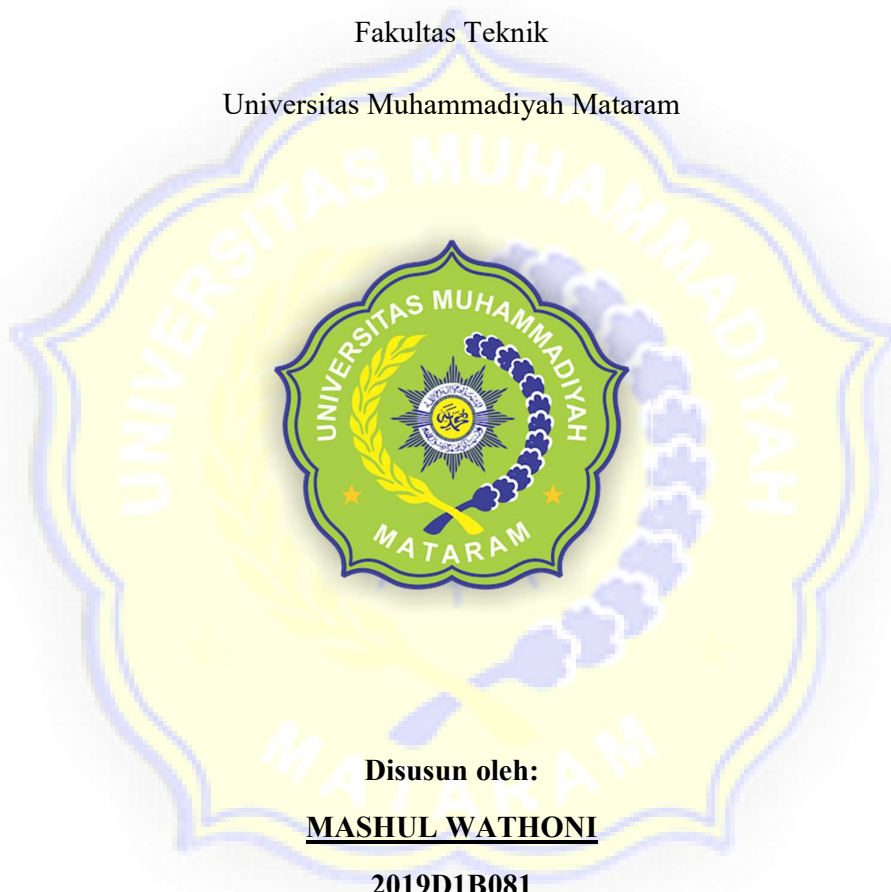


SKRIPSI
REDESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL LOMBOK ASTORIA
MATARAM DENGAN MENGGUNAKAN PORTAL BAJA DAN *CROSS*
BRACING

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata S1

Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram



Disusun oleh:

MASHUL WATHONI

2019D1B081

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2024

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

**REDESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL LOMBOK ASTORIA
MATARAM DENGAN MENGGUNAKAN PORTAL BAJA DAN CROSS
BRACING**

Disusun oleh:

MASHUL WATHONI

2019D1B081

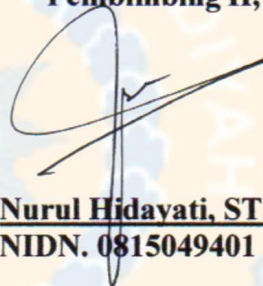
Mataram, 20 Januari 2024

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,




Nurul Hidayati, ST., M.Eng
NIDN. 0815049401

Mengetahui,

Universitas Muhammadiyah Mataram

Fakultas Teknik

Dekan,



Dr. H. Al Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc
NIDN.0806027101

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI**

**REDESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL LOMBOK ASTORIA
MATARAM DENGAN MENGGUNAKAN PORTAL BAJA DAN *CROSS*
*BRACING***

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

MASHUL WATHONI

2019D1B081

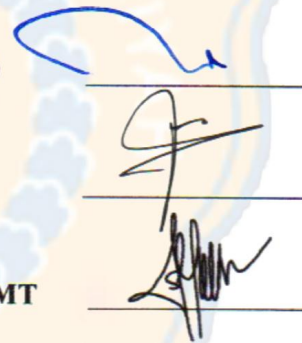
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari Rabu, 31 Januari 2024

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

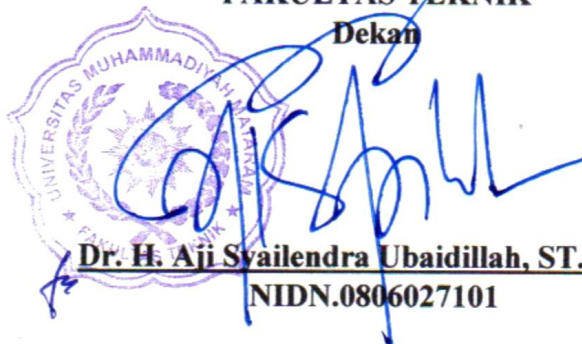
1. **Penguji I : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng)**
2. **Penguji II : Nurul Hidayati, ST., M.Eng**
3. **Penguji III: Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT**



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan



Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc
NIDN.0806027101

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Mashul Wathoni
NIM : 2019D1B081
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Redesain Struktur Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram
Dengan Menggunakan Portal Baja Dan *Cross Bracing*

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Mataram, 20 Februari 2024

Yang Menyatakan



Mashul Wathoni

2019D1B081



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

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

Nama : Mashul wathoni
 NIM : 2019018081
 Tempat/Tgl Lahir : Bawoh / 28-03-1999
 Program Studi : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik
 No. Hp : 087854909337
 Email : Mashulwathoni@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

*Redesain Struktur Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram
 Dengan menggunakan Portal Baja dan Cross Bracing*

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 41%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** 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.

Mataram, 12-Februari - 2024
 Penulis

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Mashul wathoni
 NIM. 2019018081


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

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : *Mashul Wathoni*
 NIM : *20190118081*
 Tempat/Tgl Lahir : *Bowoh / 28-03-1999*
 Program Studi : *Teknik Sipil*
 Fakultas : *Teknik*
 No. Hp/Email : *087 854 909 337*
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

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:

*Redesain Struktur Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram
Dengan menggunakan Portal Baja Dan Cross Bracing*

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada 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.

Mataram, *12 - Februari -* 2024
 Penulis

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT


Mashul Wathoni
 NIM. *20190118081*


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

MOTTO

“Tidak ada yang bisa menolongmu didunia ini selain dirimu sendiri”

Mashul, 2024

“Jangan merasa tertinggal setiap orang punya proses dan rezkinya masing - masing”

(QS. Marya: 4)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabbarokatuh

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “Redesain Struktur Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram Dengan Menggunakan Portal Baja Dan *Cross Bracing*”. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Drs. Abdul Wahab, MA., selaku Rektorat Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Bapak Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
3. Bapak Adryan Fitrayudha, ST., MT., selaku Ketua prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Bapak Dr. Eng Haryadi, ST., M.Sc., Eng., selaku dosen pembimbing satu dalam penyusunan tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dorongan dalam proses penyelesaian tugas akhir.
5. Ibu Nurul Hidayati, ST., M., Eng selaku dosen pembimbing dua selaku dosen pembimbing kedua dalam penyusunan tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dorongan dalam proses penyelesaian tugas akhir.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram.
7. Kedua orang tua saya yang sudah banyak membantu, mendo'akan, memotivasi, menyemangati, serta selalu memerikan dukungan moral dan material bagi penulis.
8. Teman-teman kontrakan yang telah memberi pengalaman berharga, dukungan, canda tawa, dan cerita-cerita yang mengesankan.

9. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan serta bantuan dalam penyusunan dan penyelesaian tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena keterbatasan pengetahuan dan referensi yang ada, maka kritik, saran maupun masukan yang sifatnya membangun demi penyempurnaan isi dari proposal skripsi ini sangat diharapkan.

Demikian proposal skripsi ini, semoga bermanfaat bagi seluruh Civitas Akademik Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabbarokatuh

Mataram, 20 Januari 2024

Penulis

Mashul Wathoni



ABSTRAK

Kebutuhan akan perencanaan struktur di era modern ini berkembang sangat pesat, tidak hanya mampu menahan beban gravitasi tetapi juga harus dapat menahan beban lateral (gempa). Perencanaan struktur dituntut untuk mendesain struktur yang mampu menahan gaya lateral yang menimbulkan akibat gempa, salah satunya dengan menambahkan pengaku lateral (*bracing*) pada elemen struktur portal baja.

Dalam perencanaan redesain struktur gedung Hotel Lombok Astoria Mataram dengan menggunakan portal baja dan *cross bracing* dirancang untuk menahan beban gempa. Sistem ini memiliki daktilitas namun juga bersifat kaku, dimana *bracing* diletakkan secara konsentris terhadap hubungan balok dan kolom. Perencanaan redesain disesuaikan dengan peraturan-peraturan yang ada, seperti SNI 1726-2019 dan SNI 1729-2020 dengan metode LRFD. Permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 v.14.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan redesain, didapatkan tebal plat lantai dan pelat atap didapatkan 150 mm, dimana untuk tulangan lapangan $\varnothing 12-325$ mm, dan tulangan tumpuan $\varnothing 12-300$ mm. Untuk balok arah memanjang menggunakan profil WF 500.300.11.18 dan balok arah melintang menggunakan profil WF 400.300.10.16. Untuk kolom lantai 1-4 menggunakan profil KC 800.300.14.26, untuk kolom lantai 5-8 menggunakan profil KC 700.300.13.24, dan untuk kolom lantai 9-11 menggunakan profil KC 600.200.11.17. Untuk *bracing* menggunakan profil WF 300.150.6.8. Sambungan menggunakan baut mutu tinggi A325 dengan diameter $\frac{3}{4}$ in dengan kekuatan tarik (f_{ub}) = 620 MPa, dan kekuatan geser (f_{np}) = 372 MPa. *Base plate* menggunakan dimensi 1000 mm \times 1000 mm dengan ketebalan 80 mm, dan jumlah angkur yang digunakan 3 buah angkur dengan diameter $\frac{3}{4}$ in pada tiap sisinya dengan panjang 900 mm.

Kata kunci: Struktur baja, sistem rangka *bracing* konsentris, beban gempa

ABSTRACT

The need for structural planning in this modern era is growing rapidly, not only to withstand gravitational loads but also to withstand lateral loads (earthquakes). Structural planning is required to design structures capable of resisting lateral forces resulting from earthquakes, one of which is by adding lateral bracing to steel portal structure elements. In the redesign planning of the structure of the Hotel Lombok Astoria Mataram using steel portal and cross bracing, it is designed to withstand earthquake loads. This system has ductility but is also rigid, where the bracing is placed concentrically to the beam-column connections. The redesign planning is adjusted to existing regulations, such as SNI 1726-2019 and SNI 1729-2020 with the LRFD method. Structural modeling and analysis are performed using the SAP2000 v.14 software. The results obtained from the redesign planning indicate that the floor plate and roof plate thickness are both 150 mm, with field reinforcement of $\varnothing 12$ -325 mm and support reinforcement of $\varnothing 12$ -300 mm. Longitudinal beam direction utilizes WF 500.300.11.18 profile, while transverse beam direction uses WF 400.300.10.16 profile. For columns on floors 1-4, KC 800.300.14.26 profile is used, for floors 5-8, KC 700.300.13.24 profile is used, and for floors 9-11, KC 600.200.11.17 profile is used. WF 300.150.6.8 profile is used for bracing. Bolted connections utilize high-grade A325 bolts with a diameter of $\frac{3}{4}$ inch, with tensile strength (f_{ub}) = 620 MPa, and shear strength (f_{np}) = 372 MPa. The base plate has dimensions of 1000 mm \times 1000 mm with a thickness of 80 mm, and three anchor bolts with a diameter of $\frac{3}{4}$ inch are used on each side with a length of 900 mm.

Keywords: Steel Structure, Concentric Bracing Frame System, Earthquake Load.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM



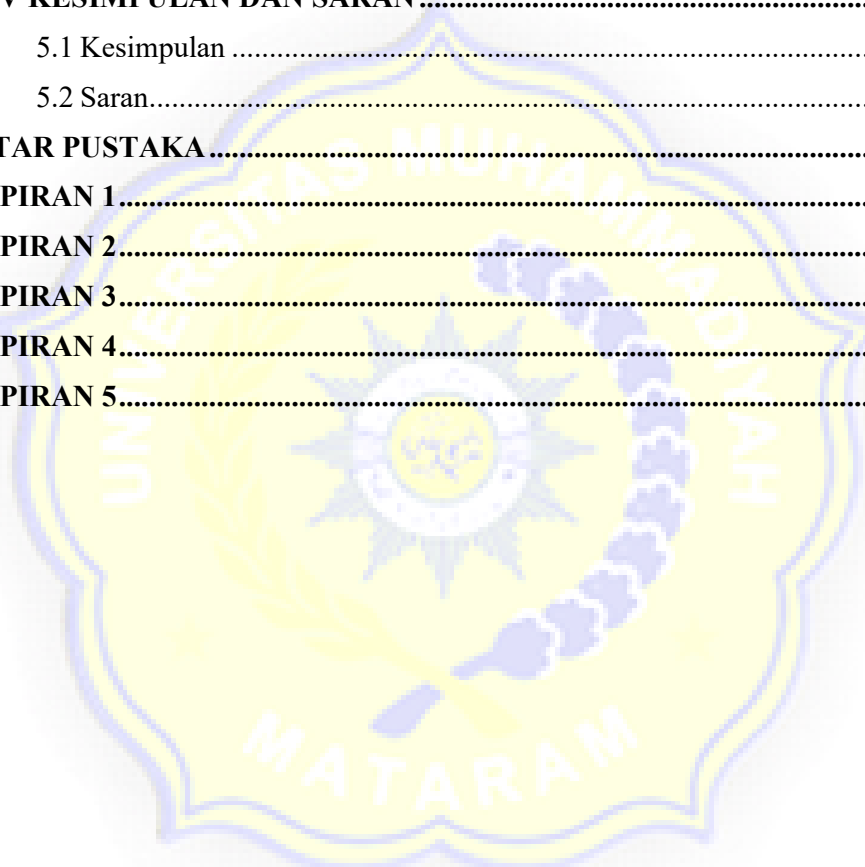
DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
SURAT PERNYATAAN BEBAS PUBLIKASI	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Sistem rangka pemikul momen	7
2.2.2 Struktur rangka <i>bracing</i>	8
2.3 Analisis Pembebanan.....	11
2.3.1 Beban mati	11
2.3.2 Beban hidup	12
2.3.3 Beban gempa.....	16
2.3.4 Mode ragam	30
2.3.5 Penentuan simpangan antar tingkat.....	30

2.3.6 Kombinasi pembebanan.....	31
2.4 Perencanaan Pelat Lantai	32
2.4.1 Pelat persegi yang menumpu di keempat tepinya.....	32
2.4.2 Batasan desain konstruksi satu arah.....	33
2.4.3 Batasan desain konstruksi dua arah	36
2.5 Perencanaan Struktur	38
2.5.1 Pengecekan kekompakan profil	38
2.5.2 Komponen struktur untuk lentur	41
2.5.3 Komponen struktur untuk geser.....	42
2.5.4 Komponen struktur untuk tekan.....	43
2.5.5 Komponen struktur untuk tarik aksial.....	44
2.5.6 Komponen struktur yang mengalami gaya kombinasi.....	44
2.6 Perencanaan Sambungan Baut.....	45
2.6.1 Tahanan geser baut.....	45
2.6.2 Tahanan tarik baut.....	46
2.6.3 Tahanan tumpu baut.....	46
2.6.4 Jumlah baut	46
2.7 Pelat Landasan <i>Base plate</i>	47
2.8 Perencanaan Pondasi.....	49
2.8.1 <i>Pilecap</i>	49
2.8.2 Tiang pancang	51
BAB III METODE PERENCANAAN	56
3.1 Lokasi Perencanaan	56
3.2 Model Eksisting Struktur	56
3.3 Perencanaan Komponen Struktur	58
3.3.1 Data redesain.....	58
3.3.2 Denah redesain.....	59
3.3.3 Material Struktur.....	59
3.3.4 Data tanah	64
3.4 <i>Preliminary</i> Desain	64
3.4.1 Proses <i>input</i> data	64
3.4.2 Proses permodelan material	65

3.4.3 Permodelan penampang struktur.....	67
3.4.4 Membuat penampang balok.....	69
3.4.5 Medefinisikan pola pembebanan.....	70
3.4.6 Medefinisikan pola <i>load combination</i>	71
3.4.7 Pembebanan gempa <i>response spectrum</i>	71
3.4.8 <i>Infut</i> pembebanan.....	73
3.4.9 <i>Run and analysis</i>	75
3.5 Kombinasi Pembebanan.....	75
3.6 Bagan Alir Perencanaan.....	76
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	78
4.1 Umum.....	78
4.2 Material Struktur.....	78
4.2.1 Beton.....	78
4.2.2 Baja tulangan.....	78
4.3 Perencanaan Pelat.....	79
4.3.1 Pembebanan pelat.....	80
4.3.2 Penulangan pelat lantai <i>type A</i>	81
4.4 Pembebanan.....	87
4.4.1 Perhitungan beban mati.....	87
4.4.2 Perhitungan beban hidup.....	87
4.5 Perhitungan Beban Gempa.....	88
4.6 Perencanaan Material Struktur.....	103
4.6.1 Perencanaan balok.....	103
4.6.2 Perencanaan <i>bracing</i>	106
4.6.3 Perencanaan kolom.....	109
4.7 Perancangan Sambungan.....	116
4.7.1 Sambungan balok dan kolom.....	116
4.7.2 Sambungan <i>bracing</i> dan balok.....	121
4.7.3 Sambungan kolom dan kolom.....	131
4.8 Perhitungan <i>Base Plate</i>	136
4.8.1 Data perencanaan.....	136
4.8.2 Perencanaan dimensi <i>base plate</i>	137

4.8.3 Perencanaan baut.....	139
4.9 Perhitungan Kolom Pedestal.....	141
4.9.1 Data perencanaan.....	141
4.9.2 Perencanaan kolom pedestal.....	141
4.10 Pondasi.....	146
4.10.1. Daya dukung pondasi.....	146
4.10.2. Penulangan <i>bore pile</i>	163
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	170
5.1 Kesimpulan.....	170
5.2 Saran.....	171
DAFTAR PUSTAKA.....	172
LAMPIRAN 1.....
LAMPIRAN 2.....
LAMPIRAN 3.....
LAMPIRAN 4.....
LAMPIRAN 5.....



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penjelasan Jenis – Jenis Struktur Rangka Pemikul Momen	7
Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Terpusat Minimum.....	12
Tabel 2.3 Kategori resiko bangunan untuk beban gempa	16
Tabel 2.4 Faktor keutamaan gempa	19
Tabel 2.5 koefisien situs F_a	20
Tabel 2.6 koefisien situs F_v	21
Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode pendek.....	22
Tabel 2.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik	22
Tabel 2.9 Klasifikasi situs	24
Tabel 2.10 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	26
Tabel 2.11 Faktor R , C_d , Ω_o untuk sistem pemikul gaya seismic	26
Tabel 2.12 Simpangan izin antar tingkat.....	31
Tabel 2.13 Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagi rata	33
Tabel 2.14 Tebal Minimum Pelat	34
Tabel 2.15 Peraturan ketebalan plat	34
Tabel 2.16 Plat satu arah nonprategang	35
Tabel 2.17 Batasan rasio lebar terhadap tebal untuk elemen tekan aksial.....	39
Tabel 2.18 Batasan rasio lebar terhadap tebal untuk elemen tekan lentur.....	40
Tabel 4.1 Parameter percepatan	89
Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai spektrum respon gempa (S_a).....	91
Tabel 4.3 Perhitungan factor distribusi, gaya geser, dan gaya lateral.....	95
Tabel 4.4 Modal direction factor.....	96
Tabel 4.5 Perhitungan selisih priode (ΔT) setiap mode	97
Tabel 4.6 Perhitungan selisih priode (ΔT) setiap priode	98
Tabel 4.7 Simpangan antar tingkat.....	99
Tabel 4.8 Kontrol simpangan arah x	101
Tabel 4.9 Kontrol simpangan arah y	102
Tabel 4.10 Titik berat plat buhul.....	127
Tabel 4.11 Perhitungan sudut gesek (ϕ').....	148
Tabel 4.12 Perhitungan $K_d.Tg\delta$ tiap lapis.....	148
Tabel 4.13 Perhitungan tahanan gesek tiang Q_s	149
Tabel 4.14 Susunan tiang	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis – jenis komfigurasi SRBK	9
Gambar 2.2 Jenis – jenis komfigurasi SRBE	11
Gambar 2.3 Peta Spektra 0.2 Detik	19
Gambar 2.4 Peta Spektra 1 Detik	20
Gambar 2.5 Spektrum respons desain	23
Gambar 2.6 Peta Transisi Periode Panjang T	24
Gambar 2.7 Pendekatan momen	36
Gambar 2.8 Tata letak baut	47
Gambar 2.9 Base plate dengan eksentrisitas beban	48
Gambar 2.10 Hubungan ϕ' dan N	53
Gambar 2.11 Hubungan ϕ' dan N_q	53
Gambar 2.12 Hubungan $Kdtg \delta$ dan ϕ'	54
Gambar 2.13 Hubungan Zd/d dan ϕ'	54
Gambar 3.1 Lokasi perencanaan	56
Gambar 3.2 Denah lantai 6	57
Gambar 3.3 Potongan melintang	57
Gambar 3.4 Potongan memanjang	58
Gambar 3.5 Denah plat lantai rencana	59
Gambar 3.6 Penampang profil balok	60
Gambar 3.7 Penampang profil balok	61
Gambar 3.8 Penampang profil KC	62
Gambar 3.9 Penampang bracing	63
Gambar 3.10 Permodelan grid	65
Gambar 3.11 Modeling beton	66
Gambar 3.12 Modeling baja	67
Gambar 3.13 Modeling profil	68
Gambar 3.14 Modeling profil KC	68
Gambar 3.15 Modeling profil KC	69
Gambar 3.16 Modeling profil balok	70
Gambar 3.17 Load patterns	70
Gambar 3.18 Load combination	71
Gambar 3.19 Response spectrum	72
Gambar 3.20 Load cases	73
Gambar 3.21 Beban mati	74
Gambar 3.22 Beban gempa	74
Gambar 3.23 Run and analysis	75
Gambar 3.24 Bagan alir	77
Gambar 4.1 Pelat type A	79
Gambar 4.2 Desain Spektra Hotel Lombok Astoria Mataram	88
Gambar 4.3 Grafik respon (S_a)	92
Gambar 4.4 Simpangan arah x	98

Gambar 4.5 Simpangan arah y	99
Gambar 4.6 Grafik simpangan antar tingkat arah x dan y	102
Gambar 4.7 Plat buhul.....	127
Gambar 4.8 Nilai m dan n	138



DAFTAR NOTASI

A_1	=	Luas permukaan <i>base plate</i>
A_b	=	Luas nominal tubuh yang tidak berulir dari baut atau bagian yang berulir, mm ²
A_e	=	Luas netto efektif, mm ²
A_g	=	Luas penampang bruto komponen struktur, mm ²
A_{gv}	=	Luas bruto penahan geser, mm ²
A_n	=	Luas netto komponen struktur, mm ²
A_{nt}	=	Luas netto penahan tarik, mm ²
A_{nv}	=	Luas netto penahan geser, mm ²
A_s	=	Luas penampang profil baja, mm ²
A_t	=	Luas tarik netto, mm ²
A_{we}	=	Luas efektif netto, mm ²
be	=	Luas efektif tereduksi
bf	=	Luas sayap profil baja wf, mm
c	=	Jarak dari sumbu netral ke serat tekan terluar, mm
C_d	=	Faktor pembesaran simpangan lateral
C_{dx}	=	Faktor pembesaran simpangan lateral pada arah x
C_{dy}	=	Faktor pembesaran simpangan lateral pada arah y
C_s	=	Koefisien respons seismic
C_u	=	Koefisien untuk Batasan atas pada periode yang dihitung
C_v	=	Koefisien vertikal
C_{vx}	=	Faktor distribusi vertikal
C_w	=	Konstanta pilin, mm ⁶
D	=	Beban mati nominal, kips, N
d	=	Tinggi profil baja wf, mm
db	=	Diameter nominal baut pada daerah tak berulir, mm
E	=	Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)
E_c	=	Modulus elastisitas beton

F_a	=	Koefisien situs untuk periode pendek yaitu periode 0,2 detik
F_v	=	Percepatan pada getaran periode pendek 1 detik
f'_c	=	Kekuatan tekan beton terdistribusikan (MPa)
F_{cr}	=	Tegangan tekuk torsi-lateral penampang seperti yang ditentukan melalui analisis (MPa)
F_e	=	Tegangan tekuk elastis (MPa)
F_{nt}	=	Tegangan tarik nominal dari tabel J3.2,ksi (MPa)
F_{nv}	=	Tegangan geser nominal dari tabel J3.2,ksi (MPa)
F_u	=	Tegangan putus (MPa)
f_u^D	=	Kuat tarik baut
F_x	=	Gaya seismic lateral, kN
F_y	=	Tegangan leleh, MPa
G	=	Modulus geser, MPa
h	=	Tebal plat, mm
h_i	=	Tinggi dari dasar sampai tingkat i, mm
h_x	=	Tinggi dari dasar sampai tingkat x, mm
L	=	Beban hidup
m	=	Jumlah bidang geser
M_n	=	Kekuatan lentur nominal pada penampang, kN.m
M_p	=	Kekuatan momen plastis per penampang, kN.m
M_u	=	Momen terfaktor pada penampang, kN.m
ne	=	Jumlah baut
N	=	Panjang <i>base plate</i> , mm
P_c	=	Beban tekuk kritis, kN
P_n	=	Kekuatan aksial nominal penampang, kN
P'_o	=	Tekanan <i>oveburden</i>
P_u	=	Gaya aksial terfaktor, kN
Q_D	=	Beban mati, kg/m ²
Q_L	=	Beban hidup, kg/m ²
Q_u	=	Beban terfaktor, kg/m ²

r_l	=	0,5 untuk baut tanpa ulir
r_l	=	0,4 untuk baut dengan ulir
R	=	Koefisien modifikasi respons
R_n	=	Tahanan nominal baut
R_u	=	Beban terfaktor
S	=	Jarak tulangan, mm
S_1	=	Nilai dari peta gempa dengan periode ulang 50 tahun dan $T = 1$ detik
S_s	=	Nilai dari peta gempa dengan periode ulang 50 tahun dan $T = 0,2$ detik
S_{M1}	=	<i>Spektrum respons</i> percepatan pada priode 1 detik
S_{MS}	=	<i>Spektrum respons</i> percepatan pada priode pendek
S_{D1}	=	Parameter percepatan desain untuk priode 1 detik
S_{DS}	=	Parameter percepatan desain untuk priode pendek
T	=	Priode getar fundamental struktur
T_a	=	Prioda fundamental pendekatan
T_L	=	Peta transisi prioda panjang
T_u	=	Gaya tarik pada angkur, kN.m
T_p	=	Tebal plat, mm
V	=	Gaya geser dasar seismik, kN
V_c	=	Kekuatan geser nominal, kN
V_n	=	Tegangan geser nominal, kN
V_u	=	Gaya geser terfaktor pada penampang, kN
V_x	=	Gaya geser dasar seismik arah x, kN
V_y	=	Gaya geser dasar seismik arah y, kN
W_i	=	Berat seismik sampai ditingkat i, kN
W_x	=	Berat seismic efektif struktur ditingkat x, kN
Δ	=	Fefleksi, mm
λ	=	Faktor modifikasi
ϕ	=	Faktor reduksi kekuatan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan struktur di era modern ini berkembang sangat pesat, dalam perencanaan konstruksi bangunan yang aman dan ekonomis. Suatu konstruksi bangunan dapat berdiri kokoh dan kuat karena didukung oleh adanya elemen struktur bangunan. Elemen struktur bangunan tersebut merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengakomodir gaya luar dan gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut. Selain itu dalam merancang sebuah bangunan struktur, terdapat beberapa material yang dibutuhkan untuk dapat digunakan sebagai material penyusunnya. Material struktural yang dapat digunakan diantaranya kayu, bambu, beton bertulang, baja, atau pun material pendukung lainnya.

Pada umumnya, bangunan yang terbuat dari material baja memiliki sifat yang lebih fleksibel dan tidak mudah patah (daktail). Perencanaan bangunan tingkat tinggi dengan menggunakan struktur baja harus memenuhi dua kriteria utama, yaitu harus memiliki kekuatan yang memadai dan kekakuan untuk menjaga simpangan antar lantai demi mengantisipasi teradinya gagal struktur dan kerusakan elemen non-struktur akibat beban lateral (gempa). Untuk menahan beban lateral terutama beban gempa pada struktur baja, maka digunakan dalam perencanaan ini menggunakan pengaku (*bracing*), Sistem yang digunakan pada gedung ini adalah Sistem Rangka *Bracing* Konsentrik salah satu sistem rangka *bracing* yang dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. (Mahesa, 2017).

Hotel Lombok Astoria Mataram dirancang pada tahun 2013 dan diresmikan pada tahun 2016, memiliki jumlah 11 lantai dengan total elevasi gedung 43,6 m berada di daerah Rembiga Kota Mataram. Berdasarkan peta Gempa Hotel Lombok Astoria Mataram berada pada lokasi kondisi tanah sedang (*SD*) wilayah gempa 5 “zona gempa kuat”. Sistem struktur awal yang digunakan dalam pembangunan hotel ini menggunakan struktur beton bertulang dengan keadaan eksisting elemen struktur

relatif berukuran besar. Untuk merencanakan gedung dengan kemampuan struktur yang lebih kuat dalam menahan beban gempa, maka dilakukan perencanaan ulang menggunakan struktur portal baja yaitu desain elemen profil baja yang diselubungi “*cross bracing*” baik pada elemen balok maupun kolom. Kelebihan dari struktur komposit tersebut dapat menghasilkan dimensi baja yang lebih efisien dan memberikan ketahanan terhadap beban gempa apabila terjadi gempa pada struktur bangunan, diharapkan kinerja *bracing* dapat menambah kekakuan pada struktur dengan elemen struktur yang relatif lebih aman. Dalam penelitian ini akan dilakukan mendesain ulang struktur atas gedung hotel lombok astoria mataram dengan menggunakan struktur baja, dikarenakan material baja memiliki mutu yang tinggi dibandingkan dengan material konstruksi lainnya. Oleh karena itu dalam penulisan skripsi ini, mencoba untuk merencanakan kembali sistem struktur pada Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram dengan judul “***Redesain Struktur Gedung Lombok Astoria Mataram Dengan Menggunakan Portal Baja Dan Cross Bracing***”



1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dari latar belakang diatas sebagai acuan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi profil baja untuk elemen struktur utama (balok dan kolom) yang direncanakan pada gedung Hotel Lombok Astoria Mataram?
2. Menentukan dimensi *bracing* yang digunakan dalam perencanaan gedung Hotel Lombok Astoria Mataram aman terhadap beban gempa?
3. Menentukan dimensi plat penyambung serta jumlah baut yang direncanakan pada sambungan struktur pada gedung Hotel Lombok Astoria Mataram?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian struktur gedung dengan menggunakan portal baja dan *cross bracing* adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dimensi profil baja untuk struktur utama (balok dan kolom) yang direncanakan pada gedung Hotel Lombok Astoria Mataram.
2. Mengetahui dimensi *bracing* yang digunakan dalam perencanaan gedung Hotel Lombok Astoria Mataram aman terhadap beban gempa.
3. Mengetahui dimensi plat penyambung serta jumlah baut yang direncanakan dalam sambungan struktur pada gedung Hotel Lombok Astoria Mataram.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi ini terdapat batasan masalah agar pembahasan tidak melebar dalam tujuan perencanaan. Adapun batasan masalah yang terdapat pada skripsi ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada Bangunan Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram
2. Perencanaan struktur gedung hotel meliputi plat lantai, balok, kolom, sambungan dan pondasi.

3. Analisis perhitungan perencanaan struktur baja berdasarkan SNI 1729-2020, dan perencanaan pembebanan menggunakan peraturan SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020
4. Metode perhitungan menggunakan “*Load Resistance and Factor Design*” (*LRFD*)
5. Analisa dan permodelan pembebanan menggunakan *software* SAP2000 v.14 dan hasil desain digambar menggunakan program *AutoCad2017*
6. Tidak menganalisa RAB.
7. Perencanaan menggunakan *bracing* konsentris

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun untuk manfaat yang diharapkan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dan memperdalam ilmu teknik sipil bagi penyusun dalam merencanakan struktur gedung menggunakan portal baja.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan referensi dalam perencanaan struktur gedung menggunakan portal baja dan *cross bracing* bagi peneliti berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada perencanaan ini mengacu pada perencanaan-perencanaan sebelumnya dan peraturan-peraturan yang berlaku. Mahesa (2017) melakukan penelitian dengan mengambil objek studi yaitu gedung Hotel Ijen Suites Malang yang merupakan bangunan yang terdiri dari 15 lantai dengan bentang memanjang 57,75m dan bentang melintang 15,35m dan tinggi gedung 52,8m serta menggunakan *bracing* konsentris tipe *x*. Perencanaan struktur disesuaikan dengan peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1729-2015 dengan metode LRFD. Dalam Pemodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2016. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perencanaan ulang, struktur utama menggunakan profil baja WF 450x200x9x14 untuk balok, WF 450x200x9x14 untuk balok *link*, WF 400x200x8x13 untuk *bracing* dan KC700x300x13x24 untuk kolom. Sambungan menggunakan penyambung yakni baut dengan mutu A325 diameter 3/4 in. Sambungan las menggunakan elektroda 7014 dengan tebal las bervariasi yakni 6mm dan 10mm. *Base plate* menggunakan ukuran 900mm x 900 mm dengan ketebalan 30 mm dan jumlah angkur 8 berdiameter 3/4 in.

Ahmad (2022) melakukan penelitian pada gedung Golden Tulip yang merupakan bangunan yang terdiri dari 11 lantai dengan tinggi 42,8meter serta menggunakan portal baja dan *bracing* diagonal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekakuan yang terjadi akibat adanya *bracing* yang diletakkan secara konsentris terhadap balok dan kolom. Perencanaan redesain struktur disesuaikan dengan peraturan SNI 1729-2002 dan SNI 1729-2015 dengan metode LRFD. Dalam permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 v.14. Berdasarkan hasil dari penelitian yang diperoleh dari perencanaan redesain, didapatkan tebal pelat lantai dan pelat atap didapatkan 150 mm, dimana untuk tulangan lapangan D12-325 mm, dan tulangan tumpuan D12-300 mm. Untuk balok arah memanjang menggunakan profil WF 500.300.11.18 dan balok arah melintang menggunakan profil WF 400.300.10.16. Untuk kolom lantai 1-4 menggunakan profil

KC 800.300.14.26, untuk kolom lantai 5-8 menggunakan profil KC 700.300.13.24, dan untuk kolom lantai 9-11 menggunakan profil KC 600.200.11.17. Untuk *bracing* menggunakan profil WF 400.300.10.16. Sambungan menggunakan baut mutu tinggi A325 diameter $\frac{3}{4}$ in dengan kekuatan tarik (f_{ub}) = 620 MPa, dan kekuatan geser (f_{nv}) = 372 MPa. *Base plate* menggunakan dimensi 900 × 900 mm dengan ketebalan 60 mm, dan jumlah angkur yang digunakan 3 buah angkur pada tiap sisinya dengan panjang 700 mm. Kolom pedestal menggunakan dimensi 1000 × 1000 mm dengan ketinggian 800 mm dan digunakan tulangan pokok 10D22 dengan tulangan sengkang D10-150mm. Pondasi *pilecap* yang digunakan berdimensi 5,5×5,5×1,0 meter, sedangkan untuk tiang pancang digunakan diameter 0,5 meter dengan kedalaman 20,6 meter, dan setiap pondasi *pilecap* berjumlah 16 tiang pancang.

Dimas (2022) melakukan penelitian pada salah satu system rangka baja yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur Gedung hotel golden tulip mataram menggunakan system rangka *bracing* konsentris (*concentrically braced frames*). Sistem ini memiliki kekuatan yang besar pada sistem CBF yang mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem struktur baja lainnya. Perencanaan struktur disesuaikan dengan peraturan-peraturan yang ada, seperti SNI 1726-2019, SNI 1729-2020. Dalam perencanaan dan analisa struktur ini menggunakan metode LRFD dengan bantuan program aplikasi SAP2000v14. Hasil dari perencanaan ulang struktur gedung hotel golden tulip, didapatkan struktur utama kolom menggunakan profil baja KC 800x300x14x26, untuk balok melintang menggunakan profil baja WF 500x300x11x18 sedangkan untuk balok memanjang menggunakan profil baja WF 600x300x14x23 untuk *bracing* menggunakan profil WF 300x300x11x17. Sambungan yang digunakan ada dua penyambung yakni baut dengan mutu A325 dengan diameter $\frac{7}{8}$ in dan sambungan las *fillet* menggunakan elektroda 7014 dengan ketebal las 8 mm dan 10 mm. *Base plate* menggunakan ukuran 1000mm x 1000mm dengan ketebalan 60 mm dan jumlah angkur 3 di masing-masing sisinya dengan diameter angkur $\frac{7}{8}$ in.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem rangka pemikul momen (SRPM)

Struktur Rangka Pemikul Momen adalah struktur rangka yang hubungan balok dengan kolomnya didesain dengan sambungan momen. Pada SRPM, elemen balok terhubung kaku pada kolom dan tahanan terhadap gaya lateral diberikan terutama oleh momen lentur dan gaya geser pada elemen portal dan *joint*. SRPM memiliki kemampuan menyerap energi yang besar tetapi memiliki kekuatan yang rendah.

Rangka baja SRPM merupakan jenis rangka baja yang sering digunakan dalam aplikasi struktur baja di dunia konstruksi. Menurut SNI Baja 1729-2002, rangka baja SRPM dapat diklasifikasikan menjadi, Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Berikut tabel penjelasan jenis – jenis SRPM pada tabel 2.1

Tabel 2 1 Penjelasan Jenis – Jenis Struktur Rangka Pemikul Momen

Jenis – Jenis Struktur Rangka Pemikul Momen	Pengertian
Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi). Dengan pendetailan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa R dapat diambil sebesar 8, yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya $1/8$ dari gaya gempa untuk elastis desain (Pengambilan nilai $R > 1$ artinya mempertimbangkan post-elastic desain).

Lanjutan tabel 2.1

Jenis – Jenis Struktur Rangka Pemikul Momen	Pengertian
Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)	Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah adalah system rangka ruang dalam mana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial, system ini pada dasarnya memiliki daktilitas sedang dan dapat digunakan di zona 1 hingga zona 4.
Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)	Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa, struktur diharapkan dapat mengalami deformasi inelastik secara terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana. Dengan demikian, pada SRPMB kekakuan yang ada lebih besar dibandingkan dengan kekakuan pada SRPMK. Secara umum, SRPMB memiliki kekakuan yang lebih besar dan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan SRPMK. Tetapi, SRPMB memiliki daktilitas yang lebih kecil dibandingkan dengan SRPMK untuk beban gempa yang sama.

(Sumber: SNI 1729-2002)

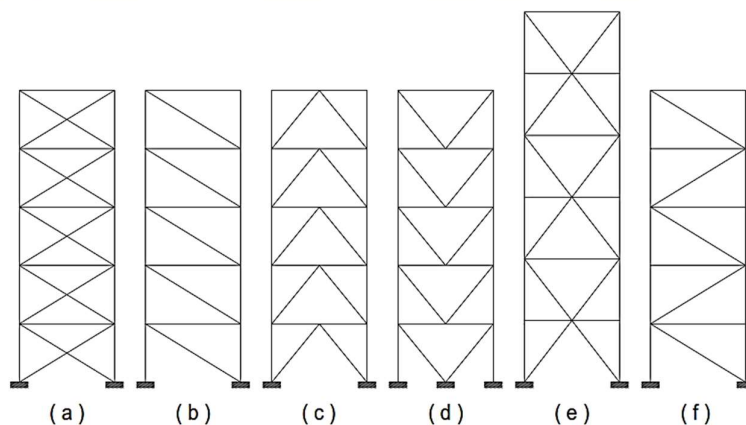
2.2.2 Struktur rangka *bracing* (SRB)

Struktur rangka *bracing* merupakan sistem struktur yang didesain untuk menahan beban lateral berupa gempa. Elemen *bracing* berperilaku sebagai rangka batang yaitu hanya menerima gaya tarik atau tekan. Struktur baja relatif lebih efisien dibanding struktur beton. Akan tetapi, respon struktur akan membesar pada struktur

yang tinggi dan cenderung langsing. Akibat dari membesarnya respon struktur adalah momen yang terjadi pada struktur juga ikut membesar, sehingga mendorong untuk penggunaan profil yang lebih besar juga. Hal ini bisa diantisipasi dengan menambah pengaku (*bracing*). *Bracing* mampu menahan deformasi lateral akibat gempa yang terjadi pada suatu struktur. Perencanaan *bracing*, karena gaya gempa bersifat bolak-balik (siklik), didasarkan pada gaya aksial maksimum baik tarik maupun tekan. Secara umum, perhitungan *bracing* sama dengan perhitungan kolom, akan tetapi terdapat perbedaan dari nilai panjang efektif. Rangka *bracing* dikategorikan menjadi rangka *bracing* eksentrik dan rangka *bracing* konsentrik.

1. Sistem rangka *bracing* konsentrik (SRBK)

Struktur rangka *bracing* konsentris (SRBK) merupakan sistem struktur yang elemen *bracing* diagonalnya bertemu pada satu titik. SRBK dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu struktur rangka *bracing* konsentris biasa (SRBKB) dan struktur rangka *bracing* konsentris khusus (SRBKK). Rangka *bracing* konsentris memiliki beberapa tipe yaitu tipe *x* pada nomor *a*, tipe *z* pada nomor *b*, tipe *v* terbalik pada nomor *c*, tipe *v* pada nomor *d*, tipe *x-2* tingkat pada nomor *e*, dan tipe *k* pada nomor *f*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut:



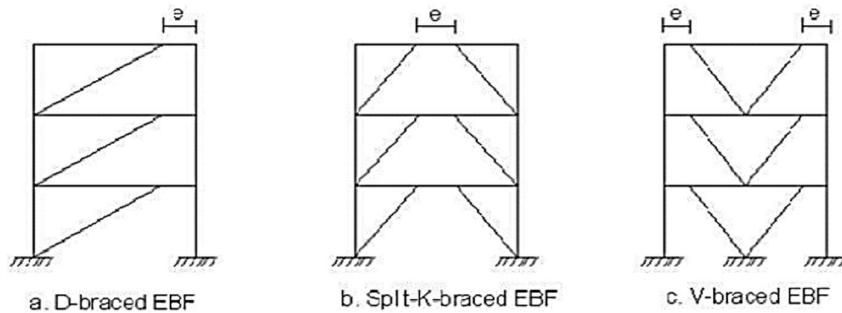
Gambar 2.1 Jenis – jenis konfigurasi SRBK

(Sumber: AISC, 2019)

Sistem rangka *bracing* konsentrik merupakan pengembangan dari sistem portal tak berpengaku moment *resisting frames* (MRF). Sistem rangka *bracing* konsentrik dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Hal ini bertolak belakang dengan SRPM yang hanya bisa digunakan sebagai penahan momen. Elemen *bracing* pada sistem SRBK ini berfungsi untuk menahan kekakuan struktur karena dengan adanya *bracing* pada struktur, deformasi struktur akan menjadi lebih kecil sehingga kekuatan strukturnya meningkat, (Mahesa,2017).

2. Sistem rangka *bracing* eksentrik (SRBE)

Sistem rangka *bracing* eksentrik (SRBE) ada suatu bagian dari balok yang disebut link dan direncanakan secara khusus. Sistem rangka *bracing* eksentrik diharapkan dapat mengalami *deformasi* inelastis yang cukup besar pada link saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana karena elemen link tersebut berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa. Pendisipasian energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada elemen *link* tersebut. Hal tersebut menyebabkan sistem rangka *bracing* eksentrik mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan sistem rangka *bracing* konsentrik yang lebih mengutamakan pada kekuatan strukturnya. Kolom-kolom, batang *bracing*, dan bagian dari balok diluar *link* harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh *link* pada saat mengalami pelelehan penuh hingga tahap perkerasan regangan, seperti pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Jenis – jenis konfigurasi SRBE

(Sumber: AISC, 2019)

2.3 Analisis Pembebanan

Pembebanan dalam perencanaan bangunan mengacu pada berat gedung sendiri, beban kerja, beban gempa, pengaruh gaya prategang, dan lain-lain. Oleh karena itu, beban mati, beban hidup, serta beban gempa akan digunakan sebagai beban untuk menjadi acuan penelitian terhadap bangunan ini. Kemudian perancangan redesign akan mengacu pada SNI 1727 – 2020 untuk pembebanan mati dan hidup, serta SNI 1726 – 2019 untuk tata cara ketahanan beban gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

2.3.1 Beban mati (*dead load*)

Menurut SNI 1727-2020, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Berdasarkan pengertian tersebut, disimpulkan beban mati merupakan beban yang dimiliki suatu bangunan akibat berat dari komponen bangunan itu sendiri yang bersifat tetap. Berat ini meliputi sistem ventilasi udara, sistem kelistrikan, sistem pengairan, dan lain-lain.

2.3.2 Beban hidup (*live load*)

Beban hidup menurut SNI 1727-2020 adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup ini ditentukan berdasarkan ketentuan beban merata minimum yang sudah ditetapkan. Beban merata minimum tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o Psf/(kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan?	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan?	Terpusat I_b (kN)	Juga Lihat Pasal
Apartemen (lihat rumah tinggal)					
Sistem lantai akses	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
- Ruang kantor					
- Ruang Komputer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan					
- Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
- Lantai podium	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		

Lanjutan Tabel 2.2

Hunian atau Penggunaan	Merata, Lo Psf(kN/m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan?	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan?	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Koridor - Lantai pertama - Lantai lain	100,(4,79) Sama sperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Hunian (lihat rumah tinggal)					
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm × 50 mm]) Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm × 25 mm])		-	-	300 (1,33) 200 (0,89)	
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Hunian satu keluarga saja	40 (1,092)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tangga permanen		-	-	Lihat pasal 4.5.4	
Garasi / Parkir (Lihat Pasal 4.10) - Mobil penumpang saja - Truk dan Bus	40 (1,92) Lihat Pasal 4.10.2	Tidak (4.7.4) -	Ya (4.7.4) -	Lihat Pasal 4.10.1 Lihat pasal 4.10.2	
Pegangan tangga dan pagar pengaman Batang pegangan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1 Lihat 4.5.2	
Helipad (Lihat Pasal 4.11) - Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang - Helikopter dengan berat lepas landas	40 (1,92) 60 (2,87)	Tidak (4.11.1) Tidak (4.11.1)	- -	Lihat Pasal 4.11.2	

Lanjutan Tabel 2.2

Hunian atau Penggunaan	Merata, Lo Psf(kN/m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan?	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan?	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
- Loteng yang tidak dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
- Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
- Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
- Ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
-					
Atap					
- Atap datar, berhubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.8.1
- Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani 100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul		Ya (4.8.3)	-		
Atap vegetative dan atap lansekap	20 (0,96)				
- Atap bukan untuk hunian	100 (4,79)	Ya (4.8.2)	-		
- Atap untuk tempat berkumpul		Ya (4.8.3)	-		
- Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
<i>Awning</i> dan kanopi	5 (0,24)				
- Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
- Rangka penumpu layar penutup	Berdasarkan area tributary dari atap 20 (0,96)	Tidak (4.8.2)	-	2000 (0,89)	
Semua konstruksi lainnya					

Lanjutan Tabel 2.2

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o Psf(kN/m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan?	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan?	Terpusat I_b (kN)	Juga Lihat Pasal
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja		Ya (4.8.2)			
Sekolah					
- Ruang kelas	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Koridor di atas lantai pertama	100 (4,70)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<i>Scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit – langit yang dapat diakses				200 (0,89)	
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk – truk	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	8.000 (35,60)	4.15
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	300 (1,33) 300 (1,33)	4.16 4.16
Gudang diatas langit – langit	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)					
- Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		
- Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		
Toko Eceran					
- Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Lantai di atasnya	75 (3,59)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Grosir, disemua lantai	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
Penghalang kendaraan				Lihat pasal 4.5.3	

(Sumber: SNI 1727:2020)

2.3.3 Beban gempa (*quake load*)

Pada SNI 1726-2019, dalam menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

1. Faktor keutamaan gempa dan kategori resiko struktur bangunan Untuk mengetahui berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, serta faktor keutamaan gempa (*Ie*) dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.3 Kategori resiko bangunan untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Katagori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap korban jiwa pada manusia pada saat terjadi kegagalan, antara lain: <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Perumahan- Rumah toko dan rumah kantor- Pasir- Gedung perkantoran- Gedung apartemen/rumah susun- Pusat perbelanjaan/ mall	II

Lanjutan Tabel 2.3

Jenis pemanfaatan	Katagori resiko
- Bangunan industri	
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan stadion - Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung, dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari – hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat komunikasi <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar yang berbahaya, bahan kimia yang berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di</p>	III

Lanjutan Tabel 2.3

Jenis pemanfaatan	Katagori resiko
<p>mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang.</p>	
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan – bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori IV.</p>	<p>IV</p>

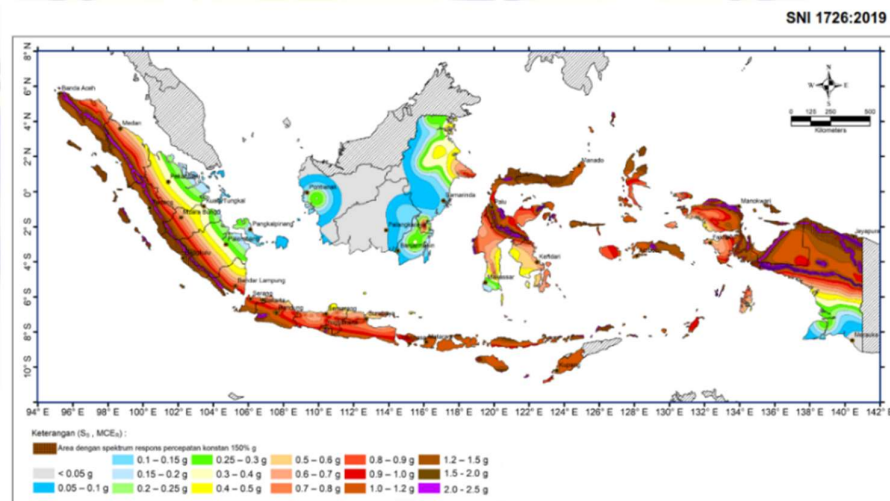
(Sumber; SNI 1726-2019)

Tabel 2.4 Faktor keutamaan gempa

Katagori resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

(Sumber; SNI 1726-2019)

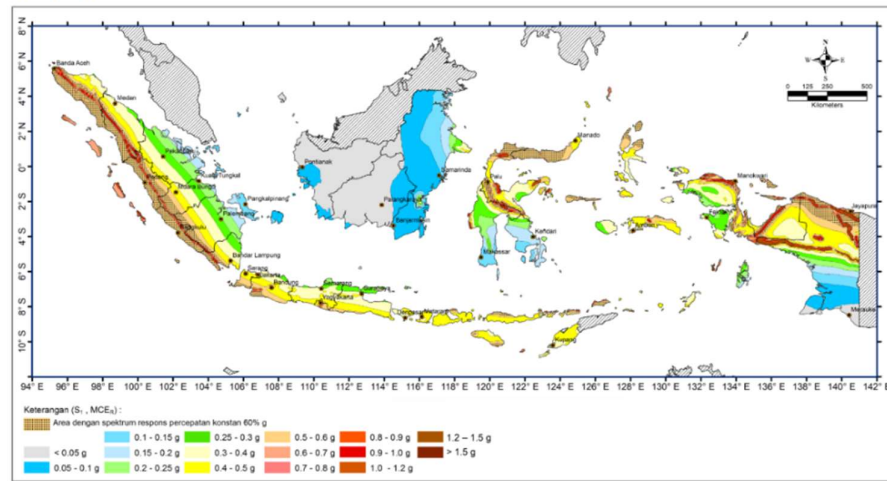
- Menentukan S_s (diperoleh dari peta gempa dengan priode ulang 50 tahun dan $T = 0,2$ detik) dan S_l (diperoleh dari peta gempa dengan priode ulang 50 tahun dan $T = 1$ detik). Untuk peta S_s dan S_l dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.3 Peta Spektra 0.2 Detik

(Sumber; SNI 1726-2019)

SNI 1726:2019



Gambar 2.4 Peta Spektra 1 Detik

(Sumber; SNI 1726-2019)

3. Menentukan jenis tanah dan koefisien situs

Setelah jenis tanah ditentukan dengan nilai S_s dan S_I maka selanjutnya menentukan nilai f_a dan f_v yang diperoleh dari Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.5 koefisien situs F_a

Jenis baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Tegangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber; SNI 1726-2019)

Tabel 2.6 koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang ditimbangkan resiko-tertarget (MCER) terpetakan pada priode 1 detik, S_I					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

(Sumber; SNI 1726-2019)

4. Menghitung S_{MS} dan S_{M1}

S_{MS} dan S_{M1} merupakan spektrum respons percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2 berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S \dots\dots\dots 2.1$$

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

a. Menghitung parameter percepatan desain

Percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) dapat dilihat pada persamaan 2.3 dan persamaan 2.4 berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots 2.3$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots 2.4$$

5. Kategori desain seismik

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spectral percepatan desain S_{DS} dan S_{D1} yang dapat dilihat pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode pendek

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

(Sumber: SNI 1726-2019)

Tabel 2.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik

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

(Sumber: SNI 1726-2019)

6. Spektrum respons desain

Jika *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 2.5 dan mengikuti ketentuan berikut ini:

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain S_a , harus diambil dengan persamaan 2.6 berikut:

$$S_a = S_D(0,4 + 0,6) \frac{T}{T_a} \dots\dots\dots 2.6$$

- b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 , dan lebih keeil dari atau sama dengan T_S , spektrum respons percepatan desain S_a , sama dengan S_{DS}

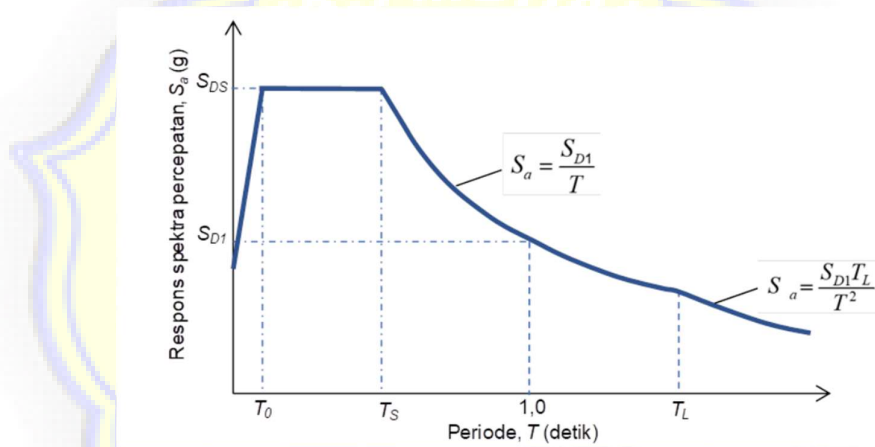
- c. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain S_a , harus diambil dengan persamaan 2.7 berikut:

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

- d. Untuk periode lebih besar dari T_L respons spektral percepatan desain S_a harus diambil dengan persamaan 2.8 sampai dengan persamaan 2.10 berikut:

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

Untuk *spektrum respons desain* dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Spektrum respons desain

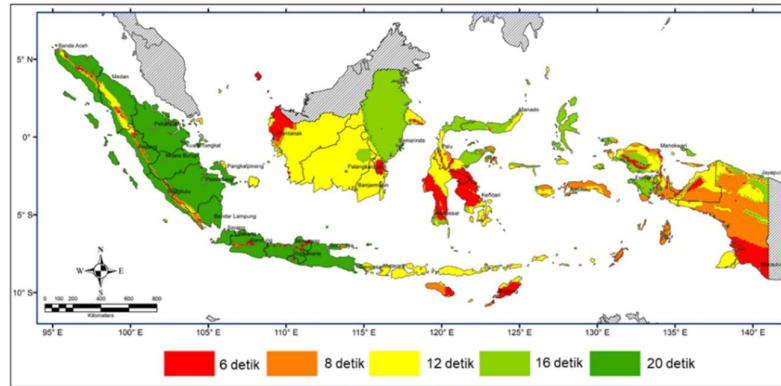
(Sumber; SNI 1726-2019)

$$T_a = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 2.9$$

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

Untuk menentukan nilai periode panjang T_s , dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut:

SNI 1726:2019



Gambar 2.6 Peta Transisi Periode Panjang T

(Sumber; SNI 1726-2019)

- e. Jenis tanah dikelompokkan menjadi 6 bagian, dengan pembagiannya berdasarkan besaran percepatan rambat gelombang geser rata-rata (v_s), nilai hasil test pentrasi standar rata-rata (N), dan kuat geser nilai rata-rata. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 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:		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $Pl > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 		

Lanjutan Tabel 2.9

	3. Kuat geser niralir $s_u < 25$ kPa
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa</p>
CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai	

(Sumber: SNI 1726-2019)

7. Periode fundamental pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dengan persamaan 2.11 berikut:

$$T_a = C_t x h_n^x \dots \dots \dots 2.11$$

dimana untuk nilai parameter periode pendekatan C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut:

Tabel 2.10 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
System 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	0,8
- Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan <i>bracing</i> eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan <i>bracing</i> terkekang terhadap tentuk	0,0731	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber: SNI 1726-2019)

8. Kombinasi sistem struktur dalam arah yang berbeda

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_o , harus diterapkan pada setiap sistem yang dapat dilihat pada Tabel 2.11 berikut:

Tabel 2.11 Faktor R , C_d , Ω_o untuk sistem pemikul gaya seismic

Tabel sistem struktur beton bertulang penahan gaya seismik	R	Ω_o	C_d	Batasan sistem struktur & Batasan tinggi struktur (m) berdasarkan kategori desain seismic KDS				
				B	C	D	E	F
1. Sistem dinding penumpu (<i>bearing wall systems</i>)								
- Dinding geser beton bertulang khusus	5.0	2.5	5.0	TB	TB	48	48	30
- Dinding geser beton bertulang biasa	4.0	2.5	4.0	TB	TB	TI	TI	TI
- Dinding geser beton polos didetail	2.0	2.5	2.0	TB	TI	TI	TI	TI
- Dinding geser polos biasa	1.5	2.5	1.5	TB	TI	TI	TI	TI

Lanjutan Tabel 2.11

Tabel sistem struktur beton bertulang penahan gaya seismik	R	Ω_0	Cd	Batasan sistem struktur & Batasan tinggi struktur (m) berdasarkan kategori desain seismic KDS				
- Dinding geser percetak menengah	4.0	2.5	4.0	TB	TB	12	12	12
- Dinding geser percetak biasa	3,0	2,5	3,0	TB	TI	TI	TI	TI
2. Dinding geser percetak biasa								
- Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
- Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
- Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3 1/4	2	3 1/2	TB	TB	10	10	TI
- Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
- Rangka baja dan beton komposit dengan bresing khusus	5	2	4 1/2	TB	TB	48	48	30
- Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
- Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2 1/2	5	TB	TB	48	48	30
3. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus (<i>Dual system with special moment frames</i>)								
- Dinding geser beton bertulang khusus	7.0	2.5	5.5	TB	TB	TB	TB	TB
- Dinding geser beton bertulang biasa	6.0	2.5	5.0	TB	TB	TI	TI	TI
4. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa (<i>shear wall-frame interactive systems with ordinary reinforced concrete moment frames and ordinary reinforced concrete shear walls</i>).								
	4.5	2.5	4.0	TB	TI	TI	TI	TI
Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk: (<i>Cantilevered column systems detailed to conform to for:</i>)								
- Rangka b.b. pemikul momen khusus	2.5	1.25	2.5	10	10	10	10	10
- Rangka b.b pemikul momen menengah	1.5	1.5	1.5	10	10	TI	TI	TI
- Rangka b.b pemikul momen biasa	1.0	1.5	1.01	10	TI	TI	TI	TI
Catatan: TB = Tidak dibatasi ; TI = Tidak diijinkan								

(Sumber: SNI 1726-2019)

9. Gaya geser dasar gempa dan beban lateral gempa

Gaya geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan ditentukan dengan persamaan 2.12 berikut:

$$V = C_S W \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana untuk nilai C_S harus ditentukan dengan persamaan 2.13 berikut:

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots 2.13$$

Nilai C_S yang dihitung dengan persamaan 2.13 tidak perlu melebihi berikut ini :

Untuk $T < T'$, dihitung dengan persamaan 2.14 berikut:

$$C_S = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots 2.14$$

Untuk $T > T'$ dihitung dengan persamaan 2.15 berikut:

$$C_S = \frac{S_{DS}}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots 2.15$$

C_S harus tidak kurang dari persamaan 2.16 berikut:

$$C_S = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots 2.16$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_S harus tidak kurang dari persamaan 2.17 berikut:

$$C_S = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots 2.17$$

10. Distribusi vertikal gaya seismic

Distribusi vertikal gaya seismik lateral (F_x) disebarang tingkat harus ditentukan dengan persamaan 2.18 berikut:

$$F_x = C_{VX} \cdot V \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana untuk nilai C_{VX} diambil dari persamaan 2,19 berikut:

$$C_{VX} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{t=t}^n W_i h_i^k} \dots\dots\dots 2.19$$

dengan

C_{VX} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya laeteral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

W_i dan W_x = Bagian berat sesimil 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, (m)

Nilai k = Eksponen yang terkait dengan periode struktur

Untuk struktur $T \leq 0,5$ detik menggunakan persamaan 2.20 berikut:

$$k = 1 \dots\dots\dots 2.20$$

Untuk struktur $T \geq 2,5$ detik menggunakan persamaan 2.21 berikut:

$$k = 2 \dots\dots\dots 2.21$$

Untuk struktur $0,5 \geq T \geq 2,5$ detik $\rightarrow k =$ interpolasi linear dengan persamaan 2.22 berikut:

$$y = y_1 + \left(y_2 - y_1 x \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \right) \dots\dots\dots 2.22$$

11. Distribusi horizontal gaya geser statik tiap lantai

Geser tingkat desain seismic des semua tingkat (V_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.23 berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots\dots\dots 2.23$$

Dengan

V_x = Gaya geser tingkat desain gempa dis semua tingkat

F_i = Bagian dari gaya seismic (V) pada tingkat ke- i

12. Penskalaan gaya gempa dinamik terhadap statik

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4.1 bahwa, jika hasil analisa untuk gaya geser dasar dan analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan persamaan 2.24 berikut:

$$\text{Skala gaya gempa} = \frac{V}{V_t} \dots\dots\dots 2.24$$

Dengan

V = Gaya geser dasar statik ekivalen

V_t = Gaya geser dasar dari hasil analisa ragam atau gaya geser dasar dinamik

2.3.4 Mode ragam

Pada saat perencanaan struktur, harus dilakukan pengecekan mode ragam pada model. umumnya mode ragam 1 dan 2 akan terjadinya translasi dan mode 3 rotasi. Jika rotasi terjadi pada mode 2, maka perlu dilakukan pengecekan ketidakberaturan torsi, dan jika rotasi terjadi pada mode 1 maka desain harus dilakukan perubahan, baik itu dengan menambahkan kekuatan struktur, maupun konfigurasi maupun jenis sistem struktur.

2.3.5 Penentuan simpangan antar tingkat

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.12.1 bahwa, simpangan antar tingkat desain (Δ) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.25 dan tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti didapatkan dari Tabel 2.18 simpangan izin antar tingkat

$$\delta_x = \frac{C_d x \delta_{ex}}{l_e} \dots\dots\dots 2.25$$

dengan

δ_x = Faktor pembesaran simpangan lateral

δ_{ex} = Perpindahan elastic yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat

l_e = Faktor risiko bangunan atau factor keutamaan gedung

Tabel 2 12 Simpangan izin antar tingkat

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

(Sumber: SNI-1726-2019)

Catatan: h_{sx} adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x

2.3.6 Kombinasi pembebanan

Pada kombinasi pembebanan ini mengacu pada SNI 1726-2019, komponen elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus didesain sedemikian, hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi dapat dilihat pada persamaan 2.26 sampai 2.30 dibawah ini:

$$1,4D \dots\dots\dots 2.26$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(L_Y \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.27$$

$$1,2D + 1,6(L_Y \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \dots\dots\dots 2.28$$

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_Y \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.39$$

$$0,9D + 1,0W \dots\dots\dots 2.30$$

Apabila pengaruh beban seismik yang dimaksud, $E = f(E_v, E_h)$ dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik yang harus digunakan yaitu persamaan 2.31 sampai 2.35 berikut:

$$1,2D + E_v + E_h + L \dots\dots\dots 2.31$$

$$0,9D - E_v + E_h \dots\dots\dots 2.32$$

$1,0D + 0,7Emh$	2.33
$1,0D + 0,525Ev + 0,525Emh + 0,75L$	2.34
$0,6D - 0,7Ev + 0,7Emh$	2.35

dengan

- D = Pengaruh beban mati
- L_r = Pengaruh beban hidup
- R = Beban air hujan
- W = Beban angin
- E = Beban gempa
- E_v = Pengaruh gaya seismic vertikal
- E_h = Pengaruh gaya seismic horizontal

2.4 Perencanaan Pelat Lantai

2.4.1 Pelat persegi yang menumpu di keempat tepinya

Berdasarkan PBI (1971), perhitungan momen dan gaya didalam pelat, balok, dan portal harus berdasarkan prinsip-prinsip teori elastisitas dapat dilakukan dengan setiap cara yang lazim, asal disebut sumbernya atau diuraikan dengan singkat prinsip-prinsipnya. Pada tepi-tepi pelat dapat terletak bebas, terjepit penuh, atau terjepit elastis. Jepitan penuh terjadi apabila penampang pelat diatas tumpuan itu tidak dapat berputar akibat pembebanan pada pelat. Jepitan elastis terjadi apabila pelat pada tumpuan merupakan satu kesatuan monolit dengan balok pemikulnya yang relatife tidak terlalu kaku dan sesuai dengan kekakuannya memungkinkan pelat untuk berputar pada tumpuannya. Untuk berbagai keadaan tepi pelat, dimana pada masing-masing tepi tersebut pelat dapat terletak bebas atau terjepit penuh, momen- momen didalam pelat dapat dihitung dengan Tabel 2.13

Tabel 2.13 Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagi rata

		l_y/l_x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5
I		Mlx = +0,001 qlx ² X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
		Mly = +0,001 qlx ² X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II		Mlx = +0,001 qlx ² X	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
		Mly = +0,001 qlx ² X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
		Mtx = -0,001 qlx ² X	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
III		Mly = -0,001 qlx ² X	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
		Mlx = +0,001 qlx ² X	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
		Mly = +0,001 qlx ² X	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13
IVA		Mtx = -0,001 qlx ² X	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
		Mlx = +0,001 qlx ² X	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
		Mly = +0,001 qlx ² X	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
IVB		Mly = +0,001 qlx ² X	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
		Mtx = -0,001 qlx ² X	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
		Mlx = +0,001 qlx ² X	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
VA		Mly = +0,001 qlx ² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
		Mtx = +0,001 qlx ² X	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83
		Mly = +0,001 qlx ² X	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
VB		Mly = +0,001 qlx ² X	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
		Mtx = -0,001 qlx ² X	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	122	123	123	124	124
		Mlx = +0,001 qlx ² X	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62	63
VIA		Mly = +0,001 qlx ² X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
		Mtx = -0,001 qlx ² X	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	122	123	123	124
		Mlx = +0,001 qlx ² X	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
VIB		Mly = +0,001 qlx ² X	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
		Mtx = -0,001 qlx ² X	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
		Mlx = +0,001 qlx ² X	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79
VIB		Mly = +0,001 qlx ² X	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
		Mtx = -0,001 qlx ² X	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		Mlx = +0,001 qlx ² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

— = Terletak bebas
 = Terjepit penuh

(Sumber: PBI, 1971)

Rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek (β) dapat dilihat pada persamaan 2.36 berikut:

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} \dots\dots\dots 2.36$$

2.4.2 Batasan desain konstruksi satu arah (non-prategang)

Batasan desain pelat satu arah berdasarkan SNI 2847-2019 antara lain:

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter
2. Untuk plat solid atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar. Ketebalan keseluruhan plat h tidak boleh kurang dari batas minimum pada Tabel 2.14

Tabel 2.14 Tebal Minimum Pelat

Kondisi tumpuan	$h^{[1]}$ Minimum
Tumpuan sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$
Kantalliver	$l/10$

(Sumber: SNI 2847-2019)

3. Untuk pelat non-prategang yang tidak memenuhi ketebalan pelat minimum dan untuk pelat prategang, lendutan sesaat dan jangka panjang harus dihitung sesuai pasal 24.2 dan tidak boleh melebihi batas Tabel 2.15 berikut :

Tabel 2.15 Peraturan ketebalan plat

Jarak komponen struktur	Kondisi		Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar	Tidak memikul atau tidak disatukan dengan elemen-elemen nonstructural yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar		Lendutan seketika akibat Lr dan R maksimum	$l/20$
Lantai	Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar		Lendutan seketika akibat L	$l/24$
Atap atau lantai	Memikul atau disatukan dengan elemen-elemen nonstructural	Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan elemen nonstructural yang jumlah dan lendutan jangka Panjang akibat semua beban tetap dan lendutan seketika akibat penambahan beban hidup	$l/28$
		Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar		$l/10$

(Sumber: SNI 2847-2019)

4. Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.
5. Tulangan susut harus dipasang tegak lurus arah tulangan lentur untuk pelat satu arah berdasarkan pasal 24.4.3 dan pasal 24.4.4 pada SNI 2847-2019. Rasio luasan tulangan ulir susut terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan dalam Tabel 2.16 berikut:

Tabel 2.16 Plat satu arah nonprategang

Tipe tulangan	f_y, MPa	$A_{s,min}$	
Batang ulir	< 420	$0,0020A_g$	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari :	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \times A_g$
			$0,0014A_g$

(Sumber: SNI 2847-2019)

6. Spasi maksimum s untuk tulangan ulir harus kurang dari $3h$ dan 450 mm harus berdasarkan pada persamaan 2.37 dan 2.38 berikut:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + \beta(am - 0,2)} \dots\dots\dots 2.37$$

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + \beta} \dots\dots\dots 2.38$$

7. Tebal plat lantai, dihitung menggunakan persamaan berikut harga sebagai berikut:

untuk $\alpha_m < 2,0$ digunakan nilai h minimal 120 mm (pelat dua arah)

untuk $\alpha_m \geq 2,0$ digunakan nilai h minimal 90 mm (pelat satu arah)

dengan:

L_n = Panjang bentang bersih dalam arah momen yang ditinjau, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)

α_m = Rasio kekuatan balok terhadap pelat

β = Rasio Panjang terhadap lebar pelat

2.4.3 Batasan desain konstruksi dua arah (non-prategang)

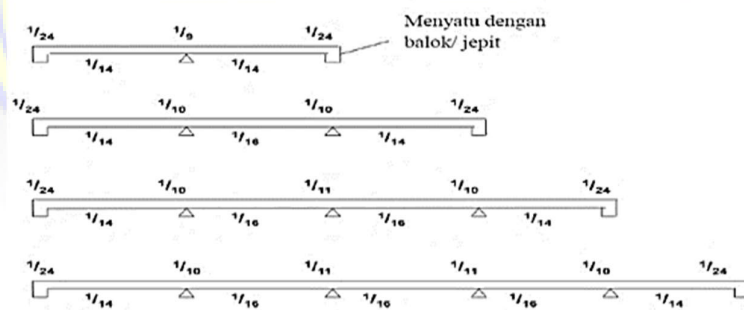
Batasan desain pelat dua arah antara lain:

1. Menghitung momen rencana (M_u)

Sebagai alternatif untuk analisis rangka, momen dan geser pendekatan berikut diizinkan untuk perancangan balok dan slab satu arah menerus, dan (slab yang ditulangi untuk menahan tegangan lentur hanya dalam satu arah), asalkan (a) sampai dengan (e) dipenuhi:

- a. Terdapat dua bentang atau lebih.
- b. Bentang-bentangnya mendekati sama, dengan bentang yang lebih besar dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih besar dari yang bentang lebih pendek dengan lebih dari 20 persen
- c. Beban terdistribusi merata
- d. Beban hidup terfaktor L , tidak melebihi tiga kali beban mati tak terfaktor D , dan
- e. Komponen struktur adalah prismatis.

Untuk analisis rangka, momen dan geser pendekatan berikut diizinkan untuk perancangan balok dan slab satu arah menerus, dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Pendekatan momen

(Sumber: Kusuma, 1975)

Untuk perhitungan momen dapat dilihat pada persamaan 2.39 berikut:

$$M = x \cdot qu \cdot lx^2 \cdot x \dots\dots\dots 2.39$$

- a. Perencanaan terhadap geser harus berdasarkan pada persamaan 2.40 sampai dengan persamaan 2.42 berikut:

$$\theta V_n \geq V_u \dots\dots\dots 2.40$$

dimana

$$V_u = 0,5 \cdot Q_u \cdot L_n \dots\dots\dots 2.41$$

$$\theta V_n = 0,17 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot 1000 \cdot \phi \text{ geser} \dots\dots\dots 2.42$$

- b. Untuk tinggi efektif (d) dihitung dengan persamaan 2.43 dan persamaan 2.44 berikut:

$$d_s = pb + 1/2 D \dots\dots\dots 2.43$$

$$d = h - d_s \dots\dots\dots 2.44$$

- c. Menghitung rasio tulangan (ρ) dihitung berdasarkan persamaan 2.45 sampai dengan persamaan 2.50 berikut:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots 2.45$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \dots\dots\dots 2.46$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 f_y \epsilon_{cu}}{\beta} \dots\dots\dots 2.47$$

$$\xi_y = \frac{f_y}{E_s} \dots\dots\dots 2.48$$

$$\rho_{maks} = \frac{1 \epsilon_{cu} \epsilon_y}{\epsilon_y \epsilon_t} \rho_{balance} \dots\dots\dots 2.49$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi \text{ tul } 0,85 f'_c b d^2}} \right] \dots\dots\dots 2.50$$

- d. Menghitung luas tulangan pokok AS_{perlu} berdasarkan persamaan 2.51

$$AS_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots 2.51$$

- e. Jarak tulangan s dihitung berdasarkan persamaan 2.52 dan persamaan 2.53 berikut:

$$S = \frac{Ad \cdot 1000}{As} \dots\dots\dots 2.52$$

dimana

$$Ad = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots 2.53$$

- f. Kontrol jarak tulangan dihitung dengan persamaan 2.54 berikut:

$$AS_{pakai} = \frac{As \cdot 1000}{S} \dots\dots\dots 2.54$$

2.5 Perencanaan Struktur

Perencanaan struktur baja banyak digunakan karena mempertimbangkan sifat baja yaitu, memiliki daktilitas tinggi. Sifat baja ini menyebabkan bangunan yang dibangun memiliki ukuran yang lebih kecil dan berat yang lebih ringan daripada bangunan dengan struktur beton bertulang. Pelaksanaan perencanaan struktur bangunan baja dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) dan metode *Allowable Stress Design* (ASD). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode LRFD.

Menurut SNI 1729-2020, metode LRFD adalah metode yang memproporsikan komponen struktur sedemikian sehingga kekuatan desain sama atau melebihi kekuatan perlu komponen tersebut akibat aksi kombinasi beban LRFD. Berdasarkan uraian tersebut, metode ini dilaksanakan dengan memperhatikan tegangan kerja pada struktur yang kemudian bangunan dikatakan aman jika dengan kombinasi beban yang diperlukan, kekuatan yang dimiliki oleh komponen struktural gedung tersebut sama dengan atau melebihi kekuatan yang diperlukan. Metode ini memiliki persamaan 2.55 sebagai berikut:

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots 2.55$$

Keterangan :

R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban LRFD

R_n = kekuatan nominal

ϕ = factor ketahanan

ϕR_n = kekuatan desain

2.5.1 Pengecekan kekompakan profil

Demi memastikan tidak terjadinya tekuk lokal, perlu dilakukan pengecekan kekompakan profil. Perhitungan kekompakan profil ini berlandaskan pada SNI 1729-2020 pada Tabel 2.17 dan Tabel 2.18 sebagai berikut:

Tabel 2 17 Batasan rasio lebar terhadap tebal untuk elemen tekan aksial

	Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio lebar terhadap tebal	Batasan rasio lebar terhadap Tebal λ_r (nonlansing/lansing)
Elemen tidak diperkaku	1	Sayap Profil I gilas panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I gilas panas, kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung	b/t	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
	2	Sayap profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	b/t	$0,64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$
	3	Kaki siku tunggal, kaki siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tidak diperkaku lainnya	b/t	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
	4	Badan T	d/t_b	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Elemen diperkaku	5	Badan profil I simetris ganda dan penampang profil I tersusun dan kanal	h/t_w	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
	6	Dinding PSR perseng panjang	b/t	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara baris-baris pengencang atau las	b/t	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	b/t	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
<p>$kC = 4 \sqrt{h/t_w}$ tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 atau lebih besar dari 0,76 dalam perhitungan.</p>				

(Sumber: SNI 1729-2020)

Tabel 2 18 Batasan rasio lebar terhadap tebal untuk elemen tekan lentur

	Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio lebar terhadap tebal	Batasan rasio lebar terhadap tebal	
				λ_{hd} Komponen struktur daktail tinggi	λ_{md} Komponen struktur daktail sedang
Elemen tidak diperkaku	1	Sayap profil I gilas panas, kanal, dan T	b/t	$0,38 \sqrt{E/F_y}$	$1,0 \sqrt{E/F_y}$
	2	Sayap profil tersusun bentuk I simetris Ganda dan tunggal	n/t	$0,38 \sqrt{E/F_y}$	$0,95 \sqrt{k_c E/F_L}$
	3	Kaki siku tunggal	b/t	$0,54 \sqrt{E/F_y}$	$0,91 \sqrt{E/F_y}$
	4	Sayap semua rofil I dan kanal yang mengalami lentur terhadap sumbu lemah	b/t	$0,38 \sqrt{E/F_y}$	$1,0 \sqrt{E/F_y}$
	5	Badan T	d/t	$0,84 \sqrt{E/F_y}$	$1,52 \sqrt{E/F_y}$
	6	Badan profil I simetris ganda dan kanal	h/t_w	$3,76 \sqrt{E/F_y}$	$5,7 \sqrt{E/F_y}$
	7	Badan profil I simetris tunggal	h_c/t_w	$\frac{h_c}{h_p} \sqrt{E/F_y}$ $(0,54 \frac{M_p}{M_y} - 0,0$	$5,7 \sqrt{k_c E/F_L}$

(Sumber: SNI 1729-2020)

2.5.2 Komponen struktur untuk lentur

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor, M_u harus direncanakan berdasarkan persamaan 2.56 berikut:

$$M_u \leq \phi M_n \dots\dots\dots 2.56$$

Untuk: $\phi = 0,9$ (DFBK) $\phi = 1.67$ (DKI)

1. Syarat kekompakan

Pada SNI 1729-2020, untuk kondisi lentur penampang diklasifikasikan sebagai penampang kompak, non kompak atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya λ_p , jika rasio tebal terhadap lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi λ_p , tetapi tidak boleh melebihi λ_r , penampang disebut nonkompak. Jika rasio tebal terhadap lebar dari setiap elemen tekan melebihi λ_r , disebut penampang dengan elemen-langsing.

2. Kelangsingan Prategang

Kelangsingan penampang dari komponen struktur yang mengalami lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya.

a. Penampang kompak

Untuk penampang-penampang yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$ kuat lentur nominal penampang dapat dilihat pada persamaan 2.57 berikut:

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \dots\dots\dots 2.57$$

b. Penampang non kompak

Untuk penampang yang memenuhi $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ kuat lentur nominal penampang dapat dilihat pada persamaan 2.58 berikut:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,75F_y Z_x \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)) \right] \leq M_p \dots\dots\dots 2.58$$

c. Penampang langsung

Untuk pelat sayap yang memenuhi $\lambda_r \leq \lambda$ kuat lentur nominal penampang dapat dilihat pada persamaan 2.59 sampai dengan persamaan 2.61 berikut:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \dots\dots\dots 2.59$$

dimana

$$F_{cr} = \frac{c_b \pi^2 E}{\left(\frac{\lambda}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{j_c}{s_x h_o} \left(\frac{\lambda}{r_{ts}}\right)^2} \dots\dots\dots 2.60$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f}\right)}} \dots\dots\dots 2.61$$

3. Kuat lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral

Faktor pengali momen C_b ditentukan berdasarkan persamaan 2.62 berikut:

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \dots\dots\dots 2.62$$

2.5.3 Komponen struktur untuk geser

Pelat badan yang memikul gaya geser V_u harus memenuhi dengan persamaan 2.63 sebagai berikut:

$$V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots 2.63$$

Untuk kekuatan geser nominal V_n , dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser dapat dihitung dengan persamaan 2.64 berikut:

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \dots\dots\dots 2.64$$

Untuk badan dari semua profil simetris ganda dan simetris tunggal serta kanal lainnya, kecuali PSB bundar, koefisien geser badan (C_v) ditentukan dengan persamaan 2.65 sampai dengan persamaan 2.71 berikut:

$$1. \text{ Leleh pada plat badan } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \\ C_v = 1,0 \dots\dots\dots 2.65$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w \dots\dots\dots 2.66$$

$$2. \text{ Tekuk inelastik pada pelat badan } 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_y E}{F_y}}$$

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{\frac{K_y E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \dots\dots\dots 2.67$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w \left(C_v + \frac{1 - C_v}{1,15 \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right) \dots\dots\dots 2.68$$

3. Tekuk elastik pada pelat badan $\frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{K_y E}{F_y}}$

$$C_v = \frac{1,5 K_y E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \dots\dots\dots 2.69$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w \left(C_v + \frac{1 - C_v}{1,15 \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right) \dots\dots\dots 2.70$$

dimana

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \dots\dots\dots 2.71$$

2.5.4 Komponen struktur untuk tekan

Menurut SNI 1729-2020, kekuatan tekan desain $\phi_c P_n$ dan kekuatan tekan tersedia $P_n \Omega_c$ ditentukan dengan persamaan 2.72 berikut:

$$p_u \leq \phi_c p_n \dots\dots\dots 2.72$$

$$\phi_c = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_c = 1,67 \text{ (DKI)}$$

1. Panjang efektif untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat dilihat dengan persamaan 2.73 berikut:

$$\frac{KL}{r} < 200 \dots\dots\dots 2.73$$

2. Kekuatan tekan nominal P_n harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur dengan persamaan 2.74 berikut:

$$p_n = F_{cr} A_g \dots\dots\dots 2.74$$

3. Tegangan kritis F_{cr} ditentukan dengan persamaan 2.75 sampai dengan persamaan 2.77 berikut:

a. Bila $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$)

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] f_y \dots\dots\dots 2.75$$

b. Bila $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$)

$$F_{cr} = 0,877 F_e \dots\dots\dots 2.76$$

dimana

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \dots\dots\dots 2.77$$

2.5.5 Komponen struktur untuk tarik aksial

Menurut SNI 1729-2020, kekuatan tarik desain $\phi_t P_n$ dan kekuatan tarik tersedia $P_n \Omega_t$ ditentukan dengan persamaan 2.78 berikut:

$$P_u \leq \phi_t P_n \dots\dots\dots 2.78$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan tarik desain $\phi_t P_n$ dan kekuatan tarik tersedia $P_n \Omega_t$ dari komponen struktur tarik, harus nilai yang terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

1. Untuk leleh tarik pada penampang bruto dapat dilihat pada persamaan 2.79 berikut:

$$P_n \leq F_y A_g \dots\dots\dots 2.79$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

2. Untuk leleh tarik pada penampang netto dapat dilihat pada persamaan 2.80 berikut:

$$P_n \leq F_y A_n \dots\dots\dots 2.80$$

$$\phi_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 2,0 \text{ (DKI)}$$

2.5.6 Komponen struktur yang mengalami gaya kombinasi

Komponen struktur yang mengalami gaya kombinasi merupakan penampang simetris yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan dengan persamaan 2.81 dan persamaan 2.82 berikut:

a. Bila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots 2.81$$

b. Bila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots 2.82$$

Keterangan:

P_r = kekuatan aksial perlu (N)

P_c = kekuatan aksial tersedia (N)

M_r = kekuatan lentur perlu (Nmm)

M_c = kekuatan lentur tersedia (Nmm)

2.6 Perencanaan Sambungan Baut

Menurut Setiawan (2008), setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang selain las yaitu baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling, seperti jumlah tenaga kerja yang sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar, dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi. Suatu baut yang memikul beban terfaktor R_u sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi persamaan 2.83 berikut:

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots 2.83$$

dengan

R_u = Beban terfaktor

R_n = Tahanan nominal baut

ϕ = Factor reduksi yang diambil sebesar 0,75

2.6.1 Tahanan geser baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser harus memenuhi persamaan 2.84 berikut:

$$R_n = m r_l f_u^b A_b \dots\dots\dots 2.84$$

dengan

m = Jumlah bidang geser

$r_l = 0,5$ untuk baut tanpa ulir

$r_l = 0,4$ untuk baut dengan ulir

f_u^b = Kuat Tarik baut

A_b = Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

2.6.2 Tahanan tarik baut

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung berdasarkan persamaan 2.85 berikut:

$$R_n = 0,75 f_u^b A_b \dots\dots\dots 2.85$$

2.6.3 Tahanan tumpu baut

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung, dapat dihitung dengan persamaan 2.86 berikut:

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u \dots\dots\dots 2.86$$

dengan

d_b = Diameter baut pada daerah tak berulir

t_p = Tebal plat

f_u = Kuat tarik putus terendah dari baut atau plat

2.6.4 Jumlah baut

Perhitungan jumlah baut berdasarkan persamaan 2.87 berikut:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} \dots\dots\dots 2.87$$

dengan

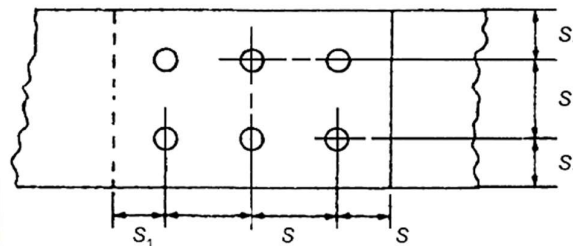
n = Jumlah baut

V_u = Gaya geser

ϕR_n = Tahanan tumpu

Jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari 3 kali diameter nominal baut, dan jarak anatar baut tepi dengan ujung pelat hams sekurang-

kurangnya 1,5 diameter nominal baut. Dan jarak maksimum antar pusat lubang baut tak boleh melebihi $15 t_p$ (dimana t_p adalah tebal pelat lapis tertipis pada sambungan) atau 200 mm, sedangkan jarak tepi maksimum hams tidak melebihi $4t_p + 100$ mm atau 200 mm. Untuk lebih jelasnya tata letak baut dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Tata letak baut

(Sumber: Setiawan, 2008)

2.7 Pelat Landasan (*Base Plate*)

Menurut Dewobroto (2016), *base plat* yang biasa, umumnya terdiri dari pelat landasan dan baut angkur. Adapun pelat landasan tersambung ke kolom baja dengan las. Agar terjadi kontak merata antara pelat landasan dan struktur beton pondasi, diberi jarak dan diisi semen grout tipe tidak susut (*non shrink grout*). Secara teoritis bisa saja baut angkur tidak diperlukan, tetapi dalam pelaksanaan hams dipasang. Minimal dua buah, untukantisipasi momen tidak terduga selama masa konstruksi. Fungsi baut angkur bisa untuk *leveling* dan yang pasti adalah untuk menahan gaya geser. Pada perencanaan pelat landasan (*base plate*) hams diperhitungkan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan serta dimensi pelat dasar diantaranya eksentrisitas beban, tegangan tumpu nominal beton, panjang bidang tekan beton dan lain sebagainya. Untuk perhitungan pada dimensi base plate dapat dilihat pada persamaan 2.88 berikut:

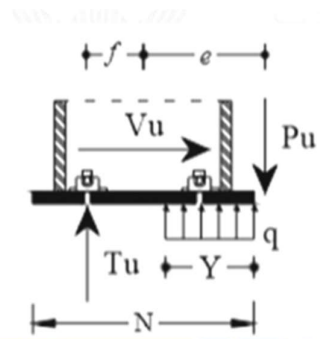
1. Dimensi *base plate*

$$A l = B N \dots\dots\dots 2.88$$

dengan

- AI = Luas permukaan base plate
- B = Lebar base plate
- N = Panjang *base plate*

2. Perhitungan eksentrisitas *base plate* dengan eksentrisitas beban dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Base plate dengan eksentrisitas beban

(Sumber: Dewobroto, 2016)

Untuk perhitungan eksentrisitas dapat dilihat pada persamaan 2.89 berikut:

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots 2.89$$

dengan

e = Jarak eksentrisitas

M_u = Momen yang terjadi

P_u = Gaya tekan yang terjadi

3. Perhitungan angkur

Angkur yang direncanakan untuk memikul gaya geser dan tarik

a. Kontrol geser dapat dilihat pada persamaan 2.90 berikut:

$$V_{ub} \leq \phi f_{nv} . Ab \dots\dots\dots 2.90$$

b. Kontrol tarik dapat dilihat pada persamaan 2.91 berikut:

$$T_{ub} \leq \phi f_{nt} . Ab \dots\dots\dots 2.91$$

dengan

T_{ub} = Gaya geser yang terjadi

ϕ = Faktor reduksi 0,75

- f_{nv} = Tegangan geser
- f_{nt} = Tegangan tarik nominal
- Ab = Luas tubuh angkur

4. Tebal *base plate*

Untuk perhitungan tebal base plate dapat dilihat pada persamaan 2.92 sampai dengan persamaan 2.94 berikut:

$$m = \frac{(N-0,95 d)}{2} \dots\dots\dots 2.92$$

$$n = \frac{(b-0,8 bf)}{2} \dots\dots\dots 2.93$$

maka

$$tp = \sqrt{\frac{2 P_u m^2}{BN(0,9 f_y)}} \dots\dots\dots 2.94$$

dengan

- tp = Tebal base plate
- f_y = Tegangan leleh baja
- B = Lebar base plate
- N = Panjang base plate
- d = Diameter angkur baut

2.8 Perencanaan Pondasi

2.8.1 *Pilecap*

Menurut Pamungkas dan Harianti (2014), *pile cap* berfungsi untuk mengikat tiang-tiang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. *Pilecap* biasanya terbuat dari beton bertulang. Perencanaan *pilecap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut:

- a. *Pilecap* sangat kaku.
- b. Ujung atas tiang menggantung pada *pilecap*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh *pilecap* ke tiang.
- c. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata.

Jarak tiang mempengaruhi ukuran *pilecap*. Jarak tiang pada kelompok tiang biasanya diambil $2,5D - 3D$, di mana D adalah diameter tiang.

1. Kontrol gaya geser 1 arah

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis dapat dilihat pada persamaan 2.95 sampai persamaan 2.98 berikut:

$$V_u = \sigma LG \dots\dots\dots 2.95$$

dengan

$$\sigma = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots 2.96$$

$$d = t - d' \dots\dots\dots 2.97$$

$$G' = L - \left(\frac{L}{2} + \frac{L_{kolom}}{2}\right) + d \dots\dots\dots 2.98$$

Kuat geser beton dihitung dengan persamaan 2.99 berikut:

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f_c b d} \dots\dots\dots 2.99$$

dimana

V_u = Gaya geser

σ = Tegangan yang terjadi

L = Panjang pondasi

G' = Daerah pembebanan untuk geser penulangan

d = Tebal efektif pondasi

P_u = Gaya aksial pada pondasi

A = Luas pondasi

d' = Tebal selimut beton

f_c = Kuat tekan beton

2. Kontrol gaya geser 2 arah

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis dapat dilihat pada persamaan 2.100 dan persamaan 2.101 berikut:

$$V_u = \sigma(L^2 - B'^2) \dots\dots\dots 2.100$$

$$B' = lebar\ kolom + 2\left(\frac{1}{2}a\right) \dots\dots\dots 2.101$$

Kuat geser beton dihitung dengan persamaan 2.102 sampai dengan persamaan 2.106 berikut:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c b_o d}}{6} \dots\dots\dots 2.102$$

$$V_c = \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c b_o d}}{12} \dots\dots\dots 2.103$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c b_o d} \dots\dots\dots 2.104$$

dimana

$$\beta_c = \frac{ak}{bk} \dots\dots\dots 2.105$$

$$b_o = 4 B \dots\dots\dots 2.106$$

dengan

V_u = Gaya geser

V_c = Gaya geser nominal

σ = Tegangan yang terjadi

L = Panjang pondasi

d = Tebal efektif pondasi

d' = Tebal selimut beton

f_c = Kuat tekan beton

B' = Lebar penampang kritis pondasi

β_c = Rasio panjang bentang

b_o = Keliling penampang kritis pondasi

ak = Lebar kolom

bk = Panjang kolom

2.8.2 Tiang pancang

Menurut Hardiyatmo (2015), Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas akibat gaya-gaya penggulingan. Selain itu tiang-tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga, dimana pada bangunan ini tiang-tiang dipengaruhi oleh gaya-gaya benturan kapal dan gelombang air. Pada saat ini telah banyak digunakan berbagai tipe pondasi dalam, penggunaan disesuaikan dengan besarnya bahan, kondisi lokasi atau

lingkungan, dan lapisan tanah. Tiang pancang (*driven pile*) dimana dalam pemasangannya tiang dicetak terlebih dahulu dan kemudian dipancang atau ditekan ke dalam tanah.

1. Kapasitas dukung tiang pancang

Kapasitas dukung tiang pada tanah granuler dapat dihitung dengan persamaan 2.107 berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_s \dots\dots\dots 2.107$$

Tahanan ujung ultimit (Q_b)

Untuk perhitungan tahanan ujung ultimit (Q_b) dapat dilihat pada persamaan 2.108 dan persamaan 2.109 berikut:

$$Q_b = A_b f_b \dots\dots\dots 2.108$$

dengan

$$f_b = p'_b N_q \dots\dots\dots 2.109$$

dimana

Q_b = Tahanan ujung ultimit

A_b = Luas tiang

f_b = Tahanan ujung per satuan luas

P'_b = Tekanan vertikal efektif tanah pada ujung bawah tiang

N_q = Faktor kapasitas dukung

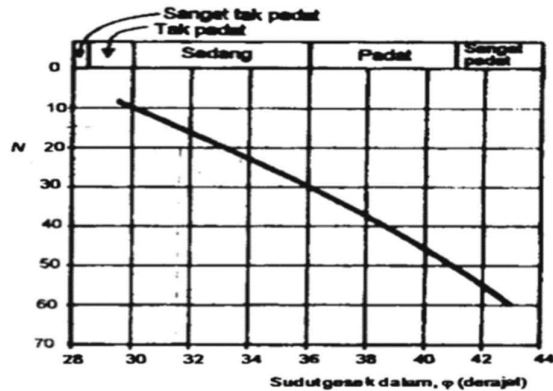
A_s = Keliling tiang

P'_o = Tekanan overburden

ϕ' = Sudut gesek

N = Jenis tanah

Faktor kapasitas dukung N_q bergantung pada rasio kedalaman penetrasi tiang terhadap diameter dan pada sudut gesek dalam tanah (ϕ). Sudut gesek dalam tanah (ϕ) umumnya diambil dari nilai N hasil uji SPT. Hubungan antara ϕ' dan N yang disarankan oleh Peck et al (1974) dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut:

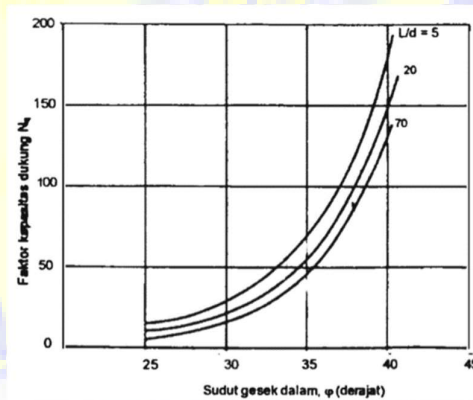


(Sumber: Peck et al, 1974)

Gambar 2.10 Hubungan ϕ' dan N

(Sumber: Peck et al, 1974)

Terdapat beberapa usulan untuk menentukan hubungan antara ϕ' dan N_q . Poulos dan Davis (1980) menyarankan nilai N_q yang diusulkan oleh Berezantsev (1961) untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut:



Gambar 2.11 Hubungan ϕ' dan N_q

(Sumber: Berezantsev, 1961)

Tahanan gesek tiang ultimit (Q_s) Pada perhitungan tahanan gesek ultimit dapat dihitung dengan persamaan 2.200 berikut:

$$Q_s = \Sigma A_s P_0' K_d t_g \dots\dots\dots 2.200$$

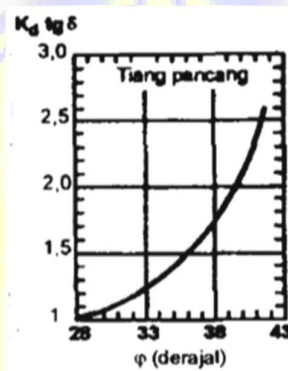
dimana

Q_s = Tahanan gesek ultimit

A_s = Keliling tiang

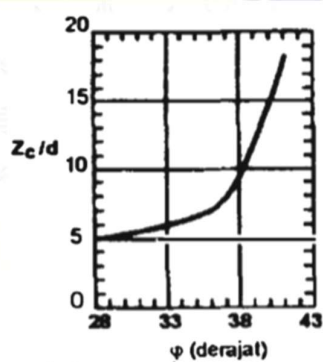
P_o' = Tekanan overburden

Dengan berdasarkan hasil pengujian Vesic (1967), Poulos dan Davis (1980) mengevaluasi nilai-nilai hunungan $K_d \tan \delta$ dan Z_d/d seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.12 dan Gambar 2.13 berikut:



Gambar 2.12 Hubungan $K_d \tan \delta$ dan ϕ'

(Sumber: Poulos dan Davis, 1980)



Gambar 2.13 Hubungan Z_d/d dan ϕ'

(Sumber: Poulos dan Davis, 1980)

Sebagai pendekatan dapat pula digunakan persamaan (Kishida, 1967) dapat dilihat pada persamaan 2.201 untuk menentukan nilai N_q dan persamaan 2.202 untuk menentukan nilai $K_d \text{tg } \delta$

$$\varphi' = \frac{1}{2}(\varphi'_1 + 40^\circ) \dots\dots\dots 2.201$$

$$\varphi' = \frac{3}{4}\varphi'_1 + 10^\circ \dots\dots\dots 2.202$$



BAB III

METODE PERENCANAAN

3.1 Lokasi Perencanaan

Hotel Lombok Astoria Mataram ini terdiri dari 11 lantai dan 1 lantai dak atap. Struktur bangunan ini dirancang dengan menggunakan konstruksi beton yang dalam skripsi ini akan dilakukan perencanaan ulang menggunakan sistem konstruksi portal baja dan menggunakan *cross bracing*. Bangunan Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram berada dijalan. Jendral Sudirman No.40 Rembiga selaparang kota mataram Nusa Tenggara Barat dapat dilihat pada Gambar 3.1

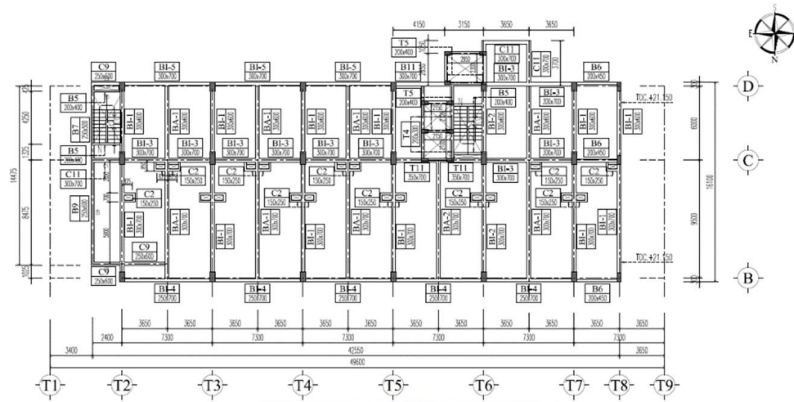


Gambar 3.1 Lokasi perencanaan

(Sumber: Google Earth, 2023)

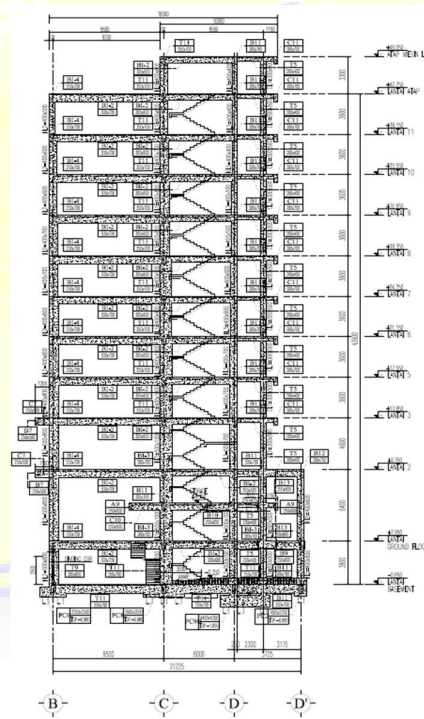
3.2 Model Eksisting Struktur

Model struktur berupa gambar rencana sebagai acuan untuk perencanaan gedung ini diantaranya denah lantai, potongan melintang dan memanjang portal struktur seperti pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4 berikut:



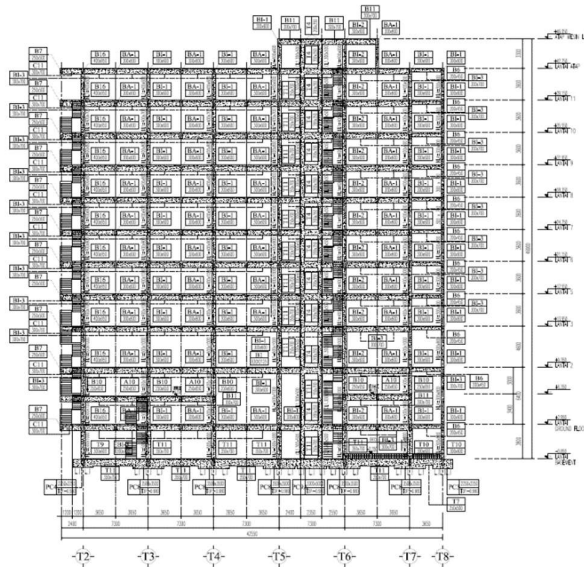
Gambar 3.2 Denah lantai 6

(Sumber: Hariyadi, 2023)



Gambar 3.3 Potongan melintang

(Sumber: Hariyadi, 2023)



Gambar 3.4 Potongan memanjang

(Sumber: Hariyadi, 2023)

3.3 Perencanaan Komponen Struktur

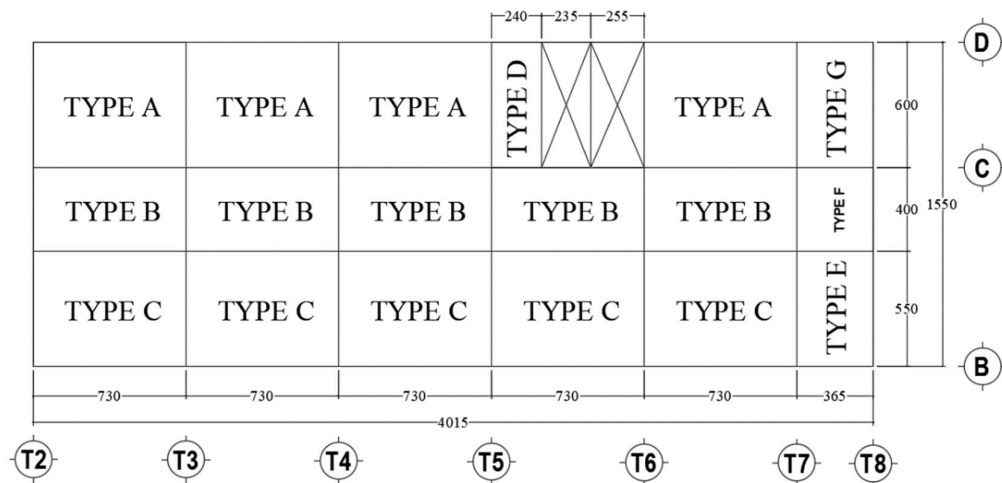
Pada subbab ini akan dijelaskan tentang data-data yang digunakan dalam memudahkan dalam perencanaan sebagai berikut:

3.3.1 Data redesain

Nama Gedung	=	Hotel Lombok Astoria Mataram
Fungsi Gedung	=	Hotel
Jumlah Lantai	=	11
Struktur Utama	=	Baja
Jenis Pondasi	=	<i>Pilecap</i>
Tinggi Per Lantai	:	
Lantai 1 - 4	=	18,4 m
Lantai 4 - 9	=	14,4 m
Lantai 9 - Atap	=	10,8 m +
Tinggi Gedung	=	<u>43,6 m</u>

3.3.2 Denah redesain

Gedung Hotel Astoria Lombok Mataram akan didesain menggunakan sistem portal baja dan *cross bracing*, untuk menjamin keamanan struktur gedung yang didesain, beberapa jumlah kolom pada perencanaan awal akan dihilangkan, sehingga bentang pelat lantai lebih panjang dengan mempertimbangkan kestabilan struktur secara keseluruhan. Pengelompokan ukuran pelat lantai dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut



Gambar 3.5 Denah pelat lantai rencana

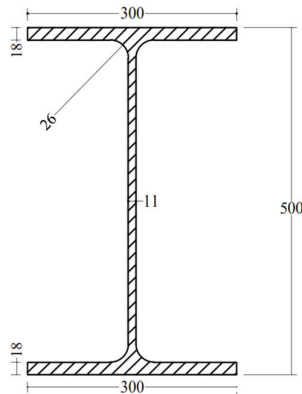
(Sumber: Hasil perencanaan, 2023)

3.3.3 Material Struktur

Adapun material yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan struktur baja profi *Wf* untuk balok dan *bracing*, untuk profil kolom menggunakan *King Cros*, adapun spesifikasinya sebagai berikut:

1. Balok memanjang

Balok memanjang yang digunakan profil baja *WF* 500.300.11.18 dengan data-data yang diambil dari tabel baja diperoleh:



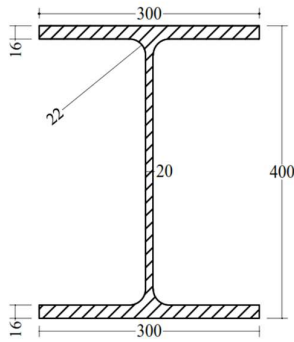
Gambar 3.6 Penampang profil balok

(Sumber: Gunawan, 1987)

A	$=$	500	mm	A_g	$=$	163,5	cm^2
B	$=$	300	mm	w	$=$	128	kg/m
r	$=$	26	mm	J_x	$=$	71000	cm^4
t_1	$=$	11	mm	J_y	$=$	8110	cm^4
t_2	$=$	18	mm	i_x	$=$	20,8	cm
Z_x	$=$	2910	cm^3	i_y	$=$	7,04	cm
Z_y	$=$	541	cm^3				

2. Balok melintang

Balok memanjang yang digunakan profil baja *WF* 400.300.10.16 dengan data-data yang diambil dari tabel baja diperoleh:



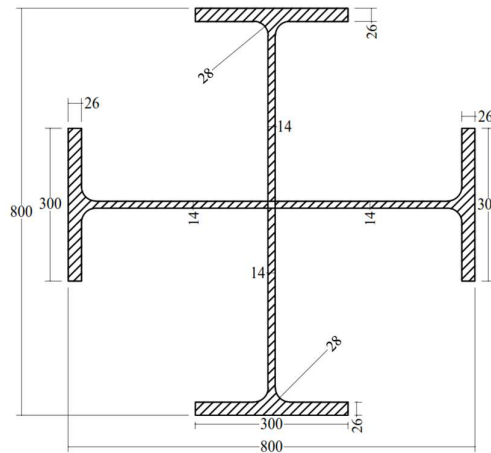
Gambar 3.7 Penampang profil balok

(Sumber: Gunawan, 1987)

e	$= 400$	mm	A_g	$= 136$	cm^2
B	$= 300$	mm	w	$= 107$	kg/m
r	$= 22$	mm	J_x	$= 38700$	cm^4
t_1	$= 10$	mm	J_y	$= 7210$	cm^4
t_2	$= 16$	mm	i_x	$= 16,9$	cm
Z_x	$= 1980$	cm^3	i_y	$= 7,28$	cm
Z_y	$= 481$	cm^3			

3. Kolom

Pada perencanaan kolom Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram digunakan profil *KC*. Untuk perencanaan kolom ada beberapa dimensi dan spesifikasi yang digunakan antara lain:



Gambar 3.8 Penampang profil KC

(Sumber: Gunawan, 1987)

- a. Lantai 1–4 menggunakan profil KC 800.300.14.26, dari tabel baja diperoleh:

A	= 800	mm	A_g	= 534,80	cm^2
B	= 300	mm	w	= 419,8	kg/m
r	= 28	mm	J_x	= 303700	cm^4
t_1	= 14	mm	J_y	= 315027	cm^4
t_2	= 26	mm	i_x	= 23,83	cm
Z_x	= 7592,5	cm^3	i_y	= 24,27	cm
Z_y	= 7740,2	cm^3			

- b. Lantai 5–8 menggunakan profil KC 700.300.13.24, dari tabel baja diperoleh:

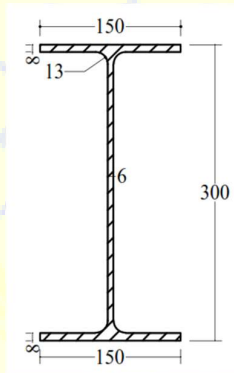
A	= 700	mm	A_g	= 471,00	cm^2
B	= 300	mm	w	= 369,7	kg/m
r	= 28	mm	J_x	= 211800	cm^4
t_1	= 13	mm	J_y	= 220791	cm^4
t_2	= 24	mm	i_x	= 21,21	cm
Z_x	= 6051,4	cm^3	i_y	= 21,65	cm
Z_y	= 6193,3	cm^3			

c. Lantai 9-11 menggunakan profil *KC 600.200.11.17*, dari tabel baja diperoleh:

A	=	600	mm	A_g	=	268,80	cm^2
B	=	200	mm	w	=	212,0	kg/m
r	=	22	mm	J_x	=	79880	cm^4
t_1	=	11	mm	J_y	=	83229	cm^4
t_2	=	17	mm	i_x	=	17,24	cm
Z_x	=	2662,7	cm^3	i_y	=	17,24	cm
Z_y	=	2724,4	cm^3				

4. *Bracing*

Pada perencanaan *bracing* Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram digunakan profil *WF 400.300.10.16*, dari tabel baja diperoleh:



Gambar 3.9 Penampang *bracing*

(Sumber: Gunawan, 1987)

A	=	400	mm	A_g	=	136	cm^2
B	=	300	mm	w	=	107	kg/m
r	=	22	mm	J_x	=	38700	cm^4
t_1	=	10	mm	J_y	=	7210	cm^4
t_2	=	16	mm	i_x	=	16,9	cm
Z_x	=	1980	cm^3	i_y	=	7,28	cm
Z_y	=	481	cm^3				

3.3.4 Data tanah

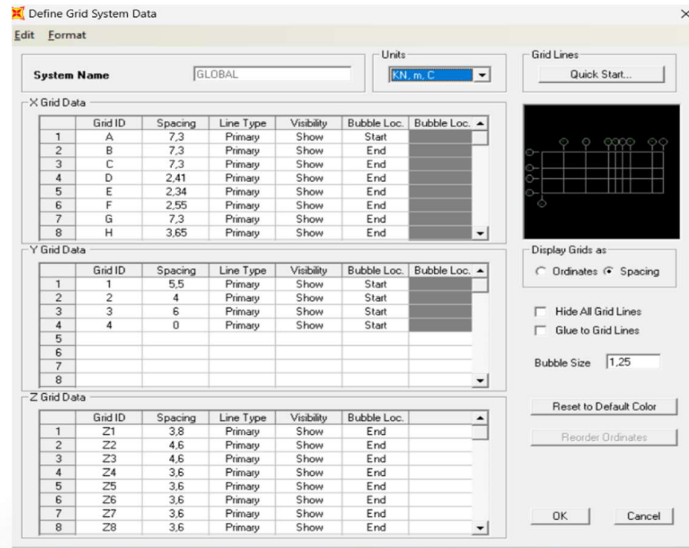
Data tanah yang digunakan berasal dari tanah tempat berdirinya Gedung Hotel Lombok Astoria Mataram, dari data sondir menunjukkan jenis tanah: *SD* (Jenis tanah sedang) yang dapat dilihat pada lampiran yang disajikan pada lampiran 3.

3.4 Preliminary Desain

Komponen Struktur bangunan gedung ini meliputi pelat lantai beton bertulang, balok profil baja, kolom profil baja, *bracing* profil baja, dan sambungan baut. Perencanaan dimensi awal dari komponen struktur bangunan dilakukan terlebih dahulu secara manual serta menggunakan SAP2000 v.14 dengan tahapan berikut:

3.4.1 Proses *input data*

Adapun langkah-langkah permodelan *grid* data yaitu dengan cara klik kanan pada *plan view* → *Add/modify grid* → pada menu *grid systems* pilih *Add new grid systems* → kemudian mengisi kotak dialog seperti Gambar 3.10. Berikut merupakan langkah-langkah permodelan *story data*, klik kanan pada *plan view* → *Add/modify grids* → pada menu *story data* pilih *Modify/show story data* → kemudian mengisi kotak dialog seperti Gambar 3.10



Gambar 3.10 Permodelan grid

(Sumber: SAP2000,2023)

3.4.2 Proses permodelan material

Dalam permodelan ada dua material yang didefinisikan yaitu beton dan baja tulangan. Berikut merupakan cara mendefinisikan material:

1. Mendefinisikan mutu beton,
pilih menu *Define* → *Material properties* → *Add new material* → *Concrete* → kemudian mengisi dialog dengan data material rencana seperti pada Gambar 3.11.

Gambar 3.11 *Modeling* beton

(Sumber: SAP2000,2023)

2. Mendefinisikan material baja

Pilih menu *Define* → *Material properties* → *Add new material* → kemudian mengisi dialog dengan data material rencana seperti pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: BAJA 55

Material Type: Steel

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9822

Mass per Unit Volume: 7.85

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.000E+08

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 76923077

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 410000

Minimum Tensile Stress, Fu: 550000

Effective Yield Stress, Fye: 451000

Effective Tensile Stress, Fue: 605000

Switch To Advanced Property Display

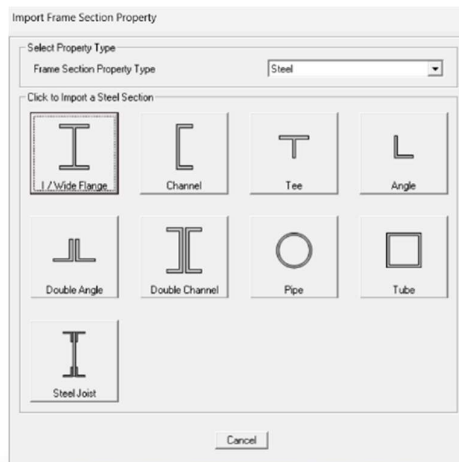
OK Cancel

Gambar 3.12 *Modeling* baja

(Sumber: SAP2000,2023)

3.4.3 Permodelan penampang struktur

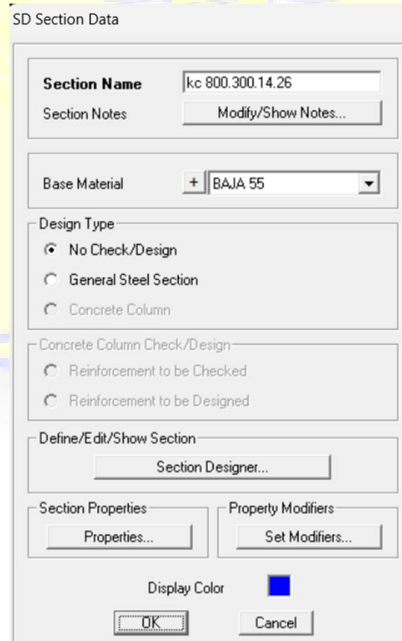
Membuat penampang kolom *KC* (*King cross*), pilih *Define* → *Section properties* → *Frame properties* → pilih *Add new property* → pada kotak dialog *Frame property shape type* → pada *Section shape* pilih *Stell* seperti pada Gambar 3.13



Gambar 3.13 Modeling profil

(Sumber: SAP2000,2023)

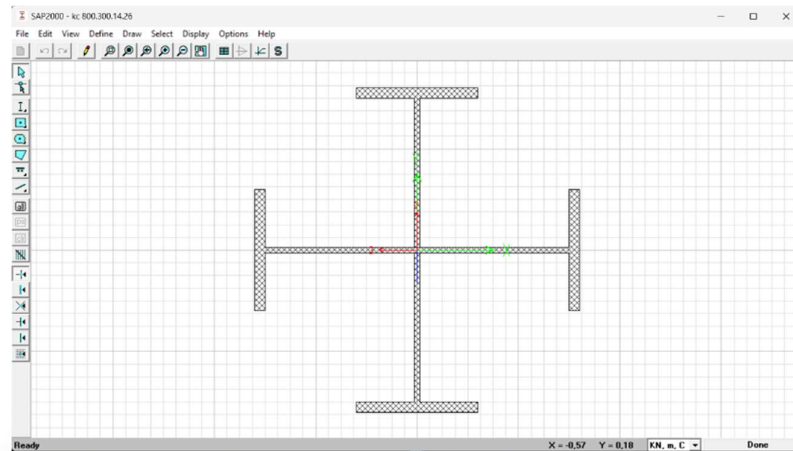
- Selanjutnya Pada kotak dialog Frame section property data:
- *Selection name*: diisi sesuai dengan kode/ nama kolom
- *Base Material*: pilih sesuai dengan mutu baja untuk kolom



Gambar 3.14 Modeling profil KC

(Sumber: SAP2000,2023)

- Selanjutnya pilih *Section designer* dan menentukan bentuk profil *king cross* seperti gambar 3.15 berikut:

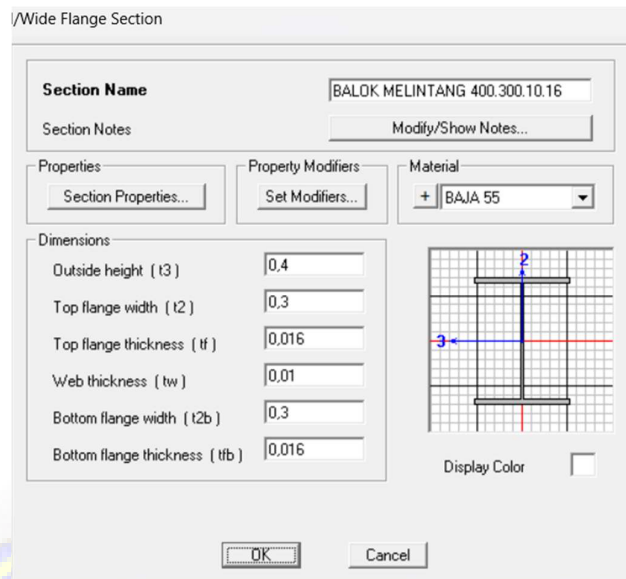


Gambar 3.15 *Modeling* profil *KC*

(Sumber: *SAP2000*, 2023)

3.4.4 Membuat penampang balok

Pilih *define* → *Selection Properties* → *Frame properties* → *Add new property*
→ Pada *Add frame section property* pilih *i/Wede Flange* → dan pilih *Steel* pada
Frame section property type seperti pada gambar 3.16 berikut:

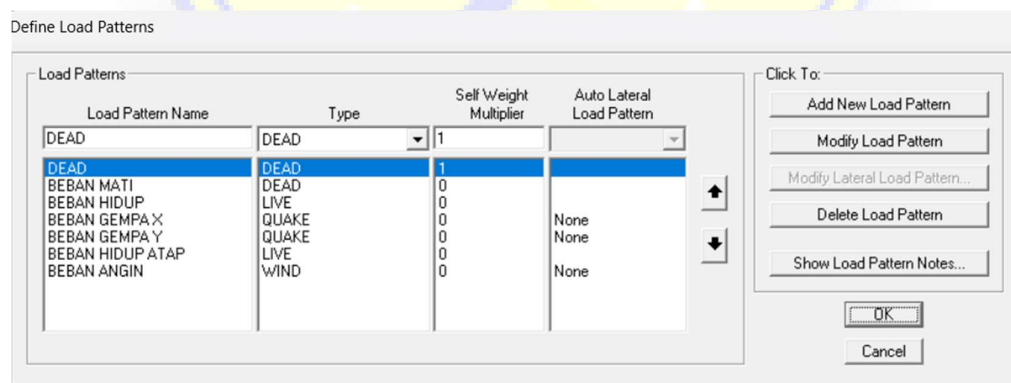


Gambar 3.16 *Modeling* profil balok

(Sumber: SAP2000,2023)

3.4.5 Medefinisikan pola pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari beban mati akibat berat sendiri struktur, beban hidup, dan beban hidup atap, Untuk mendefinisikan pembebanan bisa dimulai dengan memilih menu *Define* → *Load patterns* → kemudian mendefinisikan pembebanan seperti pada Gambar 3.17



Gambar 3.17 *Load patterns*

(Sumber: SAP2000,2023)

3.4.6 Medefinisikan pola *load combination*

Pada tools pilih *Define* → *Load combination* → *Add new combo* seperti pada Gambar 3.18 berikut: (contoh combo 5)

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

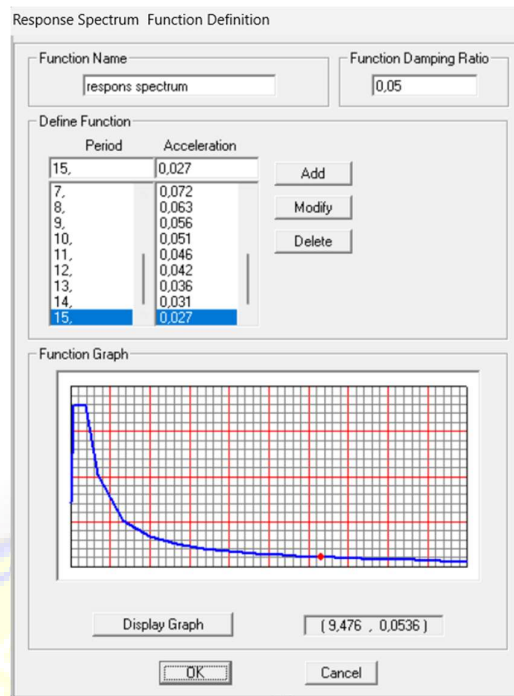
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
BEBAN MATI	Linear Static	0,9
BEBAN MATI	Linear Static	0,9
BEBAN ANGIN	Linear Static	1,

Gambar 3.18 *Load combination*

(Sumber: SAP2000,2023)

3.4.7 Pembebanan gempa *response spectrum*

Sebelum menambahkan beban gempa dinamik response spectrum, terlebih dahulu unlock model, setelah itu pilih menu *Define* → *Functions* → *Response spectrum* → pada choose functions type to add pilih AASHTO 2006 → *Add new functions* → kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar 3.19 → masukkan parameter yang ada → OK.



Gambar 3.19 *Response spectrum*

(Sumber: SAP2000,2023)

Setelah beban gempa *response spectrum* ditambahkan, selanjutnya adalah mendefinisikan beban gempa dinamik dengan memilih *Define* → *Load cases* → *Add new case* → kemudian mengisi kotak dialog *load case data* seperti pada Gambar 3.20 → OK.

oad Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Spektrum x Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- CDC GMC r1: 1.
- SRSS GMC r2: 0.
- Absolute
- GMC Periodic + Rigid Type: SRSS
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute
- Scale Factor: _____

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	UNIFRS	3.015
Accel	U1	UNIFRS	3.015

Add Modify Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

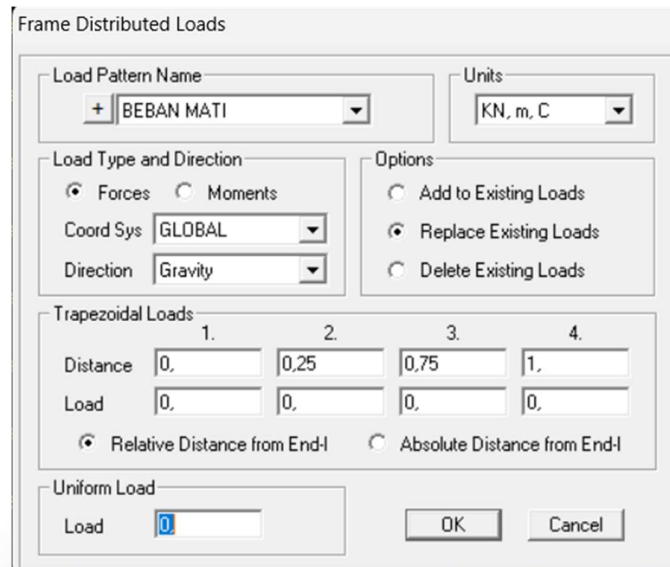
Gambar 3.20 Load cases

(Sumber: SAP2000,2023)

3.4.8 Infut pembebanan

1. Beban mati dan beban hidup

Select grid point → Assign → frame loads → distributed, pada load pattern name ganti ke beban mati → pada uniform load, infut beban mati sesuai perhitungan seperti Gambar 3.21 → Ok

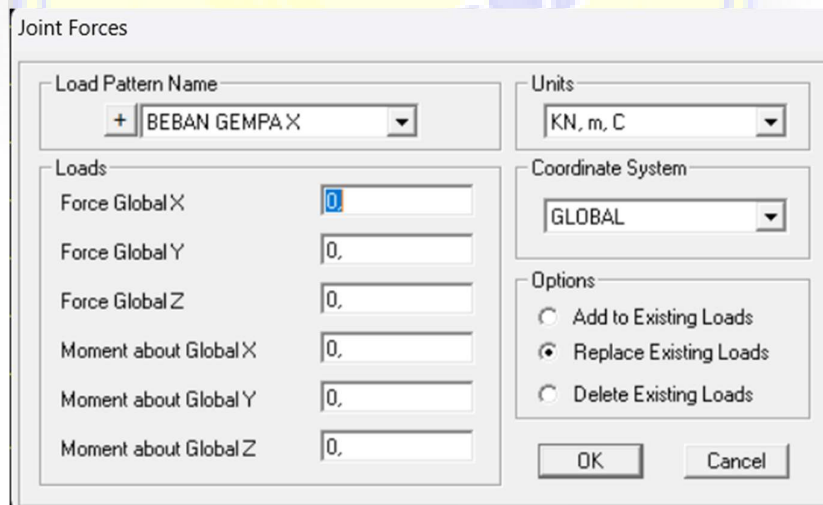


Gambar 3.21 Beban mati

(Sumber: SAP2000,2023)

2. Beban gempa

Select grid point joint → Assign → joint loads → forces, pada load pattern name ganti ke beban gempa → pada force global, infut sesuai perhitungan beban gempa seperti Gambar 3.22 → Ok

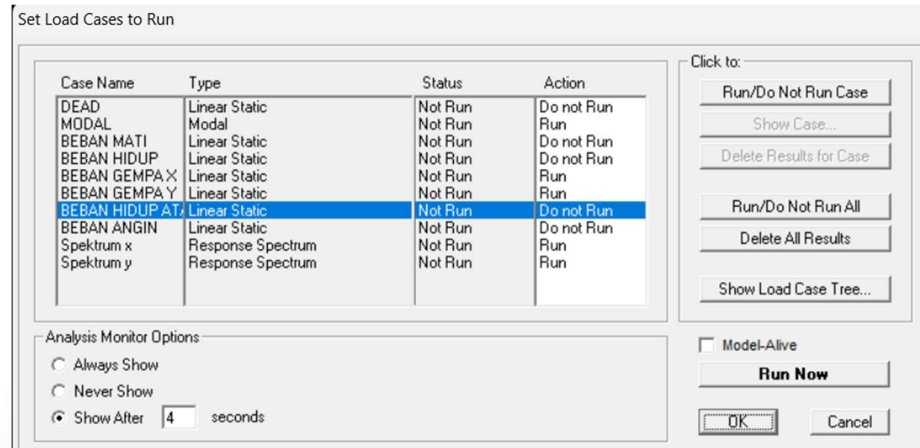


Gambar 3.22 Beban gempa

(Sumber: SAP2000,2023)

3.4.9 Run and analysis

Pada *tools* pilih → *Analyze* → *Run analysis* → *Set load cases to run* → pilih *case* atau beban apa yang mau di tampilkan → *Run now*, seperti pada Gambar 3.23 → Ok.



Gambar 3.23 Run and analysis

(Sumber: SAP2000,2023)

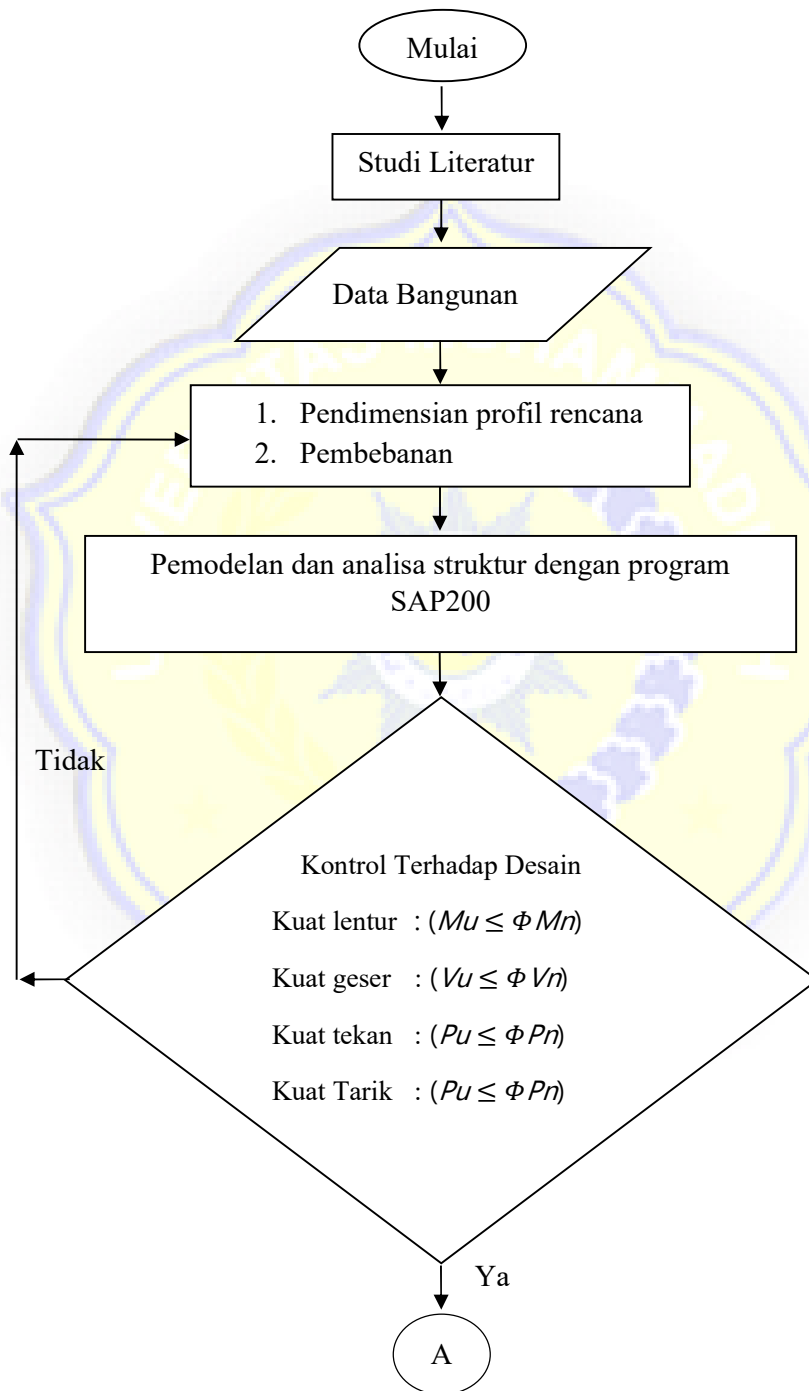
3.5 Kombinasi Pembebanan

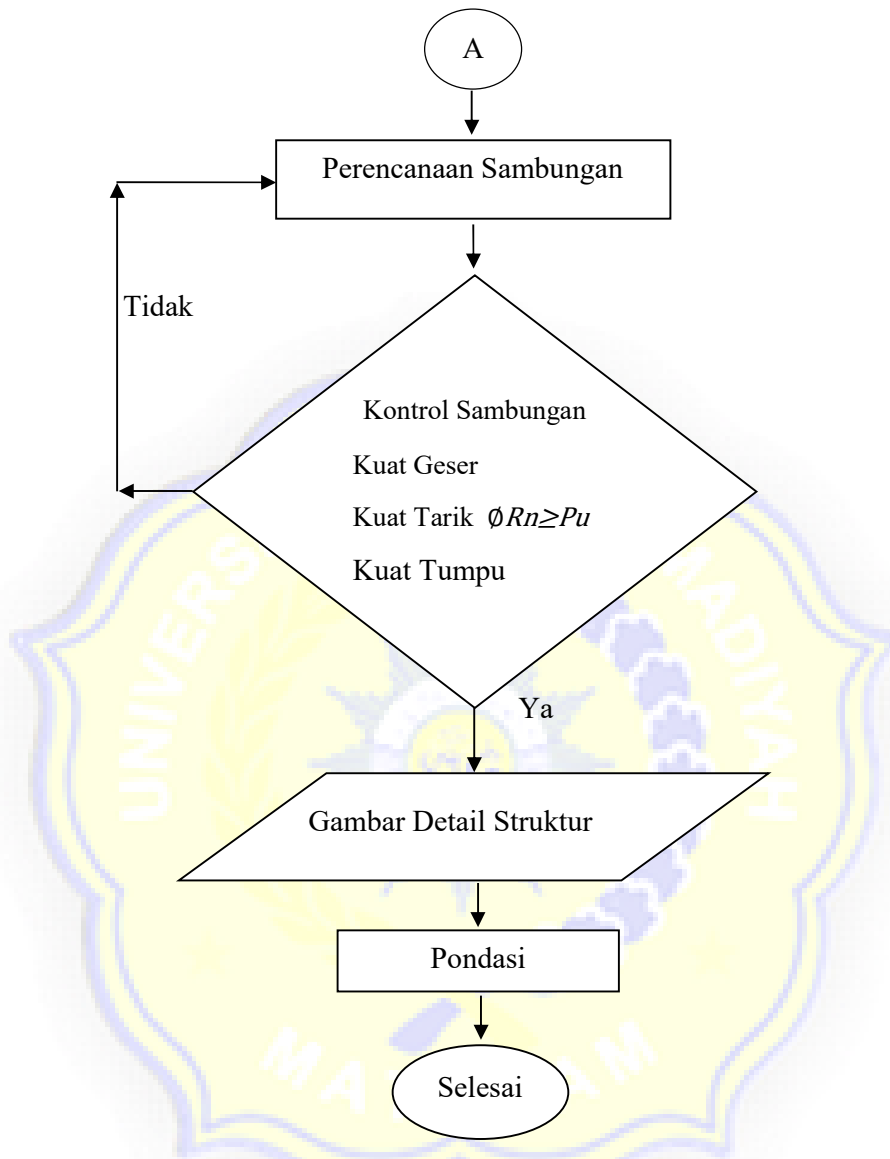
Berdasarkan SNI 1726-2019 bahwa struktur, komponen-elemen struktur atas maupun bawah harus di desain hingga kuat rencana atau bahkan melebihi dari pembebanan terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5R
- 1,2D + 1,6L + 0,5W
- 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R
- 0,9D + 1,0W
- 1,2D + 1,0E_v + 1,0E_h + 1,0L
- 0,9D - 1,0E_v + 1,0E_h

3.6 Bagan Alir Perencanaan

Dalam perencanaan untuk memudahkan dalam perencanaan, dan agar proses perencanaan lebih terstruktur maka disajikan bagan alir analisa perencanaan pada gambar 3.24 berikut:





Gambar 3.24 Bagan alir