen struktur dengan rasio panjang terhadap tinggi kurang dari 4, terutama berhubungan dengan kekuatan geser.

1. Balok harus memenuhi syarat sebagai berikut
 - a. Bentang bersih l_n , harus minimal $4d$
 - b. Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
 - c. Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing-masing sisi kolom. Contoh lebar efektif maksimum balok dapat dilihat pada gambar 2.2.



Sumber: SNI 2847, 2019

a. Denah

b. Potongan A-A

Gambar 2.2 Lebar Efektif Maksimum Balok Lebar (*Wide Beam*) dan Pernyaratan Tulangan Transversal

2.3.1.3 Tulangan longitudinal. Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.6.3 batasan rasio tulangan 0,025 didasarkan terutama pada pertimbangan kerapatan tulangan dan secara langsung membatasi tegangan geser balok dengan proporsi tipikal. Tulangan longitudinal harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Balok-balok harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus pada sisi atas dan bawah penampang. Pada sebarang penampang, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan 9.6.1.2, dan rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025, baik untuk tulangan atas maupun bawah.
2. Kekuatan momen positif pada muka *joint* harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif pada muka *joint* tersebut. Kekuatan momen negatif dan positif pada sebarang penampang di sepanjang bentang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum pada muka kedua *joint*.
3. Sambungan lewatan tulangan longitudinal diizinkan jika sengkang pengekang atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewatan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung-lewatkan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada lokasi.
 - a. Dalam *joint*
 - b. Dalam jarak dua kali tinggi balok dari muka *joint*
 - c. Dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.

2.3.1.4 Tulangan transversal. Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.6.4 tulangan transversal disyaratkan terutama untuk kekangan beton dan mempertahankan pendukung lateral untuk batang tulangan pada daerah dimana keletihan terjadi. Contoh sengkang tertutup dapat dilihat pada gambar 2.2. tulangan transversal harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Sengkang pengekat harus dipasang pada balok di daerah berikut:
 - a. Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung balok
 - b. Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.
2. Bila diperlukan sengkang pengekat, batang tulangan longitudinal utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan harus diberi tumpuan lateral pasal 25.7.2.3 atau pasal 25.7.2.4. Spasi tulangan longitudinal yang tertumpu secara lateral tidak boleh melebihi 350 mm. Tulangan longitudinal samping yang disyaratkan pada pasal 9.7.2.3 tidak perlu tertumpu secara lateral.
3. Sengkang pengekat pada balok diizinkan terdiri dari dua batang tulangan: yaitu sebuah sengkang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya dan ikat silang sebagai penutup. Ikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan longitudinal yang sama harus memiliki kait 90 derajat yang dipasang selang-seling pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur lentur. Jika batang tulangan longitudinal yang ditahan oleh ikat silang dikekang oleh pelat hanya pada satu sisi komponen struktur lentur, maka kait 90 derajat dari ikat silang harus ditempatkan pada sisi tersebut.
4. Sengkang pengekat pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu. Spasi sengkang pengekat tidak boleh melebihi nilai terkecil yaitu antara $d/4$, enam kali diameter terkecil batang

tulangan lentur utama, tidak termasuk tulangan longitudinal samping yang disyaratkan pada pasal 9.7.2.3, dan 150 mm.

5. Bila diperlukan sengkang pengekang, sengkang pengekang tersebut harus didesain untuk menahan geser sesuai pasal 18.6.5.
6. Bila sengkang pengekang tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang balok.
7. Pada balok yang mengalami gaya tekan aksial terfaktor melebihi $A_g \cdot f'_c / 10$ harus dipasang sengkang pengekang yang memenuhi pasal 18.7.5.2 hingga pasal 18.7.5.4 sepanjang jarak yang ditentukan pada pasal 18.6.4.1. Di luar jarak tersebut harus dipasang sengkang pengekang yang memenuhi pasal 18.7.5.2 dengan spasi s tidak lebih dari nilai terkecil antara enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil dan 150 mm. Pada kondisi tebal selimut beton melebihi 100 mm di luar tulangan transversal, harus dipasang tulangan transversal tambahan yang memiliki selimut beton yang tidak lebih dari 100 mm dan spasi tidak lebih dari 300 mm.

2.3.1.5 Kekuatan geser. Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.6.5 kecuali balok memiliki kekuatan momen yang berada pada 3 atau 4 kali momen desain, harus diasumsikan akan leleh pada lentur jika terjadi gempa besar. Gaya geser desain harus dipilih sehingga menjadi pendekatan yang baik dari geser maksimum yang dapat dihasilkan komponen. Oleh karena itu, persyaratan kekuatan geser pada komponen rangka berhubungan dengan kekuatan lentur dari komponen yang didesain daripada dengan gaya geser terfaktor ditunjukkan oleh analisis beban lateral. Kekuatan geser harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Gaya desain

Gaya geser desain V_e harus dihitung dari tinjauan gayagaya pada bagian balok di antara kedua muka *joint*. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatan momen lentur maksimum yang

mungkin terjadi, M_{pr} , harus diasumsikan bekerja pada muka-muka *joint* dan balok dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor di sepanjang bentangnya.

2. Tulangan transversal

Tulangan transversal sepanjang daerah yang diidentifikasi dalam 18.6.4.1 harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana kedua syarat berikut.

- Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai pasal 18.6.5.1 mewakili setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut.
- Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g \cdot f'_c / 20$.

2.3.2 Kolom sistem rangka pemikul momen khusus

Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.7.

2.3.2.1 Ruang lingkup. Kolom sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya didesain untuk menahan gaya lentur, geser, dan aksial.

2.3.2.2 Batasan dimensi. Batasan dimensi harus memenuhi persyaratan berikut sesuai SNI 2847-2019 berikut.

- Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

2.3.2.3 Kekuatan lentur minimum kolom. Kekuatan momen lentur harus memenuhi persyaratan berikut.

- Kolom-kolom harus memenuhi pasal 18.7.3.2 atau 18.7.3.3.
- Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan 2.22.

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan:

$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka *joint*, tulangan pelat dalam lebar efektif pelat sesuai 6.3.2 harus diasumsikan berkontribusi terhadap M_{nb} jika tulangan pelat tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritisnya.

2.3.2.4 Tulangan longitudinal. Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.7.4 batas bawah luas tulangan longitudinal adalah untuk mengontrol deformasi jangka panjang dan untuk memiliki momen leleh melebihi momen retaknya. Batas atas luas tulangan longitudinal mencerminkan kepedulian terhadap kerapatan tulangan, transfer beban dari elemen lantai ke kolom (terutama dalam konstruksi bangunan tingkat rendah) dan peningkatan tegangan geser yang tinggi. Tulangan longitudinal harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Luas tulangan longitudinal A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,06A_g$.
2. Pada kolom-kolom dengan sengkang bundar, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.
3. Sambungan mekanis harus memenuhi pasal 18.2.7 dan sambungan las pada pasal 18.2.8. Sambungan lewatan diizinkan hanya dalam daerah tengah tinggi kolom dan harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik dan harus dilingkupi tulangan transversal yang memenuhi pasal 18.7.5.2 dan pasal 18.7.5.3.

2.3.2.5 Tulangan transversal. Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.7.5 tulangan ini berkaitan dengan pengekangan beton dan penyediaan dukungan lateral untuk tulangan longitudinal. Tulangan transversal yang disyaratkan pada pasal 18.7.5.2 hingga pasal 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang dari masing-masing muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastik. Panjang tidak boleh kurang dari nilai terbesar berikut.

1. Tinggi kolom pada muka *joint* atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
2. Seperenam tinggi bersih kolom
3. 450 mm

2.3.2.6 Kekuatan geser. Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.7.6 gaya geser desain V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gayagaya maksimum yang dapat terjadi di muka-muka joint pada setiap ujung kolom. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , di setiap ujung kolom yang terkait dengan rentang beban aksial terfaktor, P_u , yang bekerja pada

2.4 Perencanaan Struktur Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.4.

2.4.1 Ruang Lingkup

Sistem rangka pemikul momen menengah termasuk pelat dua arah tanpa balok yang merupakan bagian system pemikul gaya seismik.

2.4.2 Balok

Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.4.2 balok harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua sisi atas dan bawah penampang. Tulangan bawah yang menerus harus memiliki luas tidak kurang dari seperempat luas maksimum tulangan bawah. Tulangan ini harus diangkur untuk dapat mencapai kekuatan leleh tarik f_y pada muka tumpuan.
2. Kekuatan momen positif pada muka *joint* tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka *joint* tersebut. Baik kekuatan momen negatif maupun positif pada sebarang penampang sepanjang bentang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu join pada bentang balok yang ditinjau.
3. Nilai ϕV_n tidak boleh kurang dari nilai terkecil berikut.
 - a. Jumlah gaya geser terkait dengan tercapainya M_n pada muka joint di setiap ujung balok akibat lentur berbalik arah (kurvatur ganda) dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor
 - b. Gaya geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain termasuk E , dengan E ditetapkan sebesar dua kali nilai yang dipersyaratkan SNI 1726.
4. Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang balok.

2.4.3 Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya pasal 18.4.3. Gaya geser terfaktor yang ditentukan dari diagram badan-bebas diperoleh dengan memotong ujung kolom, dengan momen nominal yang bekerja dalam lentur kurvatur balik, baik searah jarum jam maupun berlawanan jarum jam.

1. Nilai ϕV_n tidak boleh kurang dari nilai terkecil poin berikut.

- a. Jumlah gaya geser yang terkait dengan tercapainya M_n pada muka joint di setiap ujung kolom akibat lentur berbalik arah (kurvatur ganda). Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor yang konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.
 - b. Gaya geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban terfaktor, termasuk E , dengan $0.0E$ sebagai pengganti E .
2. Kolom bundar harus diberi tulangan spiral sesuai dengan Pasal 10 atau harus memenuhi persyaratan pada pasal 18.4.3.3 hingga pasal 18.4.3.5. Ketentuan pasal 18.4.3.6 harus diberlakukan untuk semua kolom yang menumpu komponen struktur kaku tak menerus.
3. Pada kedua ujung kolom, sengkang tertutup harus dipasang dengan spasi s_o sepanjang l_o dari muka joint. Spasi s_o tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:
- a. 8 kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
 - b. 24 kali diameter batang tulangan sengkang pengekang
 - c. Setengah dimensi penampang terkecil kolom
 - d. 300 mm
- Panjang l_o tidak boleh kurang dari nilai terbesar dari:
- e. Seperenam tinggi bersih kolom
 - f. Dimensi maksimum penampang kolom
 - g. 450 mm

2.5 Kondisi Penulangan Pada Balok Beton

2.5.1 Tulangan yang diperlukan

Beton bertulang direncanakan mengalami keruntuhan tarik secara perlahan dan bertahap. Hal tersebut dimungkinkan apabila tulangan beton terlebih dahulu meleleh sebelum regangan beton mencapai maksimum (*under-reinforced*). Dengan dasar perencanaan tersebut, SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.3 membatasi jumlah tulangan tersebut berkaitan dengan rasio penulangan (ρ). Sedangkan arti ratio penulangan adalah perbandingan antara jumlah luas penampang tulangan baja

tarik terhadap luas efektif penampang $\rho = \frac{A_s}{b.d}$. pembatasan dimaksud dalam SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.3 adalah rasio penulangan maksimum yang diijinkan, dibatas sebesar 0,75 kali rasio penulangan keadaan seimbang (ρ_b), $\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$, sedangkan rasio tulangan seimbang (ρ_b) menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.4 ayat 3 adalah sebesar sesuai dengan persamaan 2.23.

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{f'_c \cdot 600}{f_y \cdot (600 + f_y)} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

Dan rasio penulangan minimum menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.5 ayat 1 adalah sebesar sesuai dengan persamaan 2.24.

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.24)$$

Struktur harus direncanakan sampai semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban gaya terfaktor. Persyaratan tersebut disederhanakan menjadi sebagai berikut pada persamaan 2.25.

$$M_u = \Phi \cdot M_n \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan

M_n = dapat dilihat sesuai dengan persamaan 2.26.

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (2.26)$$

Untuk nilai a dapat dicari sesuai persamaan 2.27.

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots (2.27)$$

Untuk mencari rasio penulangan (ρ) yang akan menentukan luas tulangan dari suatu penampang beton bertulang dapat digunakan rumus sesuai dengan persamaan 2.28.

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_n}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right) \dots\dots\dots (2.28)$$

Untuk mencari luas tulangan yang diperlukan dari suatu penampang dapat dilihat sesuai dengan persamaan 2.29.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.29)$$

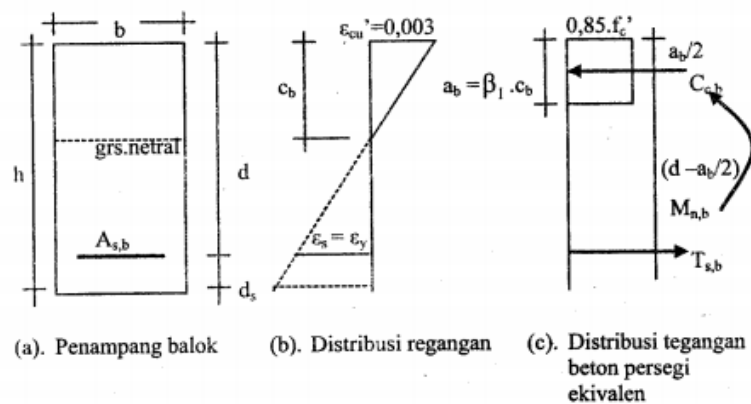
Sedangkan untuk mencari jarak tulangan yang diperlukan dapat dilihat sesuai dengan persamaan 2.30.

$$S_{perlu} = \frac{\frac{\pi}{4} D_{tul}^2 \cdot b}{A_{st}} \dots \dots \dots (2.30)$$

2.5.2 Kapasitas pada balok

3.2.1.1 Desain penampang dengan tulangan tunggal. Permasalahan desain penampang persegi beton terhadap beban lentur dengan tulangan tunggal (tanpa tulangan tekan) adalah menentukan luas tulangan yang diperlukan A_s dengan terlebih dahulu mengetahui unsur-unsur penampang beton yang terdiri dari: ukuran penampang dengan lebar, b dan tinggi efektif, d ; momen berfaktor, M_u ; mutu beton, f'_c ; dan mutu tulangan, f_y . Gambar 2.3 memperlihatkan penampang, distribusi regangan dan diagram gaya dari penampang persegi bertulang tunggal pada kondisi batas yang menerima beban lentur. Resultan gaya tarik tulangan dapat dilihat dipersamaan 2.31.

$$T_s = A_s \cdot f_y \dots \dots \dots (2.31)$$



Sumber: Asroni, 2010

Gambar 2.3 Penampang Persegi Bertulangsn Tunggal

Untuk resultan gaya tekan beton dapat ditulis dengan persamaan 2.32.

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \dots \dots \dots (2.32)$$

Dengan

a = kedalaman tegangan tekan persegi ekuivalen (mm)

Untuk syarat keseimbangan gaya horizontal dicari dengan persamaan 2.33.

$$C_c = T_s \dots \dots \dots (2.33)$$

Untuk mencari kedalaman tegangan tekan persegi ekuivalen ditulis sesuai dengan persamaan 2.34.

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dengan mendefinisikan rasio tulangan tarik terhadap penampang efektif ditulis dengan persamaan 2.35.

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \dots\dots\dots (2.35)$$

Untuk $f'_c \leq 30$ MPa nilai $\beta = 0,85$ dan untuk $f'_c > 30$ MPa , nilai β dicari dengan persamaan 2.36.

$$\beta = 0,85 - [0,001(f'_c - 30)] \dots\dots\dots (2.36)$$

Pasangan kopel gaya tarik tulangan T_s dan gaya tekan beton C_c dapat memberikan kekuatan lentur nominal (momen dalam) ditulis dengan persamaan 2.37 dan 2.38

$$M_n = \left(T_s \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \right) \dots\dots\dots (2.37)$$

Atau

$$M_n = C_c \left(\left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \right) \dots\dots\dots (2.38)$$

Sehingga momen nominal yang didapat dapat ditulis sesuai dengan persamaan 2.39.

$$M_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(\left(1 - 0,59 \cdot \rho \left(\frac{f_y}{f'_c} \right) \right) \cdot b \cdot d^2 \right) \dots\dots\dots (2.39)$$

Dengan mendefinisikan koefisien lawan dapat ditulis sesuai dengan persamaan 2.40.

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(\left(1 - 0,59 \cdot \rho \left(\frac{f_y}{f'_c} \right) \right) \right) \dots\dots\dots (2.40)$$

Sehingga rumus 2.39 dapat berubah menjadi rumus sesuaai dengan persamaan 2.41 dan 2.42.

$$M_n = R_n \cdot b \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.41)$$

Atau

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dengan menetapkan besarnya rasio tulangan tarik diantara ambang batas minimum dan maksimum yang disyaratkan yaitu sesuai dengan persamaan 2.43.

$$\rho \geq \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \leq \rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2.43)$$

Dengan

ρ_b = dapat dicari dengan persamaan 2.44.

$$\rho_b = \beta \left(\frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.44)$$

2.6 Pondasi

Sardjono (1991) menyatakan bahwa pondasi *bore pile* dipergunakan apabila tanah dasar dibawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau tanah kerasnya terdapat sangat dalam. Pada umumnya bore pile di bor tegak lurus ke dalam tanah, tetapi apabila diperlukan untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal maka *bore pile* akan dibor secara miring.

2.6.1 Daya dukung *bore pile*

Jika tiang dibor sampai ke tanah keras melalui lapisan tanah lempung, maka daya dukung tiang dihitung brdasarkan tahanan ujung (*end bearing*) dan *cleef* (*friction pile*)

1. Daya dukung bore pile tunggal dapat dihitung berdasarkan nilai N-SPT sesuai dengan persamaan 2.45.

$$Q_u = \frac{Q_b + Q_s}{SF} - W_B \dots\dots\dots (2.45)$$

Dengan

Q_u = daya dukung ultimit (kN)

Q_b = tahanan ujung bawah ultimit (kN)

Q_s = tahanan ujung gesek (kN)

SF = *Safety factor* (2,5-3,0)

W = berat *bore pile* (kN)

2. Daya dukung kelompok *bore pile* dapat dihitung dengan persamaan 2.46.
Berdasarkan point *bearing piles*

$$Q_{pg} = n. Q_s \dots\dots\dots (2.46)$$

Dengan

Q_{pg} = daya dukung kelompok tiang

n = jumlah *bore pile*

Q_s = daya dukung *bore pile* tunggal

2.6.2 Kontrol gaya geser dua arah (geser pons)

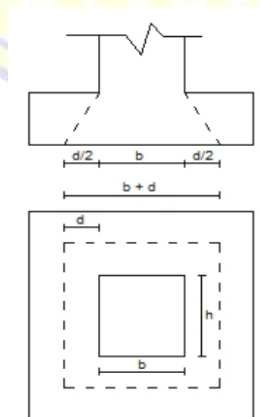
Perhitungan geser *pons* bertujuan untuk mengetahui apakah tebal *pile cap* cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi, gaya geser *pons* itu sendiri dapat dilihat pada gambar 2.4. bidang kritis untuk perhitungan geser *pons* dapat dianggap tegak lurus bidang pelat yang terletak pada jarak $0,5d$ dari keliling beban reaksi terpusat tersebut, dimana d adalah tinggi efektif pelat. Untuk mengontrol geser *pons* pada *pile cap* dapat menggunakan persamaan 2.47 sampai dengan 2.49.

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{2\sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d}{6} \dots\dots\dots (2.47)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d \dots\dots\dots (2.48)$$

$$V_{cm} = 4 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d \dots\dots\dots (2.49)$$

Dari ketiga persamaan tersebut maka dipilih nilai terkecil diantaranya dan harus memenuhi syarat $\phi V_c > P_u$.



Sumber: Penulis, 2021

Gambar 2.4 Gaya Geser Pons Pada *Pile Cap*

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Lokasi Perencanaan

Lokasi studi tugas akhir dengan judul “ Perbandingan Hasil Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Mataram Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMK dan SRPMM” beralamat di Jalan Jend. Sudirman No.40 Rembiga selaparang kota mataram Nusa Tenggara Barat. Seperti yang terlihat pada gambar 3.1.

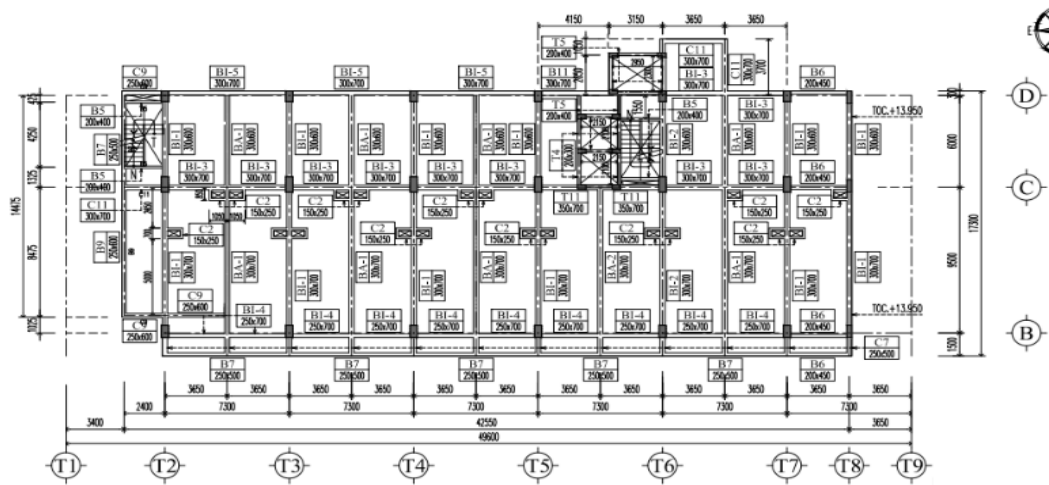


Sumber: *Google Earth*, 2021

Gambar 3.1 Lokasi Pembangunan Gedung Hotel Golden Tulip

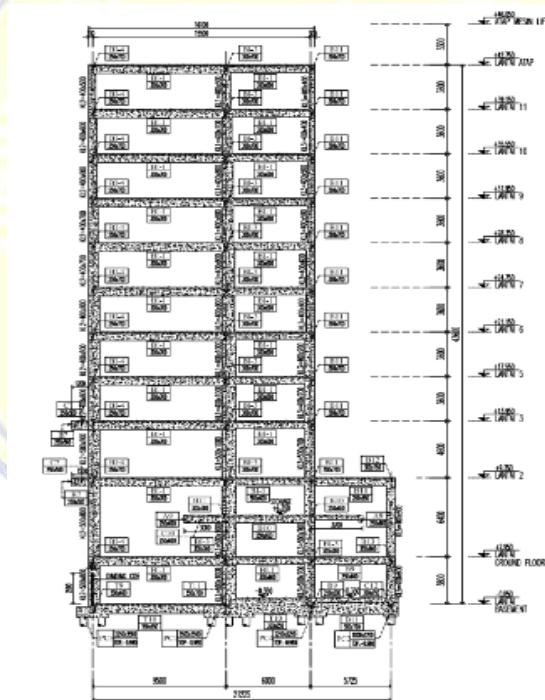
3.2 Geometri Struktur

Model struktur berupa gambar rencana sebagai acuan untuk perencanaan gedung ini diantaranya adalah denah lantai dapat dilihat pada gambar 3.2, potongan melintang portal dapat dilihat pada gambar 3.3 dan memanjang portal dapat dilihat pada gambar 3.4.



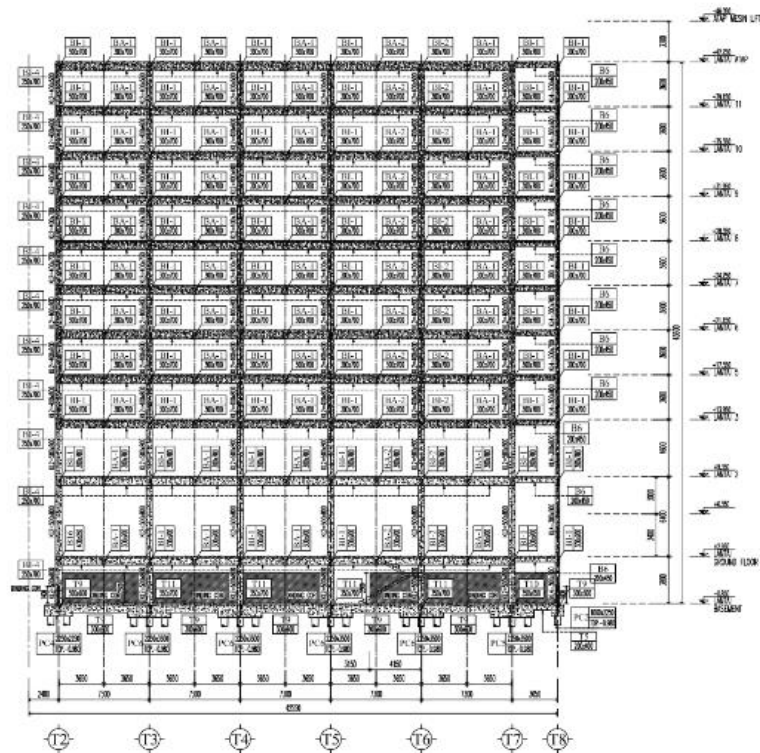
Sumber: Hariyadi, 2021

Gambar 3.2 Denah Balok Lantai 3



Sumber: Hariyadi, 2021

Gambar 3.3 Potongan Melintang Portal



Sumber: Hariyadi, 2021

Gambar 3.4 Potongan Memanjang Portal

3.3 Data Perencanaan

Adapun data-data perencanaan, penulis merencanakan data yang akan digunakan sebagai perencanaan sebagai berikut:

1. Nama gedung : Gedung Hotel Golden Tulip Mataram
2. Fungsi gedung : Penginapan dan Pertemuan
3. Lokasi gedung : Mataram
4. Tebal pelat : 150 mm
5. Pelat ($f'c$) : 30 Mpa
6. Balok ($f'c$) : 30 Mpa
7. Kolom ($f'c$) : 30 Mpa
8. Tulangan (f_y) : 410 Mpa
9. Jumlah lantai : 12
10. Tinggi gedung : +43,6 m
11. Struktur bangunan : Konstruksi rangka beton bertulang

12. Zona gempa : Zona 4 peta zona gempa wilayah indonesia

3.4 Analisa Statika

Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur gedung tersebut maka digunakan program SAP 2000 V.14.

Adapun pedoman perencanaan yang digunakan

1. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 2847:2019).
2. Peraturan pembebanan indonesia untuk gedung 1987.
3. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2019)
4. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013)

3.5 Pembebanan

3.5.1 Beban mati

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Beban mati yang diperhitungkan untuk struktur bangunan ini yaitu. Sumber PPPURG 1987, tabel 2.1)

1. Beban lantai (spesi + keramik) = 90 kg/m^2
2. Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m^2
3. Beban dinding bata = 250 kg/m^2
4. Beton bertulang = 2400 kg/m^3

3.5.2 Beban hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau pengguna suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti

selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. beban hidup struktur gedung direncanakan pada pelat lantai berdasarkan PPPURG 1987.

3.5.3 Beban gempa

Beban gempa ialah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. beban gempa struktur gedung direncanakan berdasarkan SNI 1726:2019.

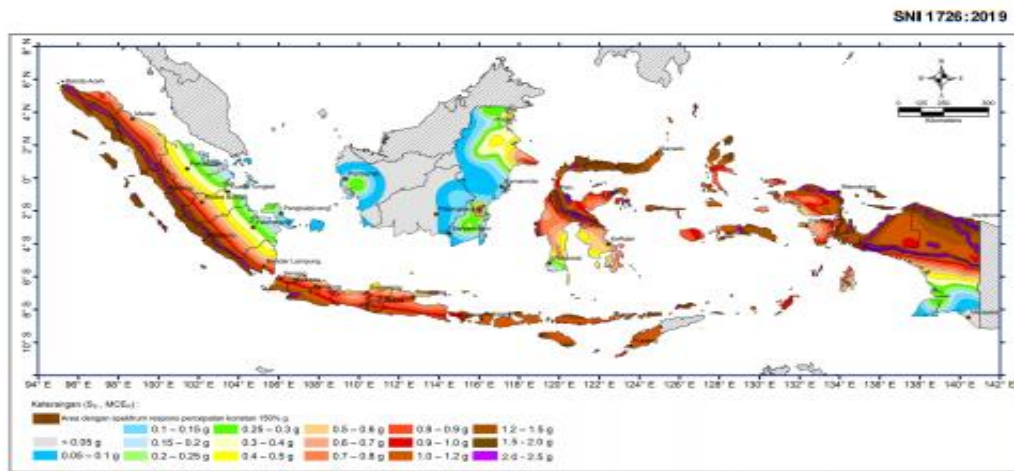
3.5.4 Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan pada perancangan gedung ini sesuai peraturan SNI 1727-2013 pasal 2.3.2 pada persamaan 2.13 sampai dengan persamaan 2.19.

3.6 Tahap Perencanaan Struktur

Analisa struktur dengan analisa respon spectrum dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

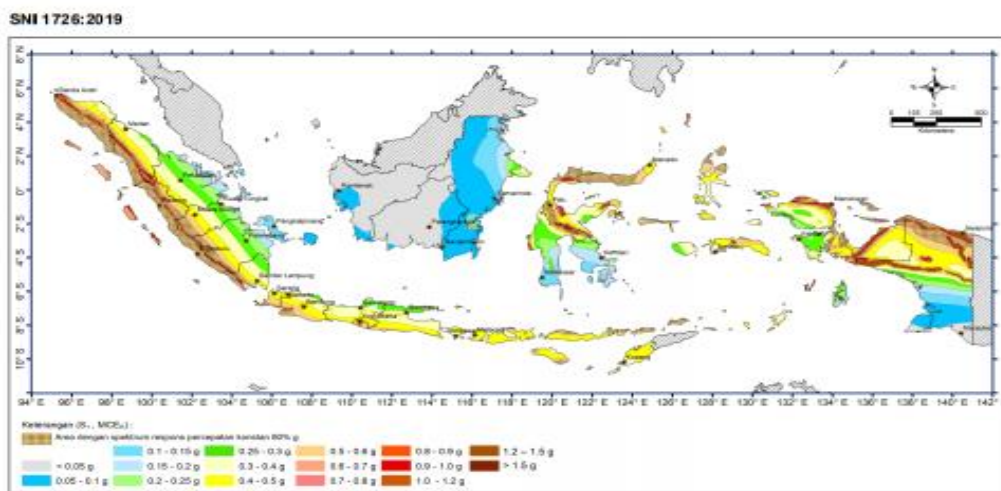
1. Menentukan kategori resiko bangunan sesuai dengan fungsi gedung
2. Menentukan parameter percepatan tanah
 - a. Menentukan lokasi pencanaan
 - b. Menentukan data-data respon percepatan yaitu parameter pergerakan tanah S_s seperti pada gambar 3.5 dan parameter gerakan tanah S_1 dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 15 – Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_s) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)

Sumber: SNI 1726, 2019

Gambar 3.5 Parameter Pergerakan Tanah S_s



Gambar 16 – Parameter gerak tanah S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_{s1}) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %)

Sumber: SNI 1726, 2019

Gambar 3.6 Parameter Pergerakan Tanah S_1

Dari peta gempa maka akan didapatkan kisaran nilai S_s dan S_1 dan asumsi diambil nilai terbesar dari kisaran nilai tersebut.

3. Menentukan kelas lokasi

Setelah mendapatkan nilai S_s dan S_1 maka diarahkan untuk menentukan jenis tanah yang digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien F_a dapat dilihat pada gambar 3.7 dan nilai koefisien F_v pada gambar 3.8.

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: SNI 1726, 2019

Gambar 3.7 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=1$ detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,6	1,5	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,5	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: SNI 1726, 2019

Gambar 3.8 Koefisien Situs F_v

- Menentukan parameter *spectrum respon* percepatan pada periode pendek (S_{Ms}). Untuk menentukan nilai S_{Ms} dapat dicari sesuai dengan persamaan 2.1.
- Menentukan parameter *spectrum respon* percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}). Untuk menentukan nilai S_{M1} dapat dicari sesuai dengan persamaan 2.2.

4. Menentukan parameter percepatan spectral desain

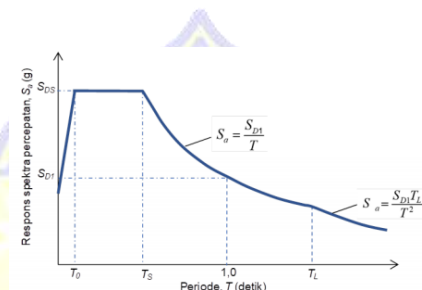
Untuk mendapatkan nilai parameter percepatan respon spectral pada periode pendek (S_{DS}) dapat dicari dengan rumus persamaan 2.4 dan untuk parameter percepatan respon spectral pada periode (S_{D1}) dapat dicari sesuai dengan persamaan 2.5.

5. Menentukan periode getar fundamental

Untuk mendapatkan nilai periode getar dapat dicari sesuai dengan persamaan 2.9 dan 2.10.

6. Menentukan data grafik respon spectrum desain

Setelah mendapatkan nilai periode getar fundamental maka langkah selanjutnya yaitu menentukan spectrum respons percepatan desain S_a yang lebih kecil dari periode T_0 dapat dicari dengan 2.6. setelah nilai S_a di dapat maka grafik respon bisa digambarkan sesuai dengan pada gambar 3.9.

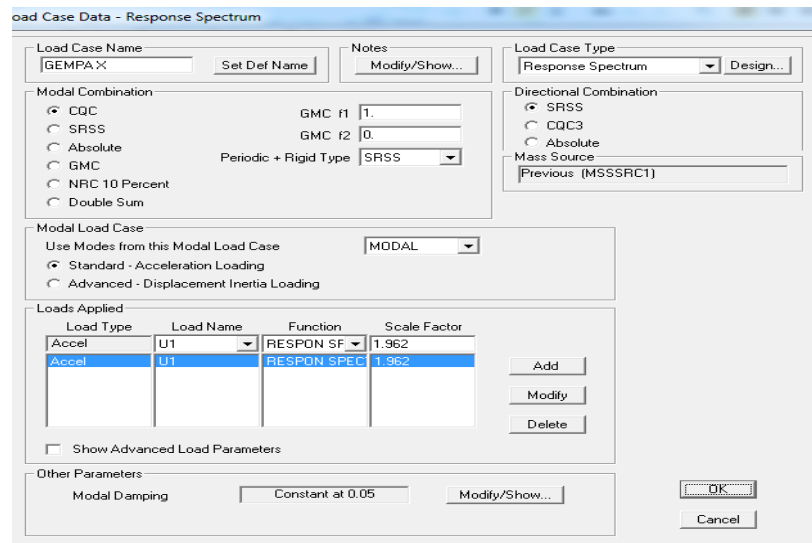


Sumber: SNI 1726, 2019

Gambar 3.9 Spektrum Respon Desain

7. Input data ke aplikasi SAP2000

- Klik menu – *define* – *functions* – *respons spectrum* – *choose function type to add* – pilih IBC 2006 – *add new functions*
- Functions name* – 0.2 sec spectral accel, S_s – 1 sec spectral accel, S_1 – site class
- Klik menu – *define* – *load cases* – *load case name* – pilih beban gempa – *modify* maka akan muncul gambar seperti pada gambar 3.10.



Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar 3.10 Load Case Data

Masukkan data-data

- Pada *modal combination* pilih CQC (*Complete Quadratic Combination*) dan pada *directional combination* pilih SRSS (*Square Root Of The Sum Of Squares*) – pada *load case type*
- Pada *load applied* pilih fungsi *respon spectrum* yang telah dibuat dan masukkan factor skala.

I = faktor keutamaan gedung umum = 1
 R = faktor reduksi untuk struktur beton = 5
 g = percepatan gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$

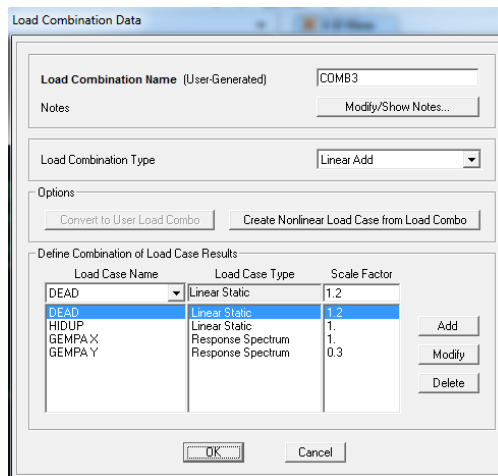
Persamaan skala factor dapat ditulis pada persamaan 3.1

$$sf = \frac{g \cdot I}{R} \dots\dots\dots (3.1)$$

Sehingga

$$sf = \frac{9,8 \cdot 1}{5} = 1,962$$

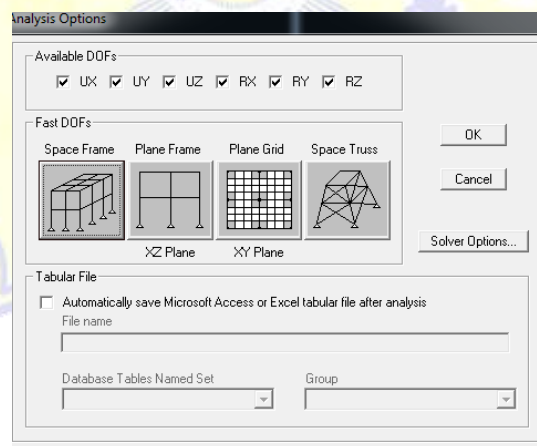
- Untuk membuat kombinasi pembebanan klik menu *define – Load combinations* – pilih *add new combo* maka akan muncul dialog box seperti pada gambar 3.11 (contoh *combo 3*).



Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar 3.11 Box Load Combinations

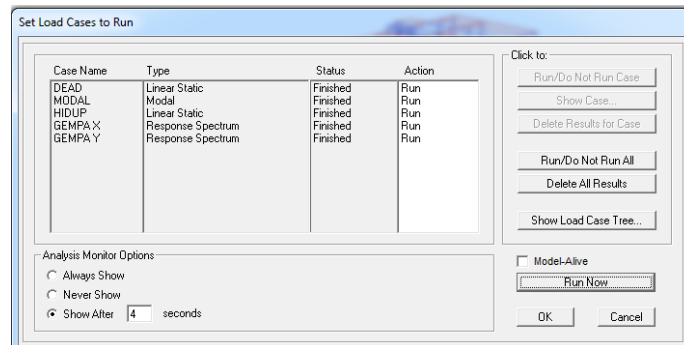
- e. Jika sudah membuat kombinasi pembebanan maka langkah selanjutnya adalah analisis struktur yang dibuat dengan cara klik menu *analyze – set analysis options* maka akan muncul box dialog seperti pada gambar 3.12, lalu pilih *space frame – OK*.



Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar 3.12 Analysis Options

- f. Jika sudah memilih *space frame* sesuai struktur yang kita buat langkah selanjutnya dengan cara Klik menu *analyze – run analysis/F5* maka akan muncul box dialog seperti pada gambar 3.13 lalu pilih *run now*.

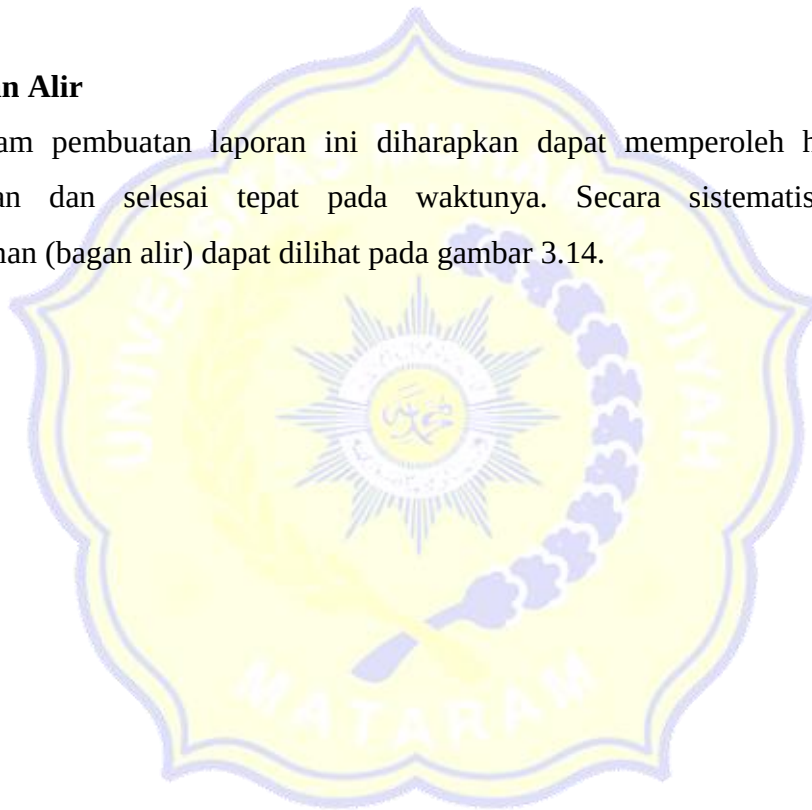


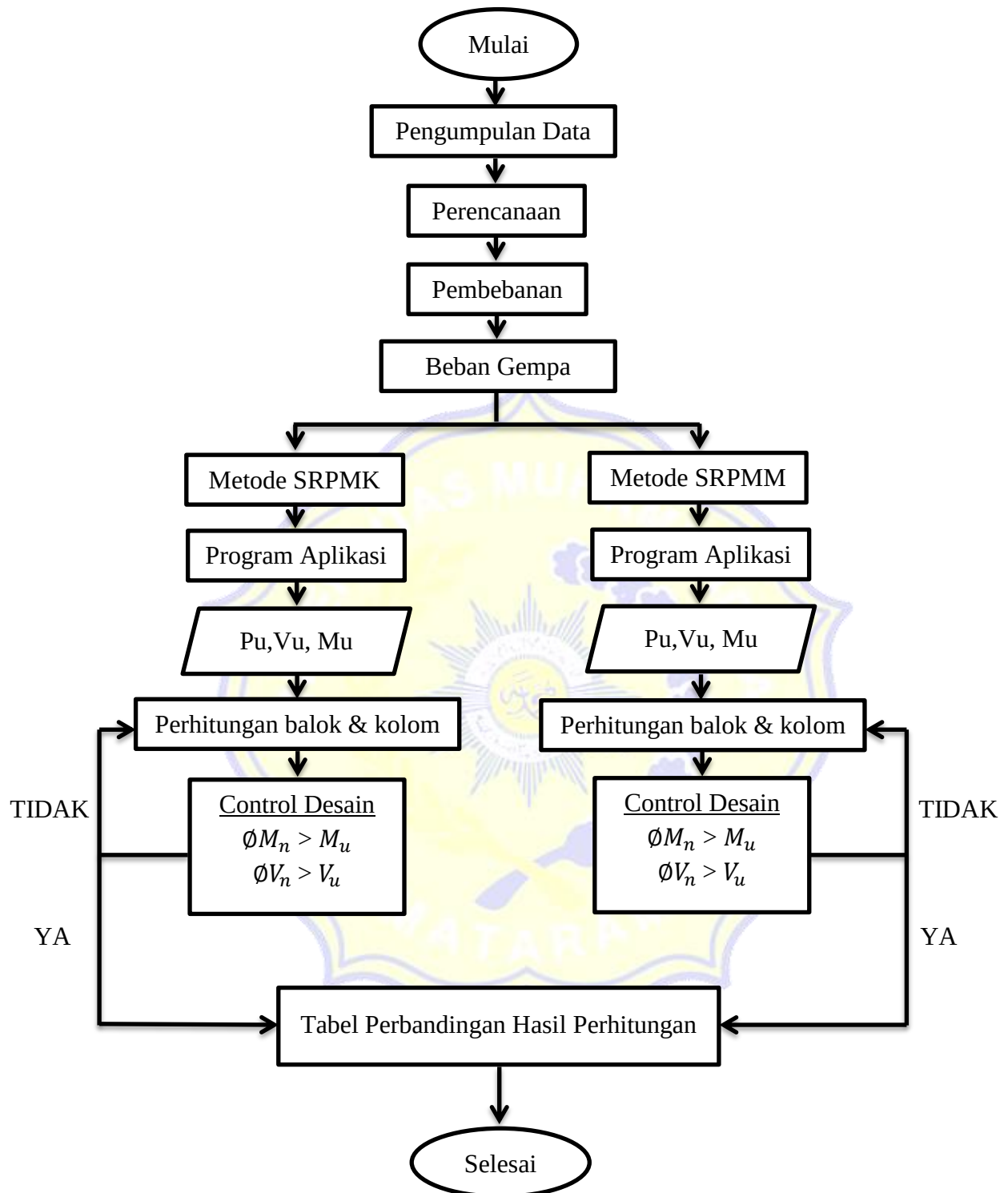
Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar 3.13 *Set Load Cases To Run*

3.7 Bagan Alir

Dalam pembuatan laporan ini diharapkan dapat memperoleh hasil yang diinginkan dan selesai tepat pada waktunya. Secara sistematis rencana penyusunan (bagan alir) dapat dilihat pada gambar 3.14.





Gambar 3.14 Bagan Alir Perencanaan