

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG RUMAH
SAKIT COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT BALOK
GRID MAJEMUK**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi

Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata 1

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH:

ABDUZZAKI MUBARAO

2019D1B010

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2024

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI
PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG RUMAH
SAKIT COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT
BALOK GRID MAJEMUK

Disusun oleh:

Abduzzaki Mubaraq

2019D1B010

Mataram, 17 januari 2024

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr.Eng.Harivadi,ST.,M.Sc(Eng)

NIDN. 0027107301

Ahmad Zarkasi, ST., M.T

NIDN. 0819068903

Mengetahui,

Universitas Muhammadiyah Mataram

Fakultas Teknik

Dekan,

Dr. H. Aji Svailendra Ubaidillah, ST., M.Sc

NIDN.0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI
PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG RUMAH
SAKIT COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT
BALOK GRID MAJEMUK

Disusun Oleh:

ABDUZZAKI MUBARAQ

2019D1B010

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng)

2. Penguji II : Ahmad Zarkasi, ST., MT

3. Penguji III : Adryan Fitrayudha, ST., MT

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK
Dekan

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

NIDN.0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir/ Penulisan skripsi dengan judul: **“PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG RUMAH SAKIT COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT BALOK GRID MAJEMUK.**

Merupakan hasil karya asli penulis, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung dan tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/ Skripsi dan disebutkan dalam daftar Pustaka. Apabila Tugas Akhir/Skripsi ini terbukti merupakan duplikasi ataupun plagiasi dari penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/ atau sanksi hukum yang berlaku

Demikian surat pernyataan ini saya buat, sebagai penanggung jawaban, dan dibuat tanpa ada paksaan maupun tekanan dari pihak manapun juga.

Mataram 4 Maret 2024



ABDUZZAKI MUBARAQ
2019D1B010



**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 : ABDUZZATI MUBARAQ
NIM : 2010018010
Tempat/Tgl Lahir : PINANGARATA - 01-10-2001
Program Studi : TEKNIK SIPU
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 087859531862
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 izin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG RUMAH
SAKIT COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT BALOK
GRID MAJEMUK

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, ... 21 Februari ... 2024
Penulis



ABDUZZATI MUBARAQ
NIM. 2010018010

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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



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 : ABDUZZALI MUBARAQ
NIM : 2010018010
Tempat/Tgl Lahir : Pringgarata - 01 - 10 - 2001
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp : 087859531862
Email : zali01et02@gmail.com

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

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG RUMAH SAKIT
COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT BLOK
GRID MAJEMUK

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 396

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.

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

Mataram, 21 februari 2024

Penulis



ABDUZZALI MUBARAQ
NIM. 2010018010

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

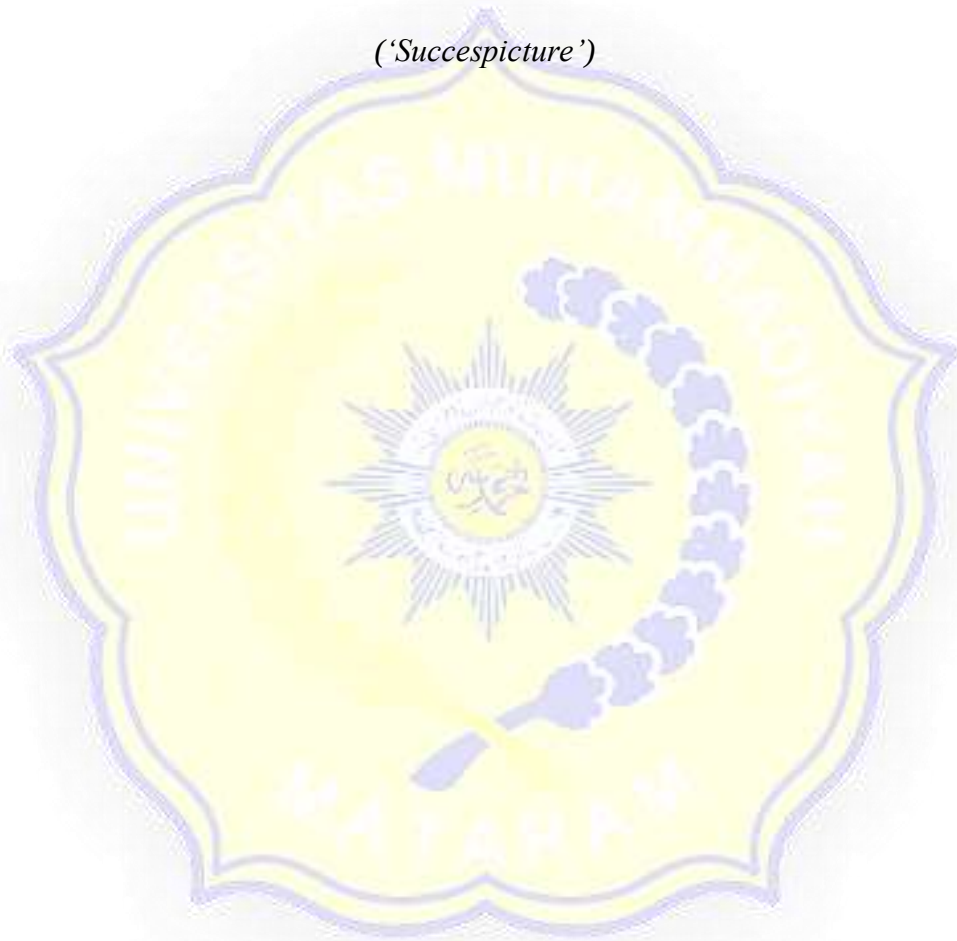
MOTTO

Siapa yang mendahulukan akhirat dalam kehidupan maka dunianya akan ikut, dan siapa yang mendahulukan dunia dalam kehidupannya, maka akhiratnya akan luput

(Ust, Khalid basmalah)

Happiness is a state of mind it is just according to the way look at thing

(‘Succespicture’)



PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabbarokatuh

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT, atas Rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit Covid-19 RSUP NTB Dengan Menggunakan Pelat Balok Grid Majemuk” dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Tidak lupa pula penulis ucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Hariyadi, S.T., M.Eng dan Bapak Ahmad Zarkasi, S.T., MT selaku dosen pembimbing pertama dan kedua yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir serta teman-teman yang turut berperan serta membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memenuhi jenjang Pendidikan Sarjana Satu (S1) pada fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Tidak lupa ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penyusun sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung selama pengerjaan Tugas akhir ini. Dengan penuh kebebasan hati, penyusun memohon maaf apabila dalam susunan Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabbarokatuh

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr.H.Aji Syailendra, ST.,M.Sc Ubaidillah. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
2. Adryan Fitrayudha, ST.,MT. selaku ketua Program Studi Teknik Sipil
3. Dr. Eng. Hariyadi., ST.,M.Sc. (Eng) selaku Dosen Pembimbing I, yang sudah memberikan banyak waktu luang untuk bimbingan, serta memberikan arahan dan masukan selama pengerjaan Tugas Akhir ini
4. Ahmad Zarkasi,ST.,M.T. Selaku Dosen Pembimbing II, yang juga memberikan banyak masukan, ide, saran dan arahan serta motivasinya
5. Adryan Fitrayudha,ST.,MT.Selaku Dosen Penguji, yang memberikan masukan serta bimbingan dalam Pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh staf dan pegawai sekretariat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
7. Keluarga yang sangat-sangat saya sayangi, terutama untuk kedua orang tua saya Ibu (muhaini) dan Bapak (kamhar) yang sudah banyak membantu, mendo'akan, memotivasi, menyemangati, serta selalu memberikan dukungan moral dan material. Sehingga tugas akhir ini saya selesaikan dengan penuh semangat.
8. Saudara- saudara saya, terutama untuk kaka saya (aziz), yang sudah banyak memberikan dukungan, semangat dan material.
9. Rekan seperjuangan saya selama mengerjakan skripsi, dae, mashul, lian,apriani umam, serta sahabat-sahabat saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu Semoga Allah SWT memeberikan balasan atas segala bantuan selama pengerjaan tugas akhir ini.

ABSTRAK

Salah satu perkembangan sistem konstruksi saat ini yaitu penggunaan balok *grid*. struktur *grid* merupakan sekumpulan balok *grid* untuk menambah kekuatan dan kekakuan pada plat lantai dengan ketebalan yang relatif tipis, serta penggunaan kolom yang sedikit karena struktur balok *grid* direncanakan pada bangunan yang bentangan yang cukup lebar 8 – 12,5 m. Perencanaan dilakukan pada gedung covid-19 RSUP provinsi NTB menggunakan metode sistem *grid* majemuk, dimana sistem pelat ditumpu oleh balok-balok *grid*.

Studi kasus pada perancangan ini yaitu menggunakan gedung Covid-19 RSUP Provinsi NTB. Gedung ini memiliki lebar 30 m, panjang 48 m, dan tinggi bangunan 25,2 m, mutu bahan menggunakan yang digunakan yaitu mutu beton f_c 25 MPa, mutu baja tulangan ulir f_y 400 MPa. dan mutu baja tulangan polos f_y 240 MPa, tahapan analisa struktur menggunakan software sap2000 v.14 sehingga di peroleh gaya dalam, kemudian tahapan selanjutnya perencanaan elmen struktur dan penggambaran elmen struktur.

Berdasarkan hasil redesain dengan sistem balok *grid*, diperoleh dimensi pelat 70 mm dengan tulangan D10. Balok *grid* yang digunakan berbentuk persegi dengan tulangan D22 dan tulangan sengkang P10. Untuk balok tepi dan kolom menggunakan tulangan utama D22 dan sengkang D10. Pondasi didesain menggunakan pondasi bore pile diameter 0,5 m, dan menggunakan pile cap sebagai kepala kolom dengan ukuran 2,5 x 2,5 x 1,2 m. Jumlah maksimum tiang adalah 4 buah untuk setiap kolom.

Kata kunci: Balok *Grid* Majemuk, Plat, Gedung Covid-19

ABSTRACT

One of the current construction system developments is the use of grid beams. The grid structure is a set of grid beams to increase the strength and stiffness of the floor plate with a relatively thin thickness and use fewer columns because the grid beam structure is planned for buildings with a relatively wide span of 8-12.5 m. The planning is carried out on the COVID-19 building of the NTB provincial hospital using the compound grid system method, where grid beams support the plate system. Planning is carried out on the COVID-19 building of the NTB provincial hospital using the compound grid system method, where grid beams support the plate system. This design's case study uses the COVID-19 building of the NTB Provincial Hospital. This building has a width of 30 m, a length of 48 m, and a height of 25.2 m. The quality of the materials used is the quality of concrete f_c 25 MPa, threaded reinforcing steel f_y 400 MPa, and plain reinforcing steel f_y 240 MPa. The structural analysis stage uses sap2000 v.14 software to obtain the internal force, and then the next stage is structural element planning and drawing. Based on the results of the redesign with a grid beam system, a plate dimension of 70 mm with D10 reinforcement is obtained. The grid beam used is square with D22 reinforcement and P10 stirrup reinforcement. The edge beams and columns use D22 primary reinforcement and D10 stirrups. The foundation is designed using a bore pile foundation with a diameter of 0.5 m and a pile cap as a column head with a size of 2.5 x 2.5 x 1.2 m. The maximum number of piles is 4 for each column.

Keywords: Compound Grid Beam, Plate, Covid-19 Building

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM



DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH...	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
MOTTO	vi
PRAKATA.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA & LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori	6

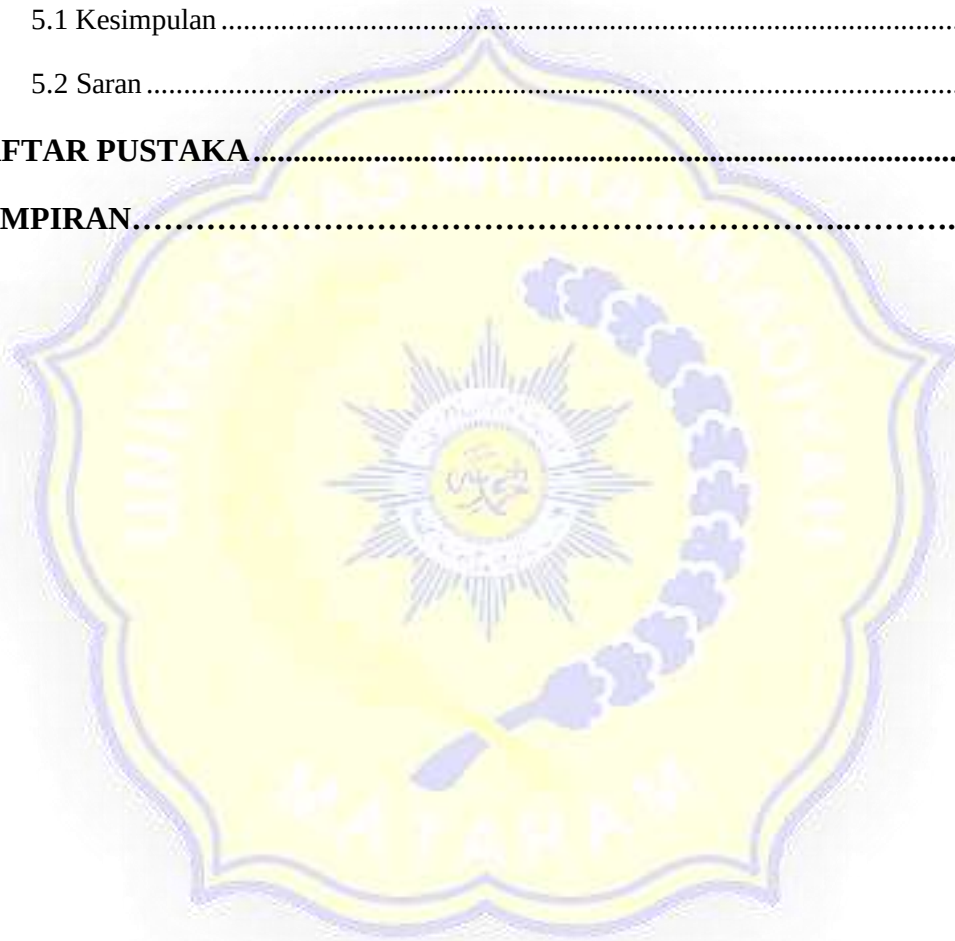
2.2.1 Sistem Grid	6
2.2.2 Bentuk-Bentuk Balok Grid	6
2.2.3 Kelebihan Struktur Grid	8
2.2.4 Struktur Balok Grid pada Plat Lantai	9
2.2.5 Pembebanan	11
2.2.6 Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	13
2.2.7 Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	13
2.2.8 Beban Gempa (<i>Quake Load</i>)	18
2.2.9 Arah Beban Gempa	26
2.2.10 Sistem Struktur Penahan Gempa	27
2.2.11 Analisa Gaya Lateral Ekuivalen	29
2.2.12 Simpangan Antar Struktur	32
2.2.13 Faktor Reduksi Kekuatan	33
2.2.14 Dasar Dasar Perencanaan Beton Bertulang	34
2.2.15 Asumsi Desain	35
2.2.16 Fungsi Utama Beton Dan Tulangan	35
2.2.17 Balok	36
2.2.18 Kolom	41
2.2.19 Plat	42
2.2.20 Jenis-Jenis Plat	43
2.2.21 Persyaratan Struktur Plat Lantai	47
2.2.22 Metode Koefisien Momen	51
2.2.23 Persamaan Perhitungan Ketebalan Plat Lantai	52
2.2.24 Pondasi	52

BAB III METODE PENELITIAN 55

3.1 Lokasi Struktur Gedung	55
3.2 Pengumpulan Data	55

3.2.1 Data Umum Gedung	55
3.2.2 Gambar Kerja.....	57
3.2.3 Pembebanan	58
3.2.4 Pemodelan dan Analisa Struktur Menggunakan SAP2000 V.14.....	59
3.3 Proses Perencanaan	59
3.3.1 Perencanaan Plat dan Balok Grid Majemuk	59
3.4 Bagan Alir Perencanaan Gedung	62
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	63
4.1 Umum	63
4.2 Material struktur	63
4.2.1 Beton.....	63
4.2.2 Baja tulangan	63
4.3 Perencanaan dimensi elmen stuktur	63
4.3.1 Dimensi balok induk	63
4.3.2 Perencanaan dimensi balok grid.....	64
4.3.3 Dimensi kolom.....	65
4.3.4 Dimensi pelat lantai	66
4.4 Kombinasi pembebanan.....	67
4.5 Perancangan pelat lantai.....	67
4.5.1 Pembebanan pelat lantai.....	67
4.5.2 Penulangan plat lantai	69
4.6 Perencanaan balok grid majemuk.....	73
4.6.1 Pembebanan balok grid majemuk	73
4.6.2 Distribusi beban pelat lantai pada balok grid majemuk.....	74
4.6.3 Penulangan balok grid majemuk	78
4.7 Perhitungan beban portal.....	88
4.8 Perhitungan beban gempa	90

4.9 Perhitungan penulangan balok induk	95
4.10 Perhitungan kolom	102
4.10.1 Perhitungan penulangan kolom	102
4.11 Sambungan balok kolom.....	114
4.12 Perencanaan pondasi	117
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	135
5.1 Kesimpulan	135
5.2 Saran	135
DAFTAR PUSTAKA.....	136
LAMPIRAN.....	137



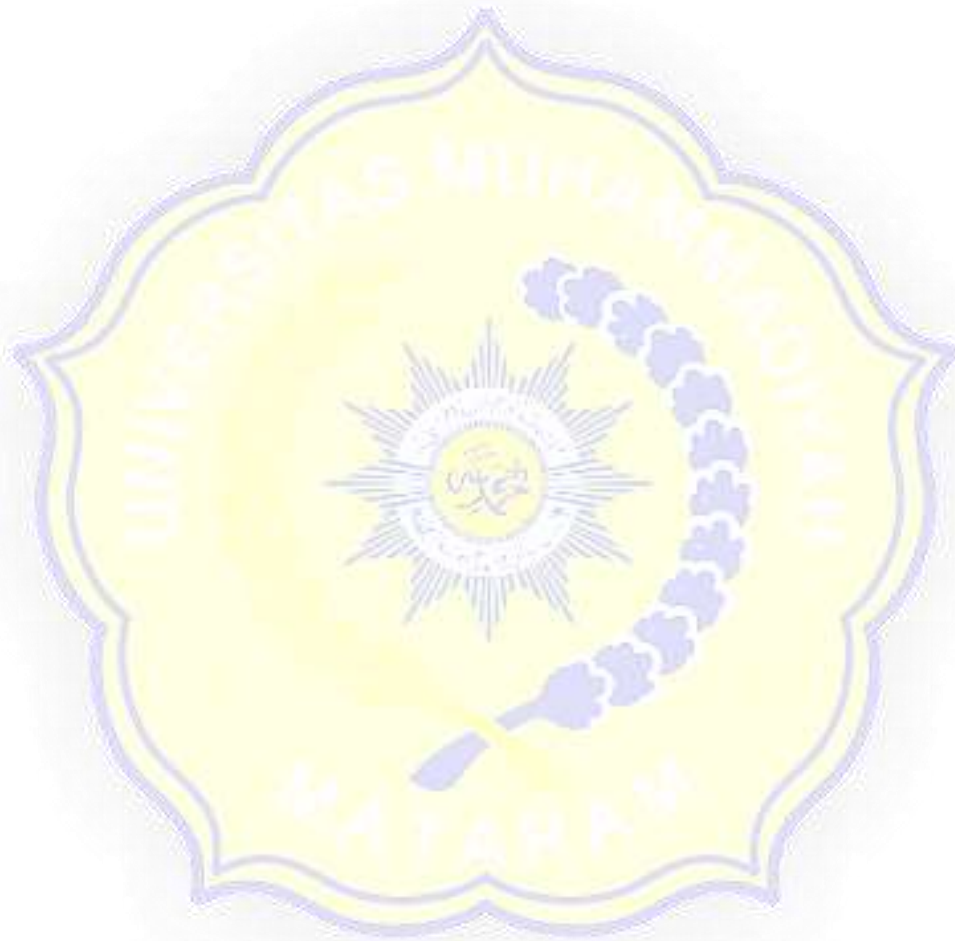
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batang Tepi Atas dan Bawah yang Sejajar pada Struktur <i>Grid</i> ..	6
Gambar 2.2 Jenis Struktur Pelat.....	7
Gambar 2.3 Sistem <i>Grid</i> Persegi.....	7
Gambar 2.4 Sistem <i>Grid</i> Miring	8
Gambar 2.5 Sistem <i>Grid</i> Majemuk	8
Gambar 2.6 Struktur <i>Grid</i> Sederhana.....	10
Gambar 2.7 Struktur <i>Grid</i> Satu Arah	10
Gambar 2.8 Perilaku Struktur <i>Grid</i> Kompleks	11
Gambar 2.9 Spektrum Respons Desain.....	24
Gambar 2.10 Distribusi regangan dan tegangan pada balok bertulang rangk 38	
Gambar 2.11 Bagian Tekan pada Balok “T”	39
Gambar 2.12 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom	42
Gambar 2.13 Pelat dengan Tulangan Pokok Satu Arah	44
Gambar 2.14 Pelat dengan Tulangan Pokok Dua Arah	44
Gambar 2.15 <i>Slab</i> Datar.....	45
Gambar 2.16 Pelat Datar (<i>Flat pelate</i>).....	46
Gambar 2.17 Pelat rusuk dua arah (<i>waffle</i>).....	46
Gambar 3.1 Lokasi Gedung Covid-19 RSUP NTB	55
Gambar 3.2 Spektrum Respon Desain	56
Gambar 3.3 Denah lantai 1-2 Gedung Covid-19 dan Trauma Center.....	57
Gambar 3.4 Tampak Depan Gedung Covid-19 dan Trauma Center.....	58
Gambar 3.5 Bagan Alir Perencanaan Gedung	62
Gambar 4.1 Hasil Uji Sondir.....	115
Gambar 4.2 Nilai uji N-SPT.....	116
Gambar 4.3 Tinjauan Geser Arah x	122
Gambar 4.4 Tinjauan geser arah y	123
Gambar 4.5 Gaya Geser Pondasi Dua Arah.....	124
Gambar 4.6 Tampak Pembebanan Dalam Perhitungan Ruang Arah x	126
Gambar 4.7 Tampak Pembebanan Dalam Perhitungan Ruang Arah y	128

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung.....	11
Tabel 2.2 Berat Sendiri untuk Komponen Gedung.....	12
Tabel 2.3 Beban Hidup Distribusi Merata Minimum, L_o	14
Tabel 2.4 Kategori Resiko Bangunan Gedung.....	19
Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Gempa	21
Tabel 2.6 Klasifikasi Situs.	21
Tabel 2.7 . Koefisien Situs, F_a	22
Tabel 2.8 Keofisien situs, F_v	23
Tabel 2.9 Kategori Desain Seismik Percepatan Periode Pendek.	25
Tabel 2.10 Kategori Desain Seismik Percepatan Periode 1 Detik.....	26
Tabel 2.11 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gaya Seismik	27
Tabel 2.12 Parameter Percepatan Respon Spectral Periode 1 Detik S_{D1}	28
Tabel 2.13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	30
Tabel 2.14 Simpangan Antar Lantai Ijin.....	32
Tabel 2.15 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ).....	34
Tabel 2.16 Tinggi Minimum Balok	36
Tabel 2.17 Batasan Dimensi Lebar Sayap Efektif Untuk Balok T	40
Tabel 2.18 Ketebalan Minimum Pelat	47
Tabel 2.19 Batas Lendutan.....	48
Tabel 2.20 Ketebalan Selimut Beton	48
Tabel 2.21 Rasio Luas Tulangan Ulir Susut Dan Suhu Minimum	49
Tabel 2.22 Ketebalan Pelat Dua Arah Tanpa Balok Interior (mm).....	50
Tabel 2.23 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah.....	50
Tabel 4.1 Dimensi Balok Tepi	64
Tabel 4.2 Dimensi Balok <i>Grid</i>	65
Tabel 4.3 Dimensi kolom.....	66
Tabel 4.4 Beban Mati.....	68
Tabel 4.5 Beban Hidup	68
Tabel 4.6 Beban Mati.....	74
Tabel 4.7 Beban Hidup	74

Tabel 4.8 Distribusi Beban Amplop Pada Balok Grid Majemuk.....	77
Tabel 4.9 Gaya Lateral Gempa Tiap Lantai.....	94
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sudut Gesek (ϕ').....	118
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan $K_d, TG\delta$ Tiap Lapis	118
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Tanah Gesek Tiang Qs	118
Tabel 4.13 Susunan Tiang Bore Pile.....	120



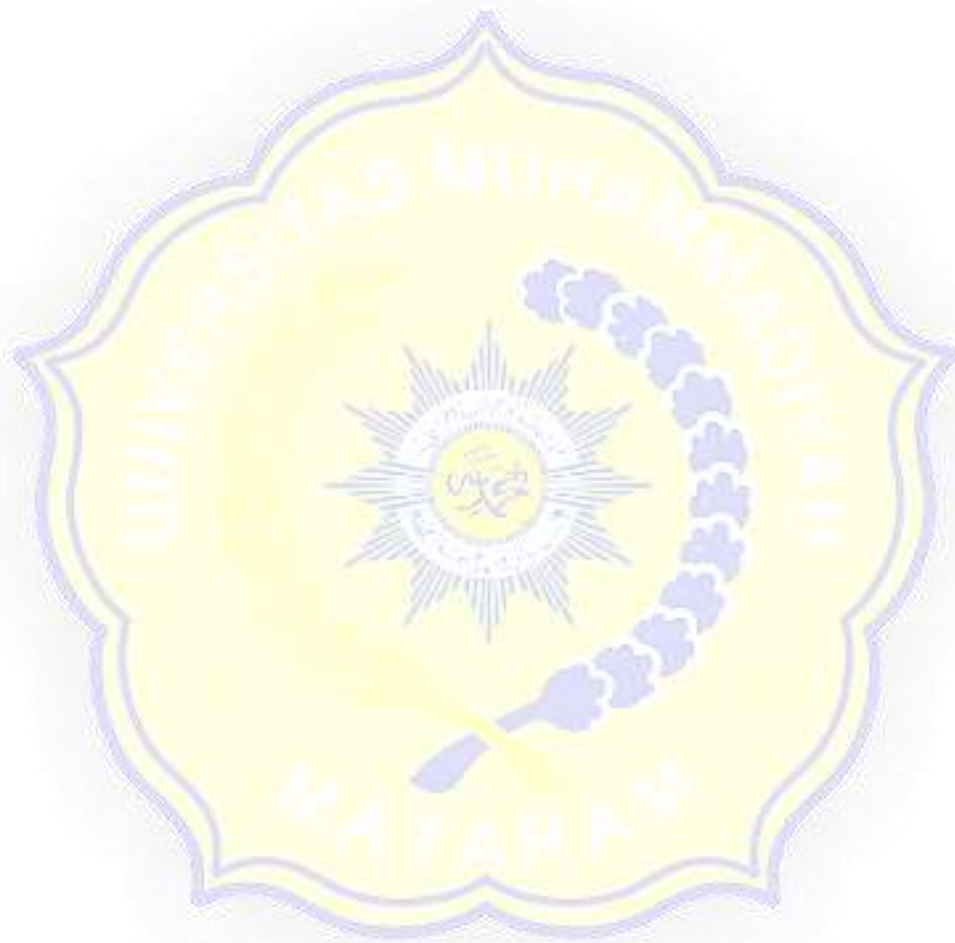
DAFTAR NOTASI

L_r	=	Beban hidup yang telah di reduksi, kN/m^2
L	=	Panjang tiang yang berada dalam tanah, cm
l_n	=	Bentang bersih yang diukur dari muka tumpuan ke tumpuan, mm
M_{Cc}	=	Momen akibat kuat tekan flens beton, kN.m
M_n	=	Momen nominal penampang, kN.m
M_{nc}	=	Momen nominal penampang dengan kondisi tekan, kN.m
M_{ns}	=	Momen nominal penampang dengan kondisi tarik, kN.m
M_r	=	Momen nominal penampang tereduksi, kN.m
N_c	=	Faktor daya dukung dari grafik Skempton
N	=	Jumlah tiang pancang
P_b	=	Tekanan overburden ujung tiang, kN/m^2
P_n	=	Kuat aksial nominal penampang, Kn
P	=	Nilai konus dari hasil sondir, kg/cm^2
p_{cp}	=	Keliling penampang keseluruhan, mm
Q_{pg}	=	Daya dukung kelompok tiang, kg
Q_s	=	Daya dukung tiang pancang tunggal, kg
Q_t	=	Daya dukung keseimbangan pada kelompok tiang, kg
Q_{tiang}	=	Daya dukung kesetimbangan tiang, kg
R	=	Beban hujan, kN/m^2
R	=	Radius girasi
T_c	=	Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton, kN
T_s	=	Gaya beton tarik, Kn
T_u	=	Momen torsi terfaktor pada penampang, kN.m
V_c	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, kN
y	=	Lebar kelompok tiang pancang, cm
α_f	=	Rasio kekakuan lentur penampang balom terhadap kekakuan lentur lebar pelat

α_{fm}	=	Nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel
β	=	Rasio dimensi panjang terhadap pendek dari dua sisi pelat
β_1	=	Faktor yang dipengaruhi kuat tekan beto
P	=	Rasio tulangan actual
ρ_b	=	Rasio tulangan penampang kondisi balance
ρ_{max}	=	Rasio tulangan maksimum yang diijinkan
Δ	=	defleksi, mm
ρ_{min}	=	Rasio tulangan minimum yang diijinkan
λ	=	faktor modifikasi
ϕ	=	Faktor reduksi kekuatan
Ψ	=	Faktor kekangan ujung
R	=	Faktor modifikasi respon
D	=	Beban mati
L	=	Beban hidup
S_s	=	Parameter percepatan respon spektral pada priode pendek
S_1	=	Parameter perepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada priode 1 detik
S_{d1}	=	Parameter percepatan respon spektral pada priode 1 detik, redaman 5 persen ,didefinisikan dalam 0
S_{ds}	=	Parameter percepatan respon spectral pada priode pendek yang,redaman 5 persen ,didefinisikan dalam 0
C_s	=	Koefisien respon seismik
Ω_0	=	Parameter kuat lebih system
C_d	=	Faktor pembesaran defleksi
Le	=	Faktor keutamaan gempa
C_{vx}	=	Faktor distribusi vertikal
V	=	Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur
k	=	Eksponen yang terkait dengan priode struktur
W_1 dan	=	Bagian berat total struktur (W) yang ditempatkan atau di
W_x	=	kenakan pada tingkat I dan x

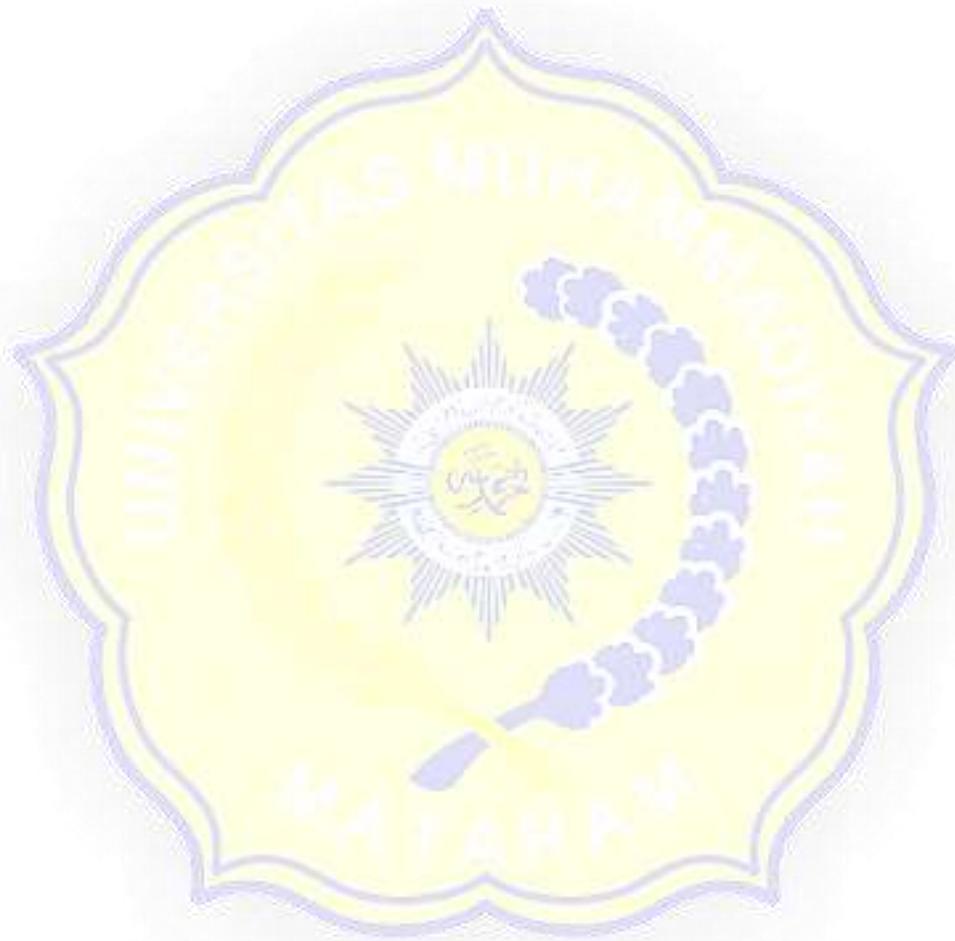
Sds = Parameter percepatan respon spektral pada priode pendek
yang,redaman 5 persen ,didefinisikan dalam 0

Cs = Koefisien respon seismik



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN DATA TANAH.....	137
LAMPIRAN GAMBAR EKISTING GEDUNG.....	138
LAMPIRAN GAMBAR STRUKTUR DAN DETAIL STRUKTUR.....	139
LAMPIRAN HASIL SAP2000 V.14.....	140
LAMPIRAN PETA GEMBA DAN LAIN- LAIN.....	141



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Corona Virus (Covid-19) yang melanda Indonesia berlangsung hampir selama dua tahun. Virus tersebut melanda seluruh pulau di Indonesia, tak terkecuali Pulau Lombok. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi NTB jumlah pasien Covid-19 di pulau Lombok mencapai 36,338 kasus sampai dengan tanggal 31 Oktober 2022. Daya tampung rumah sakit provinsi NTB untuk pasien Covid-19 telah terpenuhi kapasitasnya. Sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut maka, pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat mendirikan Gedung Covid-19 dan Trauma Center.

Gedung Covid-19 dan Trauma Center dibangun berdasarkan kebutuhan masyarakat NTB dimana jumlah pasien Covid-19 terus bertambah, namun tidak dibarengi dengan ketersediaan ruangan isolasi untuk melayani pasien Covid-19 dan kualitas pelayanan kesehatan untuk perawatan yang berlokasi disebelah gedung IGD yang sudah ada. gedung ini pertama-tama memiliki 2 lantai dan peningkatannya menjadi 6 lantai. Gedung ini selain untuk layanan covid-19 juga untuk mendukung perhelatan MotoGP di Mandalika dari aspek kesehatan sebagai rumah sakit rujukan. gedung layanan covid-19 dan trauma center memiliki pintu akses pasien dan petugas yang terpisah, sehingga meningkatkan keamanan petugas yang merawat.

Gedung Covid-19 dan Trauma Center dibangun di atas lahan seluas 2.181,33 m² yang berlokasi di RSUD Provinsi NTB, dan dibangun pada tahun 2022. Dalam perancangannya, Gedung Covid-19 dan Trauma Center masih menggunakan struktur sistem konvensional mulai dari plat, balok dan kolom. Seiring dengan kemajuan teknologi seperti sekarang ini dalam dunia teknik sipil banyak penemuan mengenai perkembangan sistem struktur lainnya yang lebih efisien dibandingkan dengan sistem konvensional. Salah satunya penggunaan system plat balok grid majemuk.

Pada perencanaan ulang Gedung Covid-19 dan Trauma Center direncanakan Salah satu sistem struktur bangunan yang digunakan adalah sistem struktur dengan dukungan balok grid mejemuk. plat adalah bidang datar salah satu solusi sistem struktur yang baik untuk memperbaiki masalah tersebut yaitu menggunakan sistem struktur pelat balok grid majemuk dimana strukturnya ini sangat efektif untuk digunakan pada bangunan dengan bentang besar. Struktur ini memiliki sifat mendistribusikan beban di kedua arah secara seimbang, yang mana karena bentuknya yang teratur dan seragam. Jadi dalam perencanaan bangunan Gedung Covid-19 dan Trauma Center kali ini akan dibangun menggunakan sistem struktur grid majemuk sebagai pendukung untuk mendistribusikan beban dalam dua arah yang seimbang.

Struktur grid merupakan struktur yang menggunakan balok grid sebagai alternatif untuk menghasilkan kekakuan dan menambah kekuatan pada pelat lantai, struktur grid juga mempunyai sifat utama dimana dapat mendistribusikan beban pada kedua arah secara seimbang, struktur grid juga dapat mendukung sistem perancangan arsitektur yang menghendaki variasi bentuk pelat dan atau plafonnya. Umumnya struktur grid dari konstruksi beton bertulang dapat mengurangi penggunaan tulangan yang lebih hemat (Puspantoro, 1993). Berdasarkan alasan diatas maka dilakukan penelitian pada gedung RSUP mengenai perencanaan struktur beton bertulang Gedung Covid-19 dan Trauma Center dengan menggunakan plat balok grid majemuk.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam perencanaan ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan struktur Gedung Layanan Covid-19 dan Trauma Center bentang lebar menggunakan balok grid majemuk ?
2. Apakah dimensi rencana tersebut aman terhadap beban-beban yang berkerja pada Gedung Layanan Covid-19 dan Trauma Center ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini struktur gedung dengan menggunakan plat sistem balok grid majemuk adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui mekanisme perencanaan struktur gedung menggunakan sistem balok grid majemuk pada Gedung Layanan Covid-19 dan Trauma Center.
2. Mengetahui dimensi yang direncanakan aman terhadap beban yang berkerja pada Gedung Layanan Covid-19 dan Trauma Center.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dengan menggunakan pelat dengan sistem balok grid majemuk adalah sebagai berikut :

1. Hasil perencanaan ini dapat dijadikan sebagai alternatif untuk system perencanaan pelat lantai dengan bentang lebar pada gedung bertingkat lainnya.
2. Dapat merencanakan struktur gedung dengan system balok grid majemuk yang memenuhi persyaratan keamanan struktur.
3. Dapat menghitung dimensi dan penulangan setiap komponen struktur bangunan gedung dengan menggunakan system balok grid majemuk.
4. Untuk menjadi tolak ukur perencanaan gedung bertingkat selanjutnya dalam mengetahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur dapat di minimalisir.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini pelat yang direncanakan menggunakan sistem grid majemuk
2. Pembebanan dihitung berdasarkan SNI1727:2020, perencanaan struktur beton berdasarkan SNI 2847:2019, dan untuk pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726:2019.
3. Pada penelitian ini aspek metode pelaksanaan analisa biaya, arsitektural dan menejemen kontruksi tidak ditinjau.
4. Gedung yang ditinjau pada penelitian ini hanya dilakukan pada Gedung Layanan Covid-19 dan Trauma Center.
5. Pemodelan struktur menggunakan software SAP2000 V.14 dan hasil desain digambar menggunakan Program Autocad 2016.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Hamzah (2022), melakukan penelitian pada gedung Hotel Amarsvati dan didapatkan kesimpulan sistem balok grid yang di tempatkan pada plat lantai efektif untuk struktur gedung yang menginginkan bentang yang panjang dan desain dengan ruangan yang panjang tanpa adanya pendukung yang menopang pada bagian tengah gedung. Plat bertumpu langsung pada balok grid sehingga balok grid berfungsi sebagai balok anak dan membuat kekakuan terhadap pelat menjadi lebih besar, sehingga ukuran pelat lantai bisa menjadi lebih luas. Hasil analisa menunjukan bahwa perencanaan ulang menggunakan balok grid dengan dimensi yang telah direncanakan aman terhadap beban gempa. Dimensi pelat pada gedung Hotel Amarsvati yaitu 70 mm, dengan tulangan D10. Balok grid memiliki dimensi 150/350 mm dan tinggi 300 mm dengan tulangan utama D16 dan sengkang P8. Dimensi balok utama yaitu 300×600 mm, 500×1000 mm, 300×650 mm, 200×400 mm, dengan tulangan utama D22 dan sengkang P10.

Syahputri (2016) melakukan penelitian pada gedung Golden Tulip yang merupakan bangunan yang terdiri dari 11 lantai dengan tinggi 42,8 meter serta menggunakan plat konvensional dengan sistem portal dan rangka pemikul beban lateral. Perencanaan ini dilakukan dengan mendesain ulang sistem plat dengan balok grid, hal ini dilakukan untuk memperoleh ruangan yang lebih luas tanpa mengubah desain awal secara signifikan, maka bentangan didesain lebih luas dan jumlah kolomnya dikurangi. Dalam menganalisa pembebanan serta gaya dalam digunakan software ETABS v.9. Berdasarkan hasil redesain pelat lantai dengan menggunakan sistem balok grid disimpulkan bahwa, balok grid yang ditempatkan pada pelat lantai efektif untuk struktur gedung yang memerlukan ruangan luas dan bentang panjang tanpa adanya pendukung di tengahnya. Plat dengan bentang yang luas memiliki kekakuan yang lebih besar, hal ini dikarenakan balok grid dapat berfungsi sebagai balok anakan. Volume beton yang digunakan pada gedung redesain relative lebih kecil bila dibandingkan dengan gedung eksisting, dan

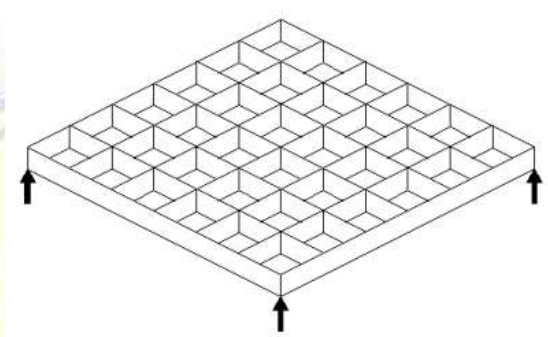
Analisa pada penelitian ini menunjukkan bahwa komponen struktur gedung dengan dimensi yang direncanakan aman terhadap beban gempa yang ada.

Alamsyah (2022) melakukan penelitian pada gedung Hotel Shafira Surabaya dan menyimpulkan bahwa sistem plat lantai grid yang digunakan tebalnya 80 mm, dengan tulangan plat utama $\varnothing 10-250$ untuk tulangan arah memanjang, mendatar, dan susut. $\varnothing 8-200$. Ketebalan pelat yang digunakan untuk pelat lantai dan atap biasanya 120 mm dengan tulangan utama $\varnothing 10-200$ pada arah memanjang dan melintang. Perencanaan balok lantai menggunakan dimensi 20/40, 23/40. Dan 23,5/40. Tulangan balok kisi menggunakan tulangan utama maksimum pada tumpuan 5D19 dan tulangan utama maksimum pada luas lapangan adalah 2D19 dengan tulangan sengkang $\varnothing 10-150$ sepanjang balok. Rencanakan balok utama atap dan lantai dengan menggunakan dimensi 30/60, 25/50 dan 35/65. Tulangan maksimal balok atap dan lantai utama pada tumpuan 7D28 dengan tulangan sengkang $\varnothing 10-100$, untuk area di lokasi konstruksi, menggunakan tulangan utama maksimal 4D28 dengan tulangan sengkang $\varnothing 10-250$, kecuali ukuran balok 25/50, tulangan sengkang pada lapangan. Kisaran penggunaan $\varnothing 10-200$. Perencanaan kolom menggunakan dimensi 70/100 (K1), 60/60 (K2) dan 25/50 (K3). Penjepit kolom untuk K1 menggunakan penahan pin 24D22 dengan penahan sabuk $\varnothing 19-100$ dan penahan 5 $\varnothing 10-100$. Untuk kolom K2 digunakan tulangan utama 14D22 dengan sengkang $\varnothing 19-100$ dan penahan 2 $\varnothing 19-100$. Kolom K3 menggunakan tulangan utama 14D22 dengan tulangan sengkang $\varnothing 19-100$ dan penahan 3 $\varnothing 10-100$. Penguatan ini berlaku untuk semua lantai. Stabilitas bangunan pada gedung Hotel Shafira Surabaya dapat dikatakan aman melalui penggunaan sistem plat balok kisi, hal ini didasarkan pada hasil simpangan maksimum antar lantai pada arah sumbu utama atas level 3 dengan nilai sebesar 50,05 mm dan deviasi yang diijinkan sebesar 120 mm. Laju penyimpangan pada sumbu mayor sebesar 0,0020 sedangkan pada sumbu non mayor sebesar 0,0005 dengan ketentuan laju penyimpangan kurang dari 0,0025.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Grid

Struktur grid merupakan elemen-elemen kaku panjang seperti balok atau rangka batang, yang batang-batang tepi atas dan bawahnya sejajar. Struktur *grid* berbutir kasar lebih banyak memikul sederetan beban terpusat, sedangkan komponen dengan banyak elemen struktur kecil (Plat) cenderung lebih cocok memikul beban terdistribusi merata (Schodek, 1991). Berikut ditampilkan Gambar 2.1 batang tepi atas dan bawah yang sejajar pada struktur *grid*.

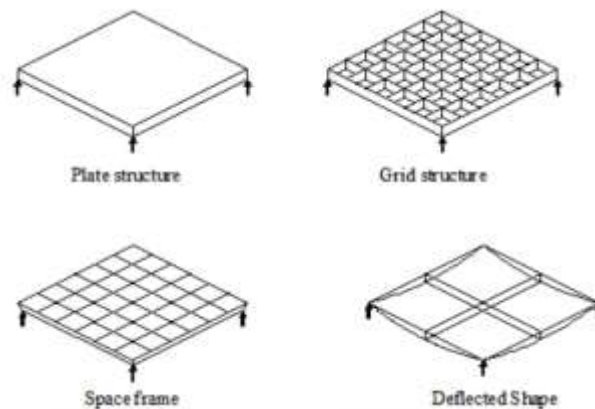


Sumber : Puspantoro, 1993

Gambar 2.1 Batang tepi atas dan bawah yang sejajar pada struktur *Grid*

2.2.2 Bentuk-Bentuk Balok Grid

Dari bentuk dan sistem balok silang yang membentuk segmen-segmen wafel, plat datar biasa memiliki kekauan yang lebih kecil bila dibandingkan dengan plat dengan sistem grid, Gambar 2.2 menunjukkan perbedaan antara sistem grid dengan pelat datar dan sistem rangka ruang. Berdasarkan bentuk dan posisi silang baloknya, struktur grid dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu (Puspantoro, 1993).



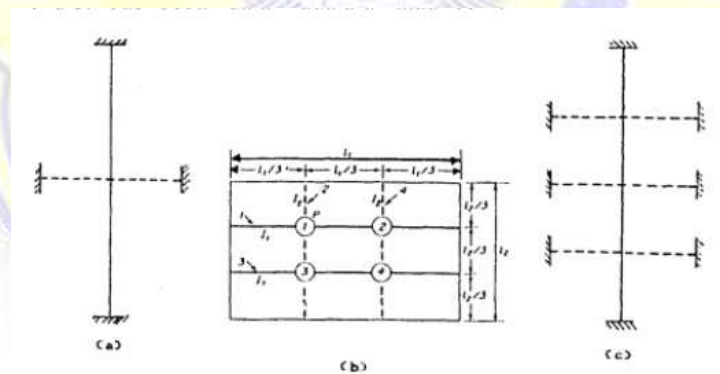
Sumber : Puspantoro, 1993

Gambar 2.2 Jenis Struktur Plat

Berdasarkan bentuk dan posisi silang baloknya, struktur *grid* dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

1. Sistem Grid Persegi

Sistem grid persegi dibentuk oleh dua buah balok yang saling bersilang tegak lurus satu terhadap yang lain. Grid persegi terdiri hanya dari satu balok atau beberapa balok, yang mempunyai sifat utama mendistribusi beban dalam dua arah atau lebih, adapun bentuk grid persegi disajikan pada Gambar 2.3.



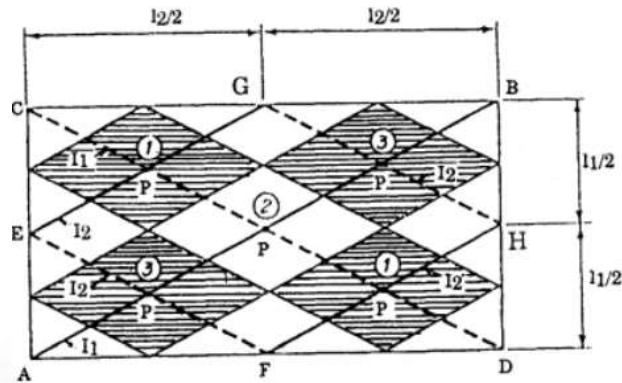
Sumber : Puspantoro, 1993

Gambar 2.3 Sistem *grid* Persegi

2. Sistem Grid Miring atau Diagonal

Pada sistem ini arah balok tidak saling tegak lurus, tetapi miring sehingga membentuk diagonal yang saling berpotongan. Balok – balok diagonal ini

walaupun mempunyai panjang yang tidak sama, tapi selalu mempunyai panjang yang sebanding, seperti sisi EG/AB sebanding dengan sisi EF/CD. Berikut disajikan Gambar 2.4 sistem grid miring.

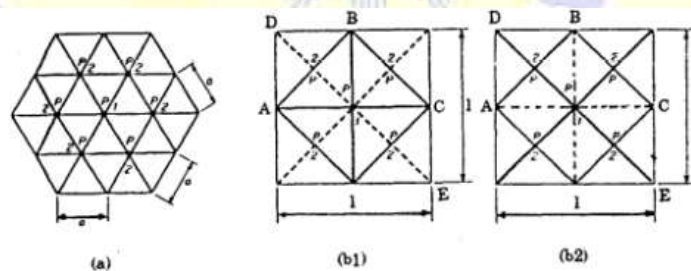


Sumber : Puspantoro, 1993

Gambar 2.4 sistem *Grid Miring*

3. Sistem Grid Majemuk

Satu titik kumpul dapat dilewati, oleh lebih dari satu balok atas atau balok bawah. Dengan demikian beban terpusat yang bekerja pada titik simpul akan menjadi P/n untuk masing-masing balok (n = jumlah balok atas yang lewat titik simpul tersebut). Sistem Grid majemuk dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini :



Sumber : Puspantoro, 1993

Gambar 2.5 Sistem *Grid Majemuk*

2.2.3 Kelebihan Struktur Grid

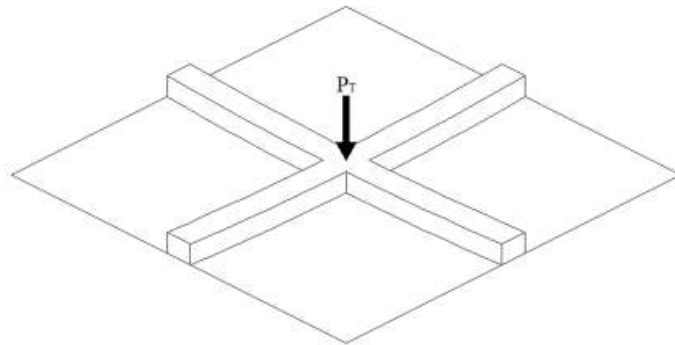
Beberapa keuntungan dari sistem struktur Grid menurut (Puspantoro, 1993) yaitu:

1. Memberikan kekakuan arah horizontal yang lebih besar pada portal bangunanya, karena memiliki kekakuan yang besar terutama pada bentang lebar.

2. Mempunyai bentuk yang seragam dengan berbagai variasi dan cetakannya dapat digunakan berulang kali.
3. Pada kedua arah bentangnya bisa mendistribusikan beban dan momen secara merata dengan ukuran modul grid.
4. Dalam mengikuti pembagian panel-panel eksterior maupun partisi interiornya dapat dilakukan dengan luwes hal ini dikarenakan struktur grid mempunyai sifat fleksibilitas ruang yang cukup tinggi dan simpel.
5. Dapat memberikan ruangan yang lebih luas, karena jumlah kolom dapat dikurangi.

2.2.4 Struktur Balok Grid pada Plat Lantai

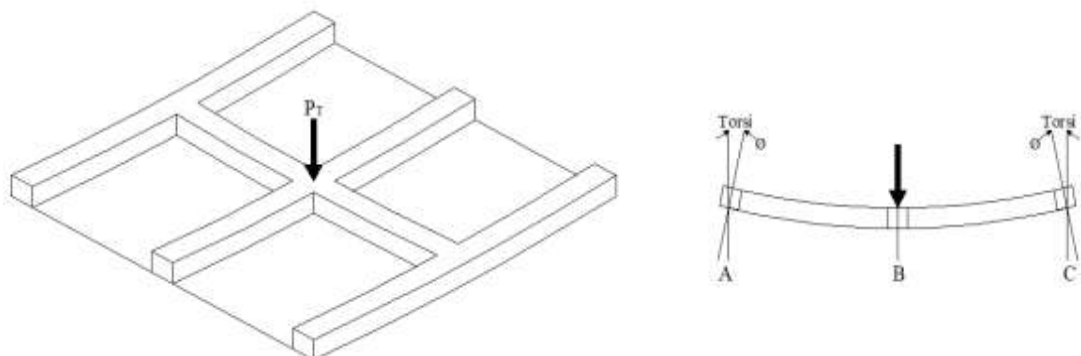
Ditinjau dari umur teori, konstruksi dan pemakainnya struktur grid bukanlah sistem struktur yang baru, sifat kaku yang menjadi kelebihanannya dapat mendukung sistem perancangan arsitektur yang menghendaki variasi bentuk pelat atau plafonnya. Umumnya struktur grid menggunakan bahan dari konstruksi beton bertulang dengan ketebalan pelat yang tipis dan pemakaian tulangan yang lebih hemat. Sistem grid sederhana merupakan sistem balok melintang sederhana yang keempat sisinya ditumpu, selama baloknya benar-benar identik beban akan sama sepanjang kedua balok (setengah dari beban total akan dipikul oleh masing masing balok dan meneruskan ke tumpuannya). Bagian beban yang besar akan dipikul oleh balok yang lebih kaku, hal ini terjadi apabila balok-balok tersebut tidak identik. Apabila balok mempunyai panjang yang tidak sama, maka balok yang lebih Panjang akan menerima beban yang lebih kecil. Kedua balok ini akan mengalami defleksi yang sama, maka balok yang pendek memerlukan gaya yang lebih besar agar defleksi kedua balok sama (Schodek, 1991). Berikut disajikan Gambar 2.6 struktur grid sederhana.



Sumber : Schodek, 1991

Gambar 2.6 Struktur *Grid Sederhana*

Gambar 2.6 merupakan grid sederhana lain yang berupa sistem satu arah. balok transversal meneruskan beban ke elemen longitudinal pada saat mengalami defleksi akibat beban yang bekerja padanya, untuk lebih mudah melihat bahwa elemen yang memikul momen lebih besar, dapat ditinjau dengan geometri bentuk balok terdefleksi, sehingga semua elemen grid memikul beban. Pada sistem balok sederhana, banyak balok yang dibebani langsung serta balok yang memikul beban tidak meneruskan ke balok lainnya.

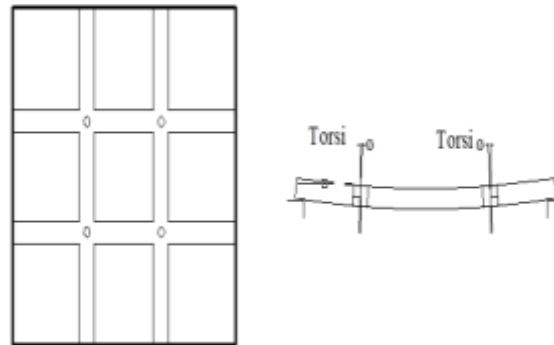


Sumber : Schodek, 1991

Gambar 2.7 Struktur *Grid Satu Arah*

pada grid yang lebih kompleks seperti pada Gambar 2.8 baik aksi dua arah maupun semua elemen berpartisipasi untuk memikul beban dengan memberikan kombinasi kekuatan lentur dan kekuatan torsi. Rotasi lentur satu elemen struktur tidak dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur lainnya hal ini diakibatkan balok-balok tersebut terletak sederhana dan tidak saling berhubungan secara kaku. Hal ini berdampak pada hilangnya penambahan kekakuan

menyeluruh yang dapat diberikan dengan aksi torsi. Dapat disimpulkan struktur grid yang terhubung secara sederhana akan lebih besar bila dibandingkan dengan struktur grid yang terhubung secara kaku (Schodek, 1991).



Sumber : Schodek, 1991

Gambar 2.8 Perilaku Struktur *Grid* Kompleks

2.2.5 Pembebanan

Standar pembebanan yang digunakan dalam perencanaan Gedung Covid-19 dan Trauma Center adalah sebagai berikut:

1. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lainnya SNI-1727-2020,
2. Tata cara ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI-1726-2019.

Dalam merencanakan suatu struktur gedung beban-beban yang bekerja di atasnya harus diperhihtungkan dan disesuaikan dengan peraturan atau standar yang berlaku. Berdasarkan SNI-1727-2020 dan SNI-1726-2019 bangunan harus dirancang sesuai dengan ketahanannya terhadap kombinasi dan beban yang diberikan pada Tabel 2.1 dan 2.2 berikut:

Tabel 2.1 Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung

No.	Bahan Bangunan	Beban	Satuan
1.	Baja	7850	kg/m^3
2.	Batu alam	2600	kg/m^3
3.	Batu belah, Batu bulat, Batu gunung (Berat tumpuk)	1500	kg/m^3

No.	Bahan Bangunan	Beban	Satuan
1.	Baja	7850	kg/m ³
4.	Batu karang (Berat tumpuk)	700	kg/m ³
5.	Batu Pecah	1450	kg/m ³
6.	Besi tuang	7250	kg/m ³
7.	Beton (1)	2200	kg/m ³
8.	Beton bertulang (2)	2400	kg/m ³
9.	Kayu Kelas (1) (3)	1000	kg/m ³
10.	Kerikil, Koral, (Kering udara lembab tanpa ayakan)	1650	kg/m ³
11.	Pasangan Bata merah	1700	kg/m ³
12.	Pasangan baru belah, batu bulat dan batu gunung	2200	kg/m ³
13.	Pasangan batu cetak	2200	kg/m ³
14.	Pasangan batu karang	1450	kg/m ³
15.	Pasir (Kering udara samapai lembab)	1600	kg/m ³
16.	Pasir (Jenuh air)	1800	kg/m ³
17.	Pasir kerikil, Koral (Kering udara sampai lembab)	1850	kg/m ³
18.	Tanah lempung, Lanau (Kering udara lembab)	1700	kg/m ³
19.	Tanah lempung, dan Lanau (Basah)	2000	kg/m ³
20.	Tanah hitam	11400	kg/m ³

(Sumber :peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1989)

Tabel 2.2 Berat Sendiri untuk Komponen Gedung

No	Komponen Gedung	Beban	Satuan
1.	Adukan Per cm tebal : Dari semen Dari Kapur, semen, merah atau tras	21 17	kg/m ³
2.	Aspal, termasuk bahan – bahan mineral penambahan, per cm	14	
3.	Dinding pasangan batu merah : Satu batu Setengan batu		kg/m ³
4.	Dinding pasangan batako dengan lubang : Tebal dinding 20 cm (HB 20)	450	kg/m ³

No	Komponen Gedung	Beban	Satuan
	Tebal dinding 10 cm (HB 10)	250	
	Dinding pasangan batoko tanpa lubang :		
	Tebal dinding 15 cm	200	
	Tebal dinding 10 cm	120	
5.	Langit – langit dan dinding (termasuk rusuk – rusuknya, tanpa penggantung langit – langit atau paku terdiri dari : Semen abses (enterit dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm Kaca dengan tebal 3 – 4 mm	11 10	kg/m ³
6.	Penggantung langit – langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 mm	40	kg/m ³
7.	Penutup atap reng dan usuk/ kaso per m ² bidang atap	50	kg/m ³
8.	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/ kaso per m ² bidang atap	40	kg/m ³
9.	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10	kg/m ³
10.	Penutup lantai semen Portland, Terasodan beton tnpa adukan, per cm tebal	24	kg/m ³
11.	Semen asbes gelombang (tebal 5 cm)	11	kg/m ³

(Sumber : peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1989)

2.2.6 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang termasuk berat derek dan sitem pengangkut material. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang SNI 1727:2020.

2.2.7 Beban Hidup (*Live Load*)

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

beban banjir, atau beban mati. beban hidup pada lantai gedung beban hidup pada lantai gedung sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan dan juga dinding pemisah ruang ($q \leq 100 \text{ kg/m}^2$). beban berat dari lemari arsip, alat dan mesin harus ditentukan sendiri, dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Beban hidup distribusi merata minimum, Lo

Hunian atau Penggunaan	Merata, Lo Psf (/kN/ m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No.Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No.Pasal)	Terpusat lb (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	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Ruang Komputer					
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)		
Tribun penonton	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
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 psf (4,78 psf kN/m^2)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
Koridor					
Lantai pertama	100,(4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai lain	Sama seperti				

Hunian atau Penggunaan	Merata, Lo Psf (/kN/ m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No.Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No.Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
	pelayanan hunian kecuali disebutkan lain				
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 x 50 mm])		-	-	300 (1,33)	
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		-	-	200 (0,89)	
Jalur penyelamatan saat kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,092)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	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	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Rumah sakit Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4.45)	
Ruang pasien Koridor di atas lantai	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4.45)	

Hunian atau Penggunaan	Merata, Lo Psf (/kN/ m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No.Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No.Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Hotel (lihat rumah tinggal)					
Perpustakaan					
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	4,13
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Pabrik					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	2.000 (8,90)	
Berat	250 (11,97)	Tidak 4.7.3	Ya (4.7.3)	3.000 (13,35)	
Gedung Perkantoran					
ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada pekiraan hunian					
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Kantor	250 (11,97)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Lembaga hukum					
Blok sel	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tempat rekreasi					
Tempat bowling, bliard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Gimnasium	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Rumah tinggal					
Hunian satu dan dua keluarga					
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2

Hunian atau Penggunaan	Merata, Lo Psf (/kN/ m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No.Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No.Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
dapat dihuni dengan Gudang	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Loteng yang tidak dapat dihuni dan ruang tidur	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga					
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang pribadi dan koridornya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Koridor ruang public					
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)	
Scuttles, 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	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	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)		

Hunian atau Penggunaan	Merata, Lo Psf (/kN/ m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No.Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No.Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Toko					
Eceran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Lantai pertama	75 (3,59)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Lantai di atasnya	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
Grosir, disemua lantai					
Penghalang kendaraan				Lihat pasal 4.5.3	
Susunan jalan dan yang ditinggalkan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

(Sumber : SNI 1727:2020)

2.2.8 Beban Gempa (Quake Load)

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi dan mempengaruhi struktur tersebut. Secara geografis Indonesia terletak pada kawasan cincin api (*ring of fire*) sehingga gempa bumi sering terjadi, dalam menghadapi situasi ini tentu kita harus mencari solusi untuk meminimalisir resiko pada struktur yang direncanakan hal ini juga untuk mengurangi resiko korban jiwa dalam bencana gempa yang terjadi.

1. Gempa Rencana

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

2 Kategori Resiko Bangunan

Untuk berbagai kategori resiko bangunan struktur gedung dan non gedung sesuai dengan Tabel 2.4 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus sesuai dengan faktor keutamaan gempa Ie menurut Tabel 2.9 hususnya unruk kategori IV, bila yang dibuthkan yang bersebelahan ,maka struktur bangunan yang bersebelahan harus didisain sesuai kategori resiko IV .kategori resiko bangunan dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Kategori Resiko Bangunan Gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatssu untuk, antara lain : Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan Fasilitas sementara Gudang penyimpanan Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termsuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : Perumahan Rumah toko dan rumah kantor Pasar Gedung perkantoran Gedung apartemen/ rumah susun Pusat perbelanjaan/ maall Bangunan industri Fasilitas manufaktur Pabrik	II
Gedung dan nongedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : bioskop gedung pertemuan stadion fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat fasilitas penitipan anak penjara bangunan untuk orang jompo Gedung, dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang	III

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
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 : pusat pembangkit listrik biasa fasilitas penanganan air fasilitas penanganan limbah pusat komunikasi 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 mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika tidak terjadi kebocoran.	
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : 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.	IV

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori IV.	

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori resiko fak	Faktor keutamaan gempa
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.6 Klasifikasi Situs

Kelas situs	Vs (m/detik)	V atau Nch	Su (Kpa)
SA(batuan keras)	1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC(tanah keras,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
SF(tanah khusus)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifikasi, Lempung sangat organic dan atau gambut (ketebalan $H > 3$ m).Lempung berplas itisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$). Lapisan lempung lunak $H > 35$ m dengan $Su < 50$ kPa.		

(Sumber : SNI 1726:2019)

3. Parameter Percepatan Perpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar dalam waktu singkat) dan S_I (percepatan batuan dasar dalam waktu 1 detik) perlu ditentukan dari spektrum respon percepatan 0,2 s dan 1 s pada peta gerak seismik pada bab 0 dengan probabilitas melebihi 2% dalam 50 tahun (MCR_R , 2% dalam 50 tahun) dan dinyatakan sebagai desimal saat dipercepat karena gravitasi. Jika $S_I \leq$ adalah 0,04 g dan $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan tersebut dapat dimasukkan dalam desain seismik Kelas A dan memenuhi persyaratan.

4. Respon Spectral Percepatan Gempa.

Faktor amplifikasi seismic pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik di butuhkan dalam penentuan respons spectral percepatan gempa MCR_R di permukaan tanah. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_A) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_V). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.1 sampai 2.2.

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

$$S_{MI} = F_v S_I \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

S_s : parameter respons spectral percepatan gempa MCR_R terpetakan untuk periode pendek ;

S_I : parameter respons spectral percepatan gempa MCR_R terpetakan untuk periode 1,0 detik. Berikut disajikan

Tabel 2.7 Koefisien Situs, F_a

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.8 Keofisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko – resiko tertarget (MCR_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
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)

6. Menentukan Parameter Percepatan Spectral Desain

parameter percepatan spectral desain untuk priode pendek sds harus ditentukan sesuai 0 dan nilai sd1 tidak perlu ditentukan pada persamaan brikut.

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

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \dots\dots\dots (2.4)$$

7. Spektrum Respon Dinamis

Bila spektrum respon disain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 2.1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- a. Untuk prioder yang lebih kecil dari T_0 spekturm respon percepatan desain S_a harus di ambil dari persamaan berikut.

$$S_a = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right) \dots\dots\dots (2.5)$$

- b. Untuk priode yang lebih besar dari atau dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spectrum respon percepataan 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 , diambil berdasarkan Persamaan 2.6

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots(2.6)$$

- d. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spectral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan Persamaan 2.7

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

S_{DS} : parameter respons spectral percepatan desain pada periode pendek;

S_{D1} : parameter respons spectral percepatan desain pada periode 1 detik

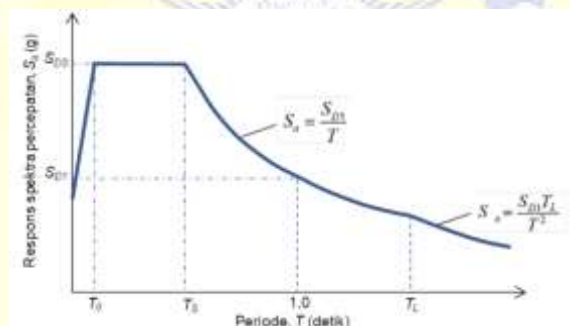
T : periode getar fundamental struktur

Spektrum respon disain dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.8 sampai 2.9 sebagai berikut :

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots(2.8)$$

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

Berikut disajikan gambar 2.9 Spektrum respon desain



Sumber : SNI 1726:2019

Gambar 2.9 Spektrum respons desain

8. Kategori Desain Seismik

Sebuah bangunan diberi kategori desain seismik, fasilitas dengan kategori risiko I, II, atau III, dan yang parameter respons spektral percepatannya dipetakan ke periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 dari konstruksi sistem . kategori desain seismik gedung E. Gedung Kelas Risiko IV yang terletak di mana parameter respons spektral percepatan dipetakan selama periode waktu 1 detik, S_1 lebih besar dari atau sama dengan 0,75 diberi kelas desain seismik F Semua bangunan lain diberi kelas seismik. kelas

desain berdasarkan kelas risikonya dan parameter respons spektral percepatan desain SDS dan SDI 0. Setiap bangunan dan struktur harus diklasifikasikan ke dalam kategori desain gempa yang lebih parah, mengacu pada Tabel 2.9 dan 2.10, terlepas dari nilai periode getaran fundamental T dari struktur. Jika S_I kurang dari 0,75, kelas desain seismik hanya dapat ditentukan berdasarkan Tabel 10 jika semua kondisi berikut berlaku:

- Masing-masing dua arah orthogonal perkiraan periode fundamental struktur
 T_a adalah kurang dari $0,8 T_S$.
- Persamaan 2.28 digunakan untuk menentukan koefisien respon seismik.
- Diafragma struktural adalah kaku, untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen – elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.
- Kategori desain seismik percepatan periode pendek dan periode 1 detik dapat dilihat pada Tabel 2.9 dan Tabel 2.10, dibawah ini :

Tabel 2.9 Kategori Desain Seismik Percepatan Periode pendek

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

(Sumber : SNI 1726: 2019)

Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik Percepatan Periode 1 Detik

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

2.2.9 Arah Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019 beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan gedung meliputi:

1. Arah Kriteria Pembebanan

Arah penerapan beban gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Arah penerapan gaya gempa diizinkan untuk memenuhi persyaratan ini menggunakan prosedur pada bagian (2), untuk kategori desain seismik B (3), untuk kategori seismic C (4), untuk kategori desain seismic D,E dan F.

2. Kateori Seismik B

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

3. Kategori Seismik C

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang dirancang untuk kategori desain seismic C harus minimum sesuai dengan persyratan dalam poin (2), untuk kategori desain seimik B dan persyaratan pasal ini.

Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal Tope 5 dalam tabel 10 pada SNI 1726:2019, harus menggunakan salah satu dari prosedur berikut :

- a. Prosedur kombinasi orthogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekivalen dalam SNI 1726:2019, prosedur analisis spektrum respons ragam dalam SNI 1726:2019, atau prosedur riwayat respons linier dalam SNI 1726:2019, seperti diizinkan dalam SNI 1726:2019, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam semua dua arah orthogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban.

- b. Beban yang ditetapkan 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.
 - c. Penerapan serentak gerak tanah orthogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur riwayat respon linier dalam SNI 1726:2019 atau prosedur riwayat respon nonlinier dalam SNI 1726:2019 seperti diizinkan dalam SNI 1726:2019, dengan pasangan orthogonal riwayat percepatan gerak tanah yang diterapkan secara serentak.
4. Kategori Desain Seismik D Sampai F
- Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E dan F harus minimum memenuhi, sesuai dengan persyaratan poin ke (3). Sebagai tambahan, semua kolom atau dinding yang membentuk dari bagian dua arah atau lebih sistem penahan gaya yang berpotongan dan dikenai beban aksial akibat gaya gempa yang bekerja sepanjang baik sumbu denah utama sama atau melebihi 20 % kuat desain aksial kolom atau dinding harus didesain untuk pengaruh beban paling kritis akibat penerapan gaya gempa dalam semua arah. Baik prosedur (3.a) atau (3.b), diizinkan untuk digunakan untuk memenuhi persyaratan ini. Kecuali seperti diisyatkan dalam poin (3), analisis 2 dimensi diizinkan untuk struktur dengan diafragma fleksibel.

2.2.10 Sistem Struktur Penahan Gempa

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan Batasan system struktur dan batasan ketinggian struktur. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.11 harus digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain. Adapun Batasan tinggi struktur berdasarkan Kategori Desain Seismik (KDS), terdapat pada Tabel 2.11 berikut:

Tabel 2.11 Sistem struktur beton bertulang penahan gaya seismik

Tabel sistem struktur beton bertulang penahan gaya seismic	R	Ω_0	Cd	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	
• Dinding geser per cetak menengah	4.0	2.5	4.0	TB	TB	12	12	12	
• Dinding geser per cetak biasa	3.0	2.5	3.0	TB	TI	TI	TI	TI	
2. Sistem rangka bangunan (<i>Building frame systems</i>)									
• Dinding heser beton bertulang khusus	6.0	2.5	5.0	TB	TB	48	48	30	
• Dinding geser bertulang biasa	5.0	2.5	4.5	TB	TB	TI	TI	TI	
• Dinding geser beton polos didetail	2.0	2.5	2.0	TB	TI	TI	TI	TI	
• Dinding geser beton polos biasa	1.5	2.5	1.5	TB	TI	TI	TI	TI	
• Dinding geser per cetak menengah	5.0	2.5	4.5	TB	TB	12	12	12	
• Dinding geser per cetak biasa	4.0	2.5	4.0	TB	TI	TI	TI	TI	
3. Sistem rangka pemikul momen (<i>Moment-resisting frame systems</i>)									
• Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8.0	3.0	5.5	TB	TB	TB	TB	TB	
• Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5.0	3.0	4.5	TB	TB	TI	TI	TI	
• Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3.0	3.0	2.5	TB	TI	TI	TI	TI	
4. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus (<i>Dual system with special momen 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	
5. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah (<i>Dual systems with intermediate momen frame</i>)									
• Dinding geser beton bertulang	6.5	2.5	5.0	TB	TB	48	30	30	

husus								
• Dinding geser beton bertulang biasa	5.5	2.5	4.5	TB	TB	TI	TI	TI
6. 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)

Keterangan:

R = Koefisien modifikasi respon

Ω_0 = Parameter kuat lebih system

Cd= Faktor perbesaran defleksi

2.2.11 Analisa Gaya Lateral Ekuivalen

1. Gaya Geser Seismik (V)

Gaya geser dasar seismic (v) statik ekuivalen dan gaya geser masing-masing tingkat yang dihitung berdasarkan persamaan : $V = C_s \cdot W$, untuk masing-masing arah pembebanan (X dan Y), dimana:

C_s = koefisien respon seismik

Koefisien respon seismik C_s , ditentukan berdasarkan persamaan 2.9

dimana:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} \cdot \frac{I_E}{I_E} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang

periode pendek.

R = Faktor modifikasi respons

Le = Faktor keutamaan gempa

Niali C_s , tidak perlu melebihi nilai : $C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$, dan tidak kurang dari :

$$C_s = 0,004 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

2. Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur, T dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang diitung (C_u) dari Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Parameter percepatan respon spectral periode 1 detik S_{D1}

Parameter percepatan respons spectral desain pada periode 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI 1726:2019)

dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan persamaan 2.11 berikut:

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

Keterangan :

h_n , adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 2.13

Tabel 2.13 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai		

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat.

$$T_a = 0,1 \cdot N$$

N = jumlah tingkat

beban geser dasar (v) harus dibagiikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi gaya gempa lateral statik ekuivalen (F_x) yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-I menurut Persamaan 2.12 dan 2.13

$$C_{VX} = \frac{W_x \cdot h_i^k}{\sum_{i=1}^n (W_i \cdot h_i^k)} \dots \dots \dots (2.12)$$

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

Keterangan :

C_{VX} = faktor distribusi vertical

V = gaya lateral 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)

K = Eksponen yang terkait dengan periode struktur

a. Untuk struktur $T \leq 0,5$ detik $\rightarrow k = 1$

b. Untuk struktur $T \geq 2,5 \text{ detik} \rightarrow k = 2$

c. Untuk struktur $0,5 \geq T \geq 2,5 \text{ detik}$

3. Distribusi Gaya Gempa

Geser tingkat desain gaya gempa di semua tingkat, v_x (kN), harus ditentukan dari persamaan 2.14 berikut :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana F_i = bagian dari geser seismic, V (kN) yang timbul di Tingkat, i.

4. Kombinasi Beban Terfaktor

Kombinasi beban terfaktor harus dirancang dengan mengacu pada kombinasi pembebanan SNI 1726:2019, struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencana sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

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

2.2.12 Simpangan Antar Struktur

Simpangan antar lantai ijin (Δ_a) tidak boleh kurang dari Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ), seperti yang terdapat pada Tabel 2.14 sesuai dengan SNI 1726:2019 untuk semua tingkat :

Tabel 2.14 Simpangan antar lantai ijin

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit – langit dan sistem dinding eksterior yang	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai.			
Struktur kantilever batau bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding gerder batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

(Sumber : SNI 1726:2019)

2.2.13 Faktor Reduksi Kekuatan

Dalam perancangan struktur bangunan, sangat perlu mempertimbangkan elemen struktur dari berbagai sudut pandang yang dapat mempengaruhi kekuatan elemen tersebut, seperti beban kerja, fungsi bangunan, sifat material dan dimensi struktur, dalam proses perancangan bangunan, disana. Banyak kondisi yang tidak direncanakan, sehingga perencanaan struktur diperhitungkan untuk menentukan bagian struktur, dimana pengurangan beban minimum dengan faktor reduksi gaya yang sesuai dengan sifat beban untuk mendapatkan gaya kinerja atau gaya desain yang lebih tinggi.

Faktor reduksi itu sendiri adalah koefisien yang menggabungkan angka kekuatan aktual dengan kekuatan nominal atau teoretis dari struktur elemen. Faktor reduksi kuat (ϕ) memiliki keunggulan dalam mengantisipasi segala kemungkinan yang mungkin timbul di lapangan, seperti penggunaan material dengan kualitas yang berbeda, pekerjaan yang tidak sempurna, ukuran bagian struktur yang tidak sesuai, dan lain-lain. Kekuatan desain atau kekuatan layan komponen atau bagian adalah kekuatan nominal dikurangi faktor reduksi kekuatan (ϕ). Tujuan penggunaan faktor reduksi kekuatan adalah untuk mempertimbangkan kemungkinan penurunan kekuatan akibat perubahan kekuatan dan dimensi material selama konstruksi, pengaruh penyederhanaan dan asumsi dalam persamaan desain, durabilitas, mode kegagalan yang mungkin terjadi. komponen, persyaratan keandalan dan signifikansi kegagalan, serta adanya jalur beban

alternatif untuk komponen dalam struktur SNI 2847:2019. Faktor reduksi untuk berbagai mekanisme tersebut dapat dilihat pada SNI 2847:2019, sedangkan nilai faktor reduksinya dapat dilihat pada Tabel 2.15 berikut ini:

Tabel 2.15 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)

Gaya atau Elemen struktur		(ϕ)	Pengecualian
a)	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 - 0,90	Di dekat ujung komponen pratarik (<i>pretension</i>) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja,
b)	Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa
c)	Torsi	0,75	-
d)	Tumpu (<i>bearing</i>)	0,65	-
e)	Zona angkur pascatarik (<i>post-tension</i>)	0,85	-
f)	<i>Bracket</i> dan korbel	0,75	-
g)	<i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> di pasal 23	0,75	-
h)	Komponen sambungan beton percetakan terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,9	-
i)	Beton polos	0,6	-
j)	Angkur dalam elemen beton	0,45 - 0,75	-

(Sumber : SNI 2847:2019)

2.2.14 Dasar Dasar Perencanaan Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton struktural yang diperkuat dengan sekurang-kurangnya jumlah minimum baja prategang atau tulangan prategang, yang ditentukan menurut standar, termasuk elemen yang memenuhi persyaratan beton prategang dan non prategang, dalam struktur beton bertulang, pekerjaan tulangan untuk menahan tegangan yang disebabkan oleh efek geser, susut atau temperatur SNI 2847:2019.

2.2.15 Asumsi Desain

Menurut Sudarmoko 1996, ketika menghitung beban lentur atau aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial, asumsi harus digunakan dalam desain:

1. Jarak netral harus diasumsikan berbanding lurus dengan tulangan dan tegangan beton. Tegangan terpakai maksimum untuk serat beton terluar diasumsikan 0,003. Kekuatan luluh f_y ditentukan oleh kualitas tulangan yang digunakan diambil sebagai ES kali perpanjangan baja. Untuk tegangan yang lebih besar dari regangan yang menghasilkan f_y , tegangan pada tulangan harus dianggap tidak bergantung pada regangan dan sama dengan f_y
2. menghitung kekuatan tarik beton. Hubungan antara tegangan beton dan distribusi tegangan tekan beton diasumsikan kuadratik. Distribusi tegangan beton persegi panjang ekuivalen didefinisikan sebagai:
 - a. Tegangan beton sebesar 0,85 f'_c diasumsikan terdistribusi secara merata pada luas tekan yang sesuai yang dibatasi oleh tepi penampang dan garis lurus sejajar sumbu netral pada jarak maksimum $a = d_c$ dari serat. tegangan tekan.
 - b. Jarak c dari serat dengan tegangan tertinggi ke sumbu netral harus diukur tegak lurus terhadap sumbu itu. Untuk kuat tekan beton f'_c antara 17 MPa dan 28 MPa, koefisien β_1 harus diambil sebesar 0,85.
 - c. Untuk kekuatan di atas 28 MPa, β_1 harus dikurangi 0,05 jika kekuatan 17 MPa di atas 28 MPa, tetapi tidak kurang dari 0,65 MPa. Ketentuan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:
 - d. Jika $17 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 28 \text{ MPa}$: $\beta_1 = 0.85$ Jika $f'_c > 28 \text{ MPa}$: $\beta_1 = 0.85 - 0.05 (f'_c - 28)/7$ tidak boleh kurang dari 0.65.

2.2.16 Fungsi Utama Beton Dan Tulangan

Beton bertulang dan baja tulangan memiliki fungsi atau tugas dasar yang berbeda tergantung pada sifat material yang bersangkutan. Beton bertulang memiliki fungsi yang berbeda sebagai berikut (Asroni, 2010). Fungsi utama beton adalah:

1. Tahan beban/tekanan
2. Segel baja tulangan agar tidak berkarat

Fungsi utama tulangan baja adalah:

1. Tahan gaya tarik (meskipun juga kuat terhadap gaya tekan)
2. Mencegah meluasnya retak beton.

2.2.17 Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu elemen struktur portal bentang horizontal, sedangkan portal adalah bagian utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan gedung (Asroni, 2010). Berikut adalah ketentuan SNI 2847:2019 tentang tinggi minimum balok untuk balok tidak tegangan yang tidak ditopang atau dilekatkan pada partisi atau struktur lain yang dapat rusak akibat simpangan besar, tebal h semua pelat tidak boleh kurang dari batas minimum yang dijelaskan pada Tabel 2.16 di bawah ini:

Tabel 2.16 Tinggi Minimum Balok

Kondisi Perletakan	Minimum h
Perletakan sederhana	$\ell/16$
Menerus satu sisi	$\ell/18,5$
Menerus dua sisi	$\ell/21$
Kantilever	$\ell/8$

(Sumber : SNI 2847:2019)

Jika f_y lebih besar dari 420 MPa, persamaan yang diberikan pada tabel 2.20 harus dikalikan $(0,4 f_y/700)$. Untuk balok beton ringan prategang dengan w_c 1440-1840 kg/m³, persamaan pada Tabel 2.20 harus dikalikan dengan nilai terbesar (a) dan (b).

$$(a) \ 1,65 - 0,0003 w_c$$

$$(b) \ 1,09$$

1. Rasio Tulangan Balok

Dalam perencanaan balok tekan, rasio tulangan tergantung pada mutu beton (F_c') dan mutu baja tulangan (F_y), dan tidak tergantung pada ukuran penampang struktur. Nilai rasio itu sendiri berkaitan dengan keruntuhan pada balok lentur dimana keruntuhan tersebut dikelompokkan menjadi tiga jenis keruntuhan yaitu keruntuhan tekan, keruntuhan tarik dan keruntuhan kesetimbangan.

a. Keruntuhan Tekan (Lebih Diperkuat)

Pada kondisi ini, beton hancur sebelum baja tulangan meleleh, sehingga lendutan balok relatif konstan. Namun, jika beban yang lebih besar diterapkan pada balok, maka balok tersebut akan tiba-tiba runtuh, sehingga jenis keruntuhan ini sangat tidak diperbolehkan. Balok yang menyebabkan kerusakan tekan adalah balok rasio tinggi, sehingga rasio tulangan balok tidak boleh melebihi rasio tulangan maksimum yang dihitung berdasarkan Persamaan 2.15 di bawah ini:

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \frac{382,5 \cdot \beta_1 f'_c}{(600 + f_y) \cdot f_y} \dots\dots\dots (2.15)$$

b. Keruntuhan Tarik (*Under-Reinforced*)

agar beton masih cukup kuat menahan beban, dalam hal ini lendutan terjadi akibat peleburan dan plastisasi baja. Lendutan ini merupakan salah satu tanda sebelum runtuh, sehingga dianggap aman dan diperbolehkan dalam desain. Balok yang patah dengan cara ini memiliki rasio tulangan yang kecil, tetapi tidak kurang dari rasio tulangan minimum, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16 berikut:

$$\rho_{maks} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.6)$$

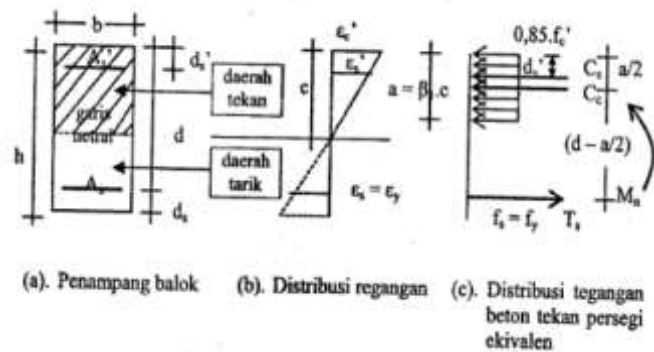
c. Keruntuhan Seimbang (*Balance*)

Dalam mode ini, beton dihancurkan bersama dengan tulangan yang menyatu, sehingga kekuatan beton dan tulangan dapat dimanfaatkan secara maksimal. Merancang balok sesuai dengan persyaratan ini adalah rencana yang ideal, tetapi sulit untuk diterapkan. Balok gagal dengan cara ini memiliki rasio tulangan yang seimbang dan dapat dihitung dengan persamaan 2.17 berikut :

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \dots\dots\dots (2.6)$$

2. Distribusi Tegangan dan Regangan Balok

Regangan dan tegangan yang terjadi pada balok dengan penampang beton bertulang rangkap dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut ini :



Sumber : Asroni, 2010

Gambar 2.10 Distribusi regangan dan tegangan pada balok bertulang rangkap

Pada perencanaan beton bertulang, regangan tulangan tarik selalu diperhitungkan setelah leleh. Sedangkan untuk tulangan tekan (ϵ'_s) regangan tulangan tekan sebelum leleh. Nilai tegangan tulangan tekan dapat dihiyung dengan menggunakan Persamaan 2.18 berikut :

$$\epsilon'_s \frac{a - \beta_1 d_s}{a} \times 0,003 \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

ϵ'_s = Regangan Tarik baja

a = Tinggi blok tegangan tekan ekivalen

β_1 = Konstanta yang merupakan fungsi kuat beton

d_s = Jarak antar titik beraat tulangan Tarik dan tepi serat beton

Tegangan tekan baja tulangan f'_s dapat dihitung dengan menggunakan Persaamaan 2.19 berikut :

$$f'_s \frac{a - \beta_1 d_s}{a} \times 600 \dots \dots \dots (2.19)$$

3. Momen Nominal dan Rencana Balok

Pada balok penguat ganda atas, 2 gaya tekan diterapkan ke kiri, sedangkan bagian bawah balok adalah 1 gaya tarik ke kanan. Gaya kompresi dan gaya tarik adalah sama dan bekerja berlawanan arah, menciptakan momen yang disebut momen nominal aktual (M_n) yang terdapat dalam Persamaan 2.20 hingga 2.23 berikut:

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \dots \dots \dots (2.20)$$

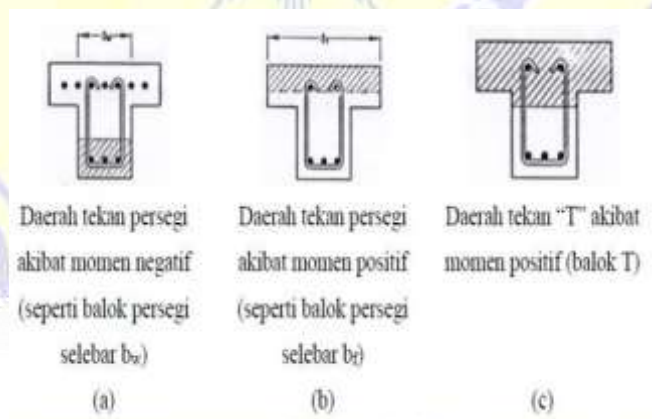
$$M_{nc} = C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ dengan } C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots(2.21)$$

$$M_{ns} = T_s \cdot (d - d') \text{ dengan } T_s = A_s f'_s \dots\dots\dots(2.22)$$

$$M_r = \phi \cdot M_n \text{ dengan } \phi = 0,9 \dots\dots\dots(2.23)$$

4. Struktur Balok-T

Perhitungan struktur beton bertulang mengasumsikan bahwa beton merupakan bahan yang getas, artinya walaupun beton sangat kuat menahan beban tekan, namun tidak kuat menahan beban tarik, sehingga mudah retak. Beban tarik yang bekerja pada struktur beton bertulang dengan demikian dilimpahkan/ditopang hanya oleh baja tulangan, sedangkan luas melintang dari luas beton prategang tidak dapat digunakan untuk memikul beban. Oleh karena itu, secara teoritis luas penampang beton prategang yang tidak terpakai dapat dikurangi/dipotong sehingga bentuk balok beton menyerupai huruf “T” dan disebut balok “T”, meskipun luas penampang . dari beton adalah potongan penampang dari tepi bawah, kekuatan balok "T" " Secara teoritis tetap sama dengan kekuatan balok balok persegi panjang, asalkan ketinggian garis netral (c) untuk kedua balok sama seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.11 di bawah ini (Asroni, 2010).



Sumber : Simanjuntak, 2016

Gambar 2.12 Bagian Tekan pada Balok “T”

Jika momen yang bekerja pada penampang positif, muncul 2 kemungkinan, yaitu:

- a. Balok berperilaku sebagai balok persegi ketika bagian yang ditarik hanya pada sayap seperti yang ditunjukkan pada gambar (b) dan lebar bagian yang ditekan adalah b_f .
- b. Balok berperilaku sebagai balok-T murni ketika bagian yang ditekan berisi sayap dan badan balok-T. Lebar sayap efektif b_f dari balok-T tanpa tegangan monolitik atau pelat komposit harus mencakup lebar sayap balok b_w ditambah lebar sebenarnya dari sayap menonjol menurut Tabel 2.17, di mana h adalah tebal pelat dan S_w adalah tebal pelat. jarak yang jelas antara balok yang berdekatan.

Tabel 2.17 Batasan dimensi lebar sayap efektif untuk Balok T

Lokasi Sayap	Lebar sayap efektif, di luar penampang balok	
Kedua sisi balok	Sekurangnya	$8h$
		$S_w/2$
		$\ell_n/8$
Satu sisi balok	Sekurangnya	$6h$
		$S_w/2$
		$\ell_n/12$

(Sumber : SNI 2847:2019)

Untuk balok -T nonprategang terpisah, dimana sayap T-nya diperlukan untuk menambah luas daerah tekan, harus mempunyai ketebalan sayap tidak kurang atau sama dengan $0,5b_w$ dan lebar efektif sayap tidak lebih atau sama dengan $4b_w$.

5. Tulangan Geser dan Torsi Balok

Tulangan geser menahan gaya geser atau transversal yang bekerja pada ujung balok sehingga dapat menimbulkan retak miring pada balok. Torsi, atau momen putar, adalah momen yang bekerja pada sumbu longitudinal balok atau elemen struktur, yang dapat terjadi karena beban eksentrik yang bekerja pada balok. Menurut SNI 2847:2019 pengaruh torsi atau torsi dapat diabaikan jika torsi faktorial T_u memenuhi syarat persamaan 2.24

$$T_u \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} (\sum x^2 y) ; \text{ dengan } \phi = 0,75 \dots \dots \dots (2.24)$$

$\sum x^2y = x_1^2y_1 + 2 \times 2x_2^2(3x_2)$ untuk balok berpenampang persegi.

Kuat momen torsi yang diberikan balok beton, dapat dihitung dengan Persamaan 2.25

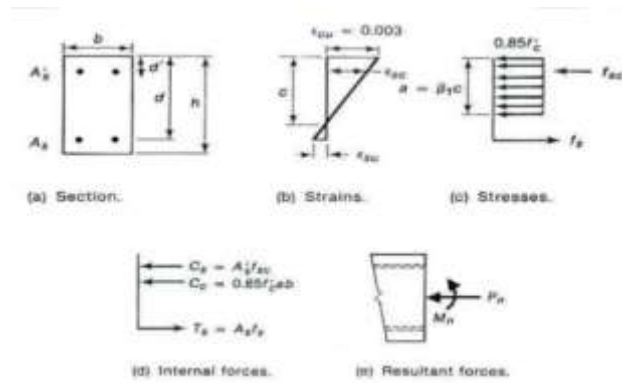
$$T_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{15} \sum x^2y}}{\sqrt{1+(2,5.C_t \frac{T_u}{V_u})^2}} \dots \dots \dots (2.25)$$

Kemampuan maksimum menahan geser pada balok beton dihitung dengan Persamaan 2.26

$$T_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{15} b_w.d}}{\sqrt{1+(2,5.C_t \frac{T_u}{V_u})^2}} \dots \dots \dots (2.26)$$

2.2.18 Kolom

Di dalam gedung, tiang kolom bekerja atas beban balok dan pelat, yang dipindahkan ke alas melalui pondasi. Beban balok dan pelat tersebut merupakan beban tekan aksial dan momen lentur (karena kontinuitas struktur) sehingga dapat didefinisikan, kolom adalah struktur yang memikul beban aksial dengan/tanpa momen lentur. Runtuhnya suatu kolom dapat menyebabkan runtuhnya seluruh superstruktur bangunan (Asroni, 2010). Kolom adalah bagian tekan vertikal dari rangka struktural yang memikul beban balok. Kolom membawa beban dari ketinggian yang lebih tinggi ke ketinggian yang lebih rendah hingga akhirnya mencapai tanah melalui pondasi (Sudarmoko, 1994). Konsep desain kolom pada dasarnya hampir sama dengan desain balok, kecuali beban aksial ditambahkan, kondisi penampang kolom dengan beban tekan dan lentur, tegangan kolom dan kondisi deformasi diilustrasikan misalnya. Diagram tegangan dan regangan pada gambar 2.13 berikut ini :



Sumber : Ansari, 2019

Gambar 2.13 Diagram tegangan dan Regangan kolom

2.2.19 Plat

Plat beton bertulang adalah pelat yang dirancang dengan sistem beton bertulang, arahnya mendatar dan bidang struktur berjalan tegak lurus terhadap beban kerja. Ketebalan lapangan relatif kecil dibandingkan dengan panjang bukaan atau lebar lapangan. Plat beton bertulang sangat kaku dan memiliki orientasi horizontal, sehingga pada bangunan pelat berfungsi sebagai diafragma/pengaku horizontal yang dapat memberikan kontribusi kekakuan yang terdapat pada balok portal (Asroni 2010). Plat adalah elemen struktural yang ketebalannya relatif kecil dibandingkan dengan lebar dan panjangnya. Menurut Sudarmoko, plat (1996) adalah struktur (permukaan) datar yang lurus, (datar atau melengkung) dengan ketebalan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi lainnya. Dimensi plat dapat ditentukan dengan garis lurus atau garis lengkung. Dalam istilah statika, syarat batas dari syarat batas datar bisa bebas, hanya didukung dan diperkuat. Beban statis atau dinamis yang dipikul oleh pelat biasanya tegak lurus terhadap permukaan pelat. Tebal pelat yang relatif kecil dibandingkan celah sangat sedikit sehingga pelat mengalami defleksi atau lendutan yang besar. Karena persyaratan konstruksi dan keselamatan, defleksi yang dihasilkan harus dihindari agar plat lantai dapat berfungsi dan memberikan alas yang nyaman bagi penghuninya. Dalam ilmu konstruksi dan bahan bangunan, berbagai pilihan teknis dapat diterapkan untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan plat lantai, antara lain:

1. Memperkecil bukaan pelat dengan menggunakan balok silang berupa balok utama dan balok bawah. Secara umum, opsi ini banyak digunakan karena lebih mudah dianalisis dan diimplementasikan.
2. Menaikkan ketebalan pelat, namun cara ini tidak disarankan, karena jika ketebalan pelat bertambah akan mempengaruhi berat struktur itu sendiri dan dapat mengakibatkan pemborosan material.
3. Menggunakan struktur kisi, rangka batang sendiri merupakan struktur yang menggunakan balok kisi sebagai alternatif untuk menciptakan kekakuan dan menambah kekuatan pelat lantai, struktur rangka juga biasanya digunakan pada penampang yang besar, ciri utama struktur rangka batang juga kapasitasnya. . untuk mendistribusikan beban secara merata di kedua arah. membutuhkan bentuk atau level yang sangat berbeda.

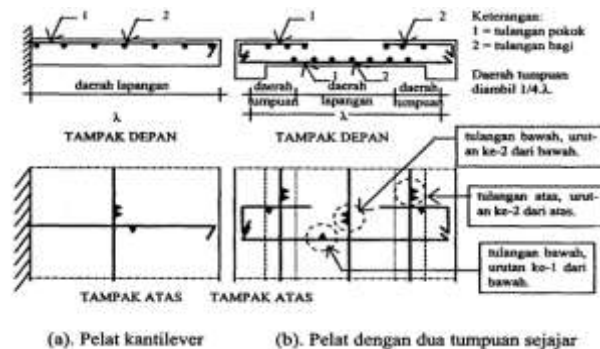
2.2.20 Jenis-Jenis Plat

1. Plat Rusuk

Plat berusuk adalah plat yang ditopang oleh beberapa tulang rusuk dengan jarak teratur dengan ketebalan 50-100 mm. Tinggi rusuk lebih dari 3,5 kali lebar minimum dan lebar minimum 100 mm. Rusuk tersebut ditopang oleh balok panjang yang langsung menopang kolom. Sangat cocok menggunakan sistem pelat rusuk untuk mendesain struktur datar dengan bukaan 6-9 m.

2. Plat Satu Arah (*One Way Slab*)

Plat satu arah adalah plat yang dibengkokkan atau dibengkokkan tegak lurus sisi tumpuan, karena pelat hanya ditumpu pada kedua sisinya, maka pelat mendistribusikan beban ke satu arah yaitu arah tumpuan. Contohnya ditunjukkan pada gambar 2.14 di bawah ini:

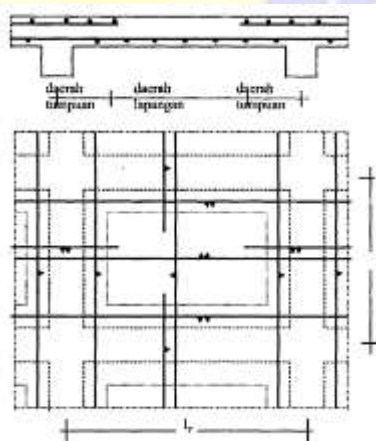


Sumber : Asroni, 2010

Gambar 2.14 Pelat dengan Tulangan Pokok Satu Arah

3. Plat Dua Arah (Two Way Slab)

Plat dua arah adalah plat yang ditopang pada empat sisi sejajar, karena momen lentur bekerja dalam dua arah, yaitu I_x searah akord dan I_y searah akord, tulangan utama juga dipasang dua arah tegak lurus masing-masing. lain (silang), jadi tidak diperlukan penguatan. Karena pelat bidang tumpuan hanya memiliki momen lentur satu arah, tulangan utama dan tulangan masih perlu dipasang di bidang tumpuan (Asroni, 2010) Contoh diberikan pada Gambar 2.15. Plat dua arah adalah plat yang ditopang pada keempat sisinya dan memiliki rasio bentang panjang dan pendek kurang dari 2. Sistem pelat dua arah dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:



Sumber : Asroni, 2010

Gambar 2.15 Pelat dengan Tulangan Pokok Dua Arah

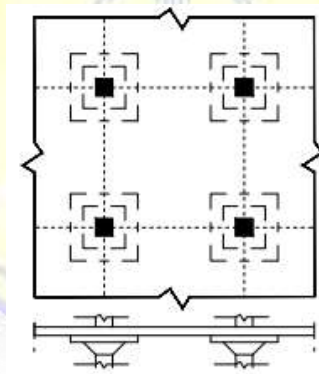
a. Sistem Plat Balok Dua Arah

Pada sistem pelat ini, balok ditopang oleh balok pada keempat sisinya. Beban pelat didistribusikan di antara empat penyangga balok, yang kemudian dipindahkan ke kolom. Balok meningkatkan kekakuan pelat sehingga lendutan yang dihasilkan relatif lebih kecil.

b. Sistem Datar (*Flat Slab*)

Flat slab adalah sistem konstruksi pelat beton dua arah yang tidak memiliki balok penyangga di kedua sisinya. Beban pelat diterapkan langsung ke kolom, yang menyebabkan keruntuhan lubang geser pada kolom, tetapi hal ini dapat diatasi dengan beberapa pilihan, antara lain sebagai berikut.

- 1). Buat ketebalan pelat lokal (drop panel) dan ujung kolom (column capital).
- 2). Ketebalan Panel Kecuali kepala kolom, panel di sekitar kolom harus cukup tebal untuk menahan tegangan tarik diagonal yang disebabkan oleh pukulan geser.
- 3). Penggunaan ujung kolom tanpa ketebalan panel, namun hal ini jarang digunakan. Sistem pelat datar digunakan untuk 6-9 meter, dengan tegangan 4-7 kN/m^2 .



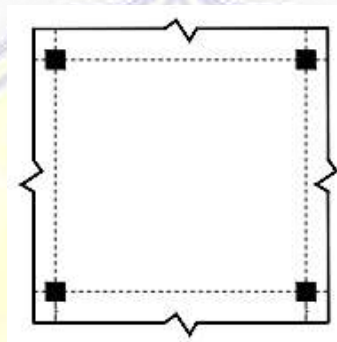
Sumber :Setiawan, 2016

Gambar 2.16 Slab datar

4 Sistem Datar

Sistem plat lantai datar adalah plat lantai yang tidak memiliki garis kolom internal di sepanjang balok, tetapi lantai tersebut mungkin memiliki atau tidak memiliki balok tepi luar (Sudarmoko, 1996). Sistem plat datar adalah sistem

pelat yang diletakkan langsung di atas kolom tanpa menebalkan panel dan ujung kolom. Akibat dari punching shear tersebut, potensi terbesar terjadinya kegagalan struktur terjadi sehingga menimbulkan tegangan diagonal. Untuk menghindari penebalan panel dan ujung kolom, diperlukan ketebalan panel yang lebih besar atau dapat diatasi dengan menambahkan tulangan tambahan di sekeliling kolom. Sistem pelat datar dapat digunakan pada struktur dengan jarak pelat 6 - 7,5 meter dan yang dapat menahan beban hidup 2,5 - 4,5 kN/m^2 .. Berikut ini adalah Gambar 2.17 Plat datar.

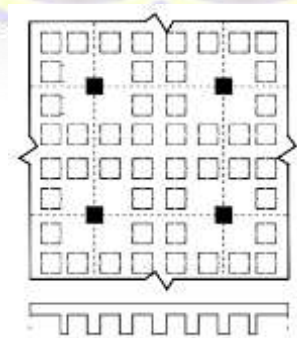


Sumber :Setiawan, 2016

Gambar 2.17 Plat Datar (*Flat plate*)

5. Plat Dua Arah Berusuk

Plat alur dua arah adalah sistem plat dengan ketebalan 50-100 mm dan didukung oleh tulang rusuk dalam dua arah. Jarak antara tulang rusuk adalah 500 - 750 mm. tepi pelat ditopang pada balok, tetapi pelat juga dapat langsung menopang kolom, tetapi pelat di sekitar kolom harus ditebalkan. Berikut ini adalah Gambar 2.18 Plat berusuk dua arah (*waffle*).



Sumber : Setiawan , 2016

Gambar 2.18 Plat rusuk dua arah (*waffle*)

2.2.21 Persyaratan Struktur Plat Lantai

Dalam perancangan bangunan terdapat standar dan peraturan yang menjadi acuan persyaratan, dalam hal ini persyaratan SNI 2847:2019 untuk struktur beton pada bangunan gedung digunakan sebagai acuan. Standar ini juga memuat ketentuan yang menjadi pedoman untuk analisis pelat dan proses desain, terlepas dari metode yang digunakan untuk menganalisis pelat.

1. Tebal Minimum Plat

a. Plat Satu Arah

Berdasarkan SNI 2847:2019, pelat satu arah dapat di desain dengan memberikan batasan perencanaan sebagai berikut :

- 1) Untuk f_y lebih dari 420 Mpa, maka persamaan pada Tabel 2.17 harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.
- 2) Untuk plat nonprategang yang terbuat dari beton ringan dengan W_c berkisar antara 1440 hingga 1840 kg/m^3 , maka persamaan pada tabel 2.13 harus dikalikan dengan nilai terbesar dari (a) dan (b).

Dimana : (a) = $1,65 - 0,0003$

(b) = 1,09

- 3) Untuk plat solid nonprategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh kurang dari batas minimum. Berikut disajikan Tabel 2.19 ketebalan minimum pelat

Tabel 2.19 Ketebalan minimum pelat

Kondisi tumpuan	h Minimum
Tumpuan sederhana	$\ell / 20$
Satu ujung menerus	$\ell / 24$
Kedua ujung menerus	$\ell / 28$
Kantilever	$\ell / 10$

(Sumber : SNI 2847:2019)

- b. Untuk meminimalisir kerusakan akibat lendutan, maka lendutan harus diperkirakan apabila memikul konstruksi yang akan mengalami kerusakan akibat lendutan yang besar, adapun batas lendutan ditentukan dalam Tabel 2. 20 dibawah ini :

Tabel 2.20 Batas Lendutan

Jenis komponen struktur	Kondisi		Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar	Tidak memikul atau tidak disatukan dengan elemen – elemen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar		Lendutan seketika akibat L_r dan R maksimum	$\ell/180$
Lantai			Lendutan seketika akibat L	$\ell/360$
Atap atau lantai	Memikul atau disatukan dengan elemen – elemen nonstruktural	Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan elemen nonstruktural, yaitu jumlah dari lendutan jangka Panjang akibat semua beban tetap dan lendutan seketika akibat penambahan beban <i>hidup</i> ^[2]	$\ell/480$
		Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar		$\ell/240$

(Sumber : SNI 284:2019)

- 4) Ketentuan selimut beton yang sudah diisyaratkan terdapat pada SNI 2847:2019, adapun ketentuannya terdapat pada Tabel 2.21 berikut :

Tabel 2.21 Ketebalan selimut beton

Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan selimut, mm
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	Batang D19 hingga D57	50
		Batang D16, kawat $\emptyset 13$	40

Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan selimut, mm
		atau D13 dan yang lebih kecil	
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utam, Sengkang, Sengkang ikat, spiral dan Sengkang pengegang	40

(Sumber : SNI 2847:2019)

- 5) Persyaratan untuk tulangan susut dan suhu pelat satu arah sudah diisyaratkan pada SNI 2847:2019, adapun ketentuannya terdapat pada Tabel 2.22 berikut ini :

Tabel 2.22 Rasio luas tulangan ulir susut dan suhu minimum

Jenis tulangan	f_y MPa	Rasio tulangan minimum	
Batang ulir	< 420	0,0020	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ 0,0014

(Sumber : SNI 2847:2019)

c. Pelat Dua Arah

Dalam SNI 2847:2019 sebuah *drop panel* pada pelat diperlukan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negative atau untuk memenuhi ketebalan pelat minimum yang sudah diizinkan, ketebalan perlu minimum yang dikurangi, dan jumlah tulangan ulir momen negative pada tumpuan harus memenuhi (a) dan (b)

- 1) *Drop panel* harus menjorok di bawah pelat paling sedikit seperempat tebal pelat bersebelahan.
- 2) *Drop panel* harus diteruskan di setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari sepeenam Panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.
 - a) Tebal minimum pelat

Untuk pelat beton prategang tanpa balok dalam, tebal pelat minimum tidak tergantung pada beban dan modulus elastisitas beton, keduanya sangat mempengaruhi lentur. Ketebalan minimum ini tidak berlaku untuk pelat yang sangat tinggi. Biaya tambahan atau untuk beton dengan modulus elastisitas yang relatif rendah dibandingkan dengan beton biasa. Defleksi dihitung sesuai dengan situasi. Pelat tanpa tegangan tanpa balok internal yang memanjang antara tumpuan pada semua sisi memiliki rasio bentang panjang dan pendek maksimum 2, ketebalan total pelat h tidak boleh kurang dari batas yang diberikan pada Tabel 2.23, dan harus memiliki a) atau b), berikut ini :

- 1) Plat tanpa *drop panel* 125 mm
- 2) Plat dengan *drop panel* 100 mm

Tabel 2.23 ketebalan pelat dua arah tanpa balok interior (mm)

f_y , MPa	Tanpa <i>drop panel</i>			Dengan <i>drop panel</i>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok interior	Dengan balok tepi	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

(Sumber : SNI 2847:2019)

Untuk pelat nonprategang dengan balok membentang di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan pelat keseluruhan h harus memenuhi Batasan pada Tabel 2.24 berikut ini :

Tabel 2.24 ketebalan minimum pelat dua arah

α_{fm}	h minimum, mm	
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1 berlaku	(a)

$0,2 < \alpha_{fm} \leq 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ell_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b)
		125	(c)
$\alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari :	$\frac{\ell_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$	(d)
		90	(e)

(Sumber : SNI 2847:2019)

1. Spasi tulangan geser

tulangan geser yang terdiri dari tulangan atau kawat yang terangkur dengan baik dan satu atau banyak kaki Sengkang, atau Sengkang tertutup dapat meningkatkan tahanan geser punching (punching shear) pelat. dan dipasang secara detail, tulangan geser pelat akan menjadi lebih efektif. maka batas lokasi dan spasi sengkang harus sesuai dengan.

- Untuk pelat nonprategang yang terbuat dari beton ringan dengan W_c berkisar antara 1440 hingga 1840 kg/m³, maka persamaan pada tabel 2. 13 harus dikalikan dengan nilai terbesar dari (a) dan (b).

Dimana: (a) = 1,65 – 0,0003

(b) = 1,09

- Untuk pelat solid nonprategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh kurang dari batas minimum.

2.2.22 Metode Koefisien Momen

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisa lantai, dua diantaranya adalah koefisien momen dan metode desain langsung, metode koefisien momen diterapkan dengan menggunakan nilai-nilai tertentu sebagai koefisien untuk menentukan besarnya momen yang dihasilkan. , momen yang terjadi baik di lapangan maupun di area fokus. Karena diberikan nilai koefisien momen, maka metode koefisien momen ini cukup sederhana dan praktis untuk diterapkan, namun cara ini menjadi tidak efisien bila digunakan pada pelat tarik yang panjang. Persamaan yang digunakan untuk menghitung momen ini dapat dilihat pada Persamaan 2.27 dibawah ini:

$$M = 0,001. q_u. l_x^2 \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana q_u sebagai beban total pada pelat dan l_x sebagai jarak pada bentang terpendek Persamaan perhitungan ketebalan pelat. Untuk nilai x yang merupakan koefisien momemmn dapat diperoleh pata tebal koefisien momen yang terdapat dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971.

2.2.23 Persamaan Perhtitungan Ketebalan Plat Lantai

Pelat lantai dengan menggunakan sistem *waffle slab* terdiri dari pelat dan balok rusuk. Perhitungan ketebalan pelat lantai untuk mengendalikan lendutan yang mungkin terjadi pada struktur *waffle slab*, mengacu pada SNI 2847:2019, dimana tebal *slab* dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.28 berikut ini :

$$\frac{s-b}{12} \leq t \leq 50 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

S = jarak bersih antara rusuk balok *waffle slab* dimana harus lebih kecil dari 750 mm (SNI 2847:2019)

t = Tebal pelat

b = Lebar balok *grid*

2.2.24 Pondasi

Menurut Asroni, 2010, tergantung letak kedalaman tanah bantalan yang digunakan sebagai penopang pondasi, maka pondasi digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Pondasi Dangkal

Diperkirakan kedalaman tanah padat untuk pondasi dangkal mencapai 3 meter di bawah permukaan tanah. Termasuk dalam kursus. Berikut beberapa contoh pondasi dangkal:

a. Pondasi *Staal* atau pondasi lajur

Pondasi baja terbuat dari batu bata atau pasangan bata, dengan kedalaman tanah sampai dengan 1,20 meter di atas permukaan tanah. Jika kedalaman tanah padat mencapai 2 meter, dapat digunakan pondasi baja yang diletakkan di atas tumpukan pasir yang dipadatkan berlapis-lapis dengan jarak ± 20 cm.

b. Pangkal telapak (*foot plate*)

Pondasinya terbuat dari beton bertulang, dengan kedalaman mencapai 2 m dari permukaan tanah.

c. Pondasi piler

Fondasi menara terbuat dari pasangan bata, berbentuk limas terpotong. Pondasi ini biasanya dipasang pada sudut-sudut bangunan dan pada sambungan-sambungan dinding dengan jarak $\pm 2,50 - 3,50$ m, dengan kedalaman tanah padat 2,50 m - 3 m diatas permukaan tanah diatas pondasi piler di pasang balok sloof.

2. Pondasi Sedang

Diperkirakan kedalaman tanah padat untuk pondasi rata-rata mencapai 4 meter di atas permukaan tanah. Fondasi yang sesuai kedalaman ini adalah fondasi sumur. Pondasi lubang terbuat dari pipa beton biasa atau pipa beton bertulang dengan ketebalan dinding 8 cm sampai dengan 12 cm ke dalam tanah, kemudian diisi dengan campuran beton. Pondasi sumuran dipasang pada sudut sudut bangunan seperti pondasi piler.

3. Pondasi Dalam

Kedalaman tanah padat untuk pondasi dalam minimal mencapai 4,50 m di atas permukaan tanah. Pondasi yang cocok untuk kedalaman ini adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang terbuat dari kayu, besi, pipa baja atau beton bertulang, dapat dipancang sampai kedalaman ± 60 m diatas permukaan tanah.

Pada umumnya pondasi yang umum digunakan pada bangunan bertingkat adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang digunakan untuk menopang struktur atau bangunan yang terdapat lapisan tanah padat atau keras yang sangat dalam. Kapasitas beban tiang adalah kemampuan atau kesanggupan tiang dalam memikul beban. Dalam beberapa publikasi digunakan istilah kapasitas beban tiang atau kapasitas beban tiang. Daya dukung tiang pancang dibagi menjadi dua kelompok yaitu daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok.

a. Daya dukung tiang tunggal

Perhitungan beban aksial dan lateral tiang tunggal dapat dihitung sebagai daya dukung aksial berdasarkan uji SPT, Daya dukung aksial sesuai dengan kekuatan material, Daya dukung aksial menurut uji Sondir (Bgemenn), Daya dukung aksial dengan metode dowel, Daya dukung kelompok tiang pancang.

b. Kapasitas beban suatu kelompok

Tiang tidak selalu sama dengan kapasitas beban total masing-masing tiang dalam kelompok tersebut. Hal ini terjadi apabila tiang pancang ditancapkan ke dalam lapisan penyangga yang dapat dikompres atau ke dalam lapisan tanah yang tidak mudah dikompres tetapi di bawahnya terdapat lapisan lunak. Pada kondisi tersebut, kestabilan kelompok tiang bergantung pada dua faktor, Daya dukung tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang untuk menahan beban total struktur. Efek penurunan tanah konsolidasi berada di bawah kelompok tiang. Pondasi harus dirancang agar mampu menahan semua beban rencana dan reaksi yang mungkin timbul dari gaya aksial, geser dengan momen yang dikenakan pada dasar pondasi (Nawy, 1998). Dalam hal terjadi beban eksentrik atau momen eksentrik yang disebabkan oleh kombinasi beban, maka tekanan tanah yang disebabkan oleh kombinasi beban tidak boleh melebihi nilai yang diijinkan. Tegangan tanah yang muncul pada pondasi pondasi dapat dilihat pada Persamaan 2.28 dan Persamaan 2.27.

$$\sigma_{maks} = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6e}{L} \right) + q \dots \dots \dots (2.28)$$

$$\sigma_{maks} = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6e}{L} \right) + q \dots \dots \dots (2.29)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Struktur Gedung

Proyek pembangunan Gedung Covid-19 dan Trauma Center terletak dikawasan Jl. Prabu Rangkasari ,Dasan Cermen,Krc.Sandubaya,Kota Mataram,Nusa Tenggara Barat.Kode Pos.84371(-8.608335665880183, 116.13259769113492).



sumber : google earth,2023

Gambar 3.1 lokasi Gedung Covid-19 RSUP NTB

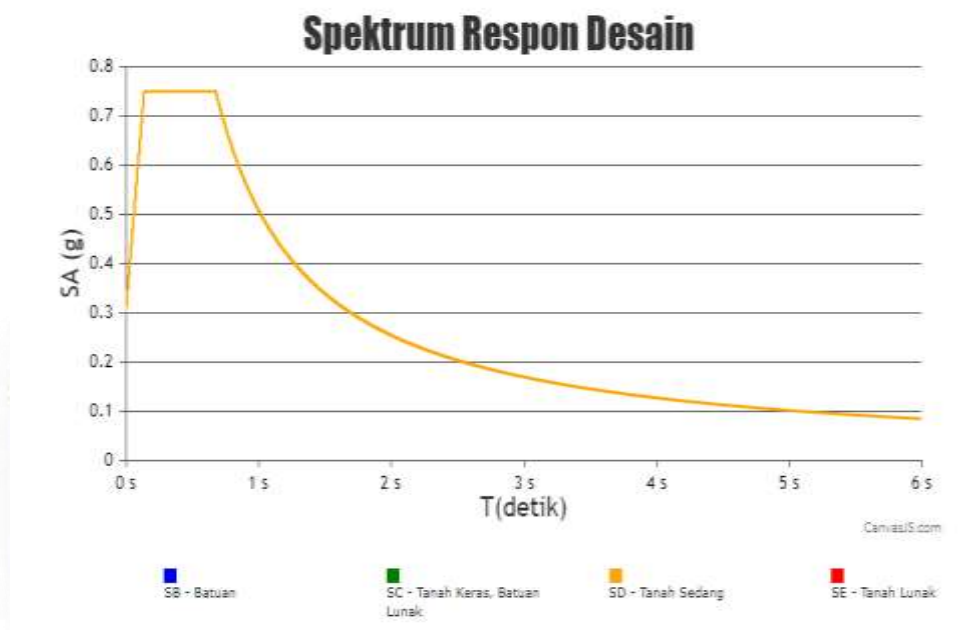
3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data Umum Gedung

1. Nama gedung : Covid-19 dan Trauma Center
2. Fungsi : pelayanan medis
3. Jumlah lantai : 6 lantai
4. Struktur utama : struktur beton bertulang
5. Gambar denah
6. Mutu beton yang digunakan : 25 MPa
7. Mutu baja tulangan polos : 240 MPa

8. Mutu baja tulangan ulir : 400 MPa
9. Bangunan terletak di tanah sedang (SD)
 - a. S_s : 1,0 g
 - b. S_1 : 0,4 g

Adapun gambar Grafik Spektrum Respon Desain yang terlampir dibawah ini :



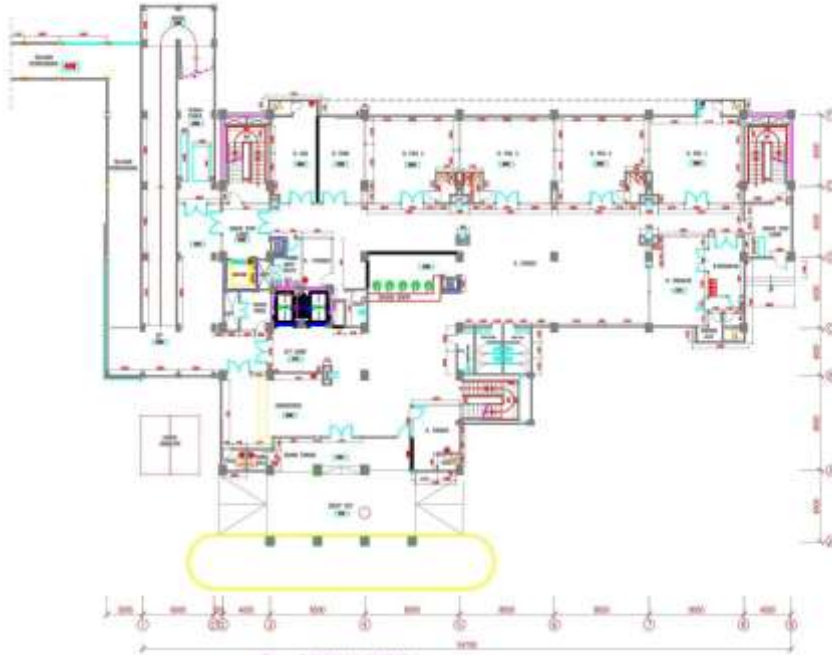
Sumber:

<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.4566&ss=1.0339&s1=0.4042&tl=12&kelas=4&range=6#grafik>

Gambar 3.2 Spektrum Respon Desain

3.2.2 Gambar Kerja

Adapun gambar kerja yang terlampir pada Gedung Covid-19 dan Trauma Center:



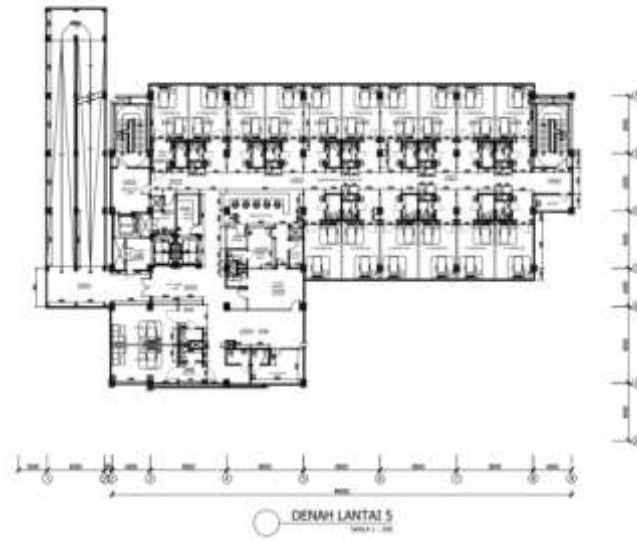
Sumber: pt.damai indah utama

Gambar 3.2 Denah lantai 1-2 Gedung Covid-19 dan Trauma Center



Sumber: pt.damai indah utama

Gambar 3.2 Denah lantai 1-2 Gedung Covid-19 dan Trauma Center



Sumber: pt.damai indah utama

Gambar 3.2 Denah lantai 1-2 Gedung Covid-19 dan Trauma Center



Sumber: <https://rsud.ntbprov.go.id/2020/09/10/gedung-igd-covid-19-dan-trauma-center-rsud-provinsi-ntb-kini-resmi-menerima-pasien/>

Gambar 3.2 Tampak Depan Gedung Covid-19 dan Trauma Center

3.2.3 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada gedung covid-19 dan trauma center RSUP NTB mengacu pada beberapa peraturan berikut:

1. SNI-1726-2019 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)
2. SNI-2847-2019 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)
3. Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG 1983)

3.2.4 Pemodelan dan Analisa Struktur Menggunakan SAP2000 V.14

Pemodelan struktur Gedung Covid-19 Dan Trauma Center RSUP provinsi NTB menggunakan program SAP2000 V.14 yang dilakukan secara 3D dengan menggambar semua elmen struktur berikut:

1. Penggambaran elmen balok grid
2. Penggambaran elmen kolom
3. Pemodelan Pondasi

Proses analisa struktur yang dilakukan pada Gedung Covid-19 Dan Trauma Center RSUP provinsi NTB menggunakan software SAP2000 V.14 dengan tahapan sebagai berikut:

a. Proses Input Data

Pengimputan data untuk perancangan struktur menggunakan program SAP2000 V.14 terdiri dari beberapa tahap yaitu, pemodelan struktur, pembuatan grid lines (geometrik struktur), pendefinisian matrial struktur, perencanaan dimensi elmen struktur , dan analisis struktur.

b. Proses Output Data

Proses output data adalah proses pembuatan tabulasi dari hasil analisis struktur yang dilakukan pada struktur bangunan. dari hasil analisa struktur akan digunakan untuk merencanakan analisa dalam mendesain balok grid majemuk pada bangunan yang aman sesuai standar yang telah ditetapkan. Sebelum merencanakan elmen struktur, terlebih dahulu harus memenuhi hasil dan analisis struktur yang akan di tabulasi. jika belum memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan dalam SNI yang berlaku, maka akan dilakukan analisis ulang.

3.3 Proses Perencanaan

3.3.1 Perencanaan Plat dan Balok Grid Majemuk

Langkah-langkah awal perencanaan pada plat balok grid majemuk yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan tebal plat
2. Menentukan dimensi plat balok
3. Menghitung pembebanan pada plat

1. Menentukan Balok Grid Majemuk

Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan dalam perencanaan balok grid majemuk adalah sebagai berikut :

1. Menghitung dimensi balok
2. Menghitung pembebanan balok merupakan bagian yang begitu penting dalam perencanaan konstruksi bangunan baban mati pada balok berupa beban garis seperti dinding dan partisi diinput. Sedangkan beban mati yang berupa titik seperti beban lift dan reaski tumpuan kuda-kuda dengan cara memeilih elmen balok di software SAP2000 V.14 pada saat penginnputan beban balok.
3. Menghitung statika balok menggunakan software SAP2000 V.14
4. Menghitung penulangan balok grid majemuk

2. Menganalisis Pembebanan Dan Perhitungan Struktur

Menganalisis pembebanan dan Perhitungan struktur dilakukan di program SAP2000 V.14 untuk menganaslisa Struktur Gedung Covid-19 Dan Trauma center meliputi:

- a. Beban mati sendiri elemen struktur (self weight) yang terdiri dari kolom, balok dan plat sudah dihitung secara otomatis dalam SAP2000 V.14 dengan memberikan faktor pengali berat sendiri (self weight multiplier) sama dengan 1, sedangkan beban mati elemen tambahan yang terdiri dari dinding, keramik, plesteran, plumbing, dll (super imposed dead load) diberikan faktor pengali sama dengan 0, karena beban tersebut diinput secara manual dengan SAP2000 V.14. Beban mati elemen tambahan sebaiknya dibuatkan Load Case tersendiri, misal Dead untuk beban mati tambahan dan sw untuk beban mati sendiri (self weight). Hal ini untuk menghindari kerancuan antara beban mati tambahan dengan berat sendiri, dan untuk memisahkan massa bangunan tambahan dengan massa bangunan itu sendiri.

- c. Beban hidup adalah beban yang berkerja pada lantai bangunan tergantung dari tata fungsi ruang suatu bangunan yang digunakan. Besarnya beban hidup lantai bangunan menurut tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung. Distribusi beban hidup pada plat lantai dilakukan dengan cara memilih elmen plat pada software SAP2000 V.14.
- c. Analisis beban gempa dilakukan dengan 2 cara yaitu static ekivalen dan dinamik respon spectrum. Hasil analisis dari kedua perhitungan gempa tersebut diambil yang menghasilkan gaya dalam yang paling besar dari hasil analisa perhitungan struktur di software SAP2000 V.14.

3. Perencanaan Balok

Langkah –langkah yang dilakukan dalam perencanaan balok adalah sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi balok
2. Menghitung pembebanan balok merupakan bagian yang begitu penting dalam perencanaan kontruksi bangunan baban mati pada balok berupa beban garis seperti dinding dan partisi diinput. Sedangkan beban mati yang berupa titik seperti beban lift dan reaski tumpuan kuda-kuda dengan cara memeilih elmen balok di software SAP2000 V.14 pada saat penginnputan beban balok.
3. Menghitung statika kolom menggunakan software SAP2000 V.14
4. Menghitung penulangan balok

4. Perencanaan Kolom

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perencannan kolom adalah sebagai berikut:

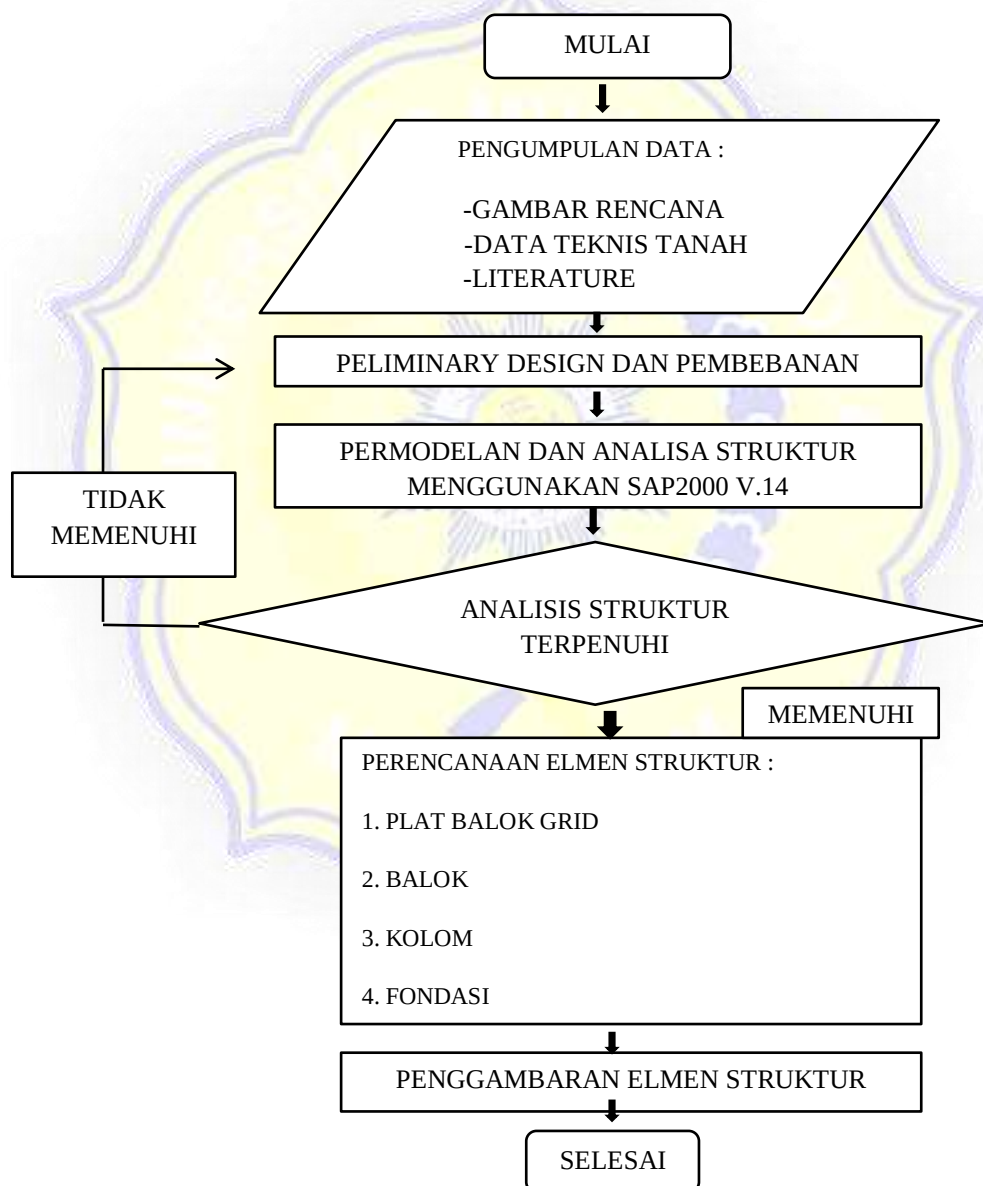
1. Menentukan dimensi kolom
2. Menghitung pembebanan kolom
3. Menghitung statika kolom menggunakan SAP2000 V.14
4. Menghtiung penulangan kolom

5. Perencanaan Pondasi

Langkah –langkah yang perencanaan pondasi yang direncanakan menggunakan pile cap adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa karakteristik tanah
2. Menghitung pembebanan untuk menentukan daya dukung tanah
3. Menentukan dimensi tiang borepile
4. Menghitung daya dukung individual tiang borepile
5. Menentukan jarak antar tiang dan jumlah tiang borepile
6. Menghitung daya dukung kelompok tiang bore pile
7. Merencanakan tulangan kepala tiang atau pilecap

3.4 Bagan Alir Perencanaan Gedung



Gambar 3.4 Bagan Alir Perencanaan Gedung