

**SKRIPSI**

**STUDI PERANCANGAN BETON BERTULANG PADA GEDUNG COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT CENDAWAN**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi**

**Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Mataram**



**Disusun Oleh:**

**DAE SAPITRI**

**2019D1B003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADYAH MATARAM**

**2023**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI

“STUDI PERANCANGAN BETON BERTULANG PADA GEDUNG  
COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT  
CENDAWAN”

Disusun Oleh:

Dae Sapitri  
2019D1B003

Mataram, 12 Juni 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

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

  
Aulia Muttakin, ST., M.Eng  
NIDN: 0802068401

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

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

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI**

**“STUDI PERANCANGAN BETON BERTULANG PADA GEDUNG  
COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT  
CENDAWAN”**

*Yang Diperiapkan dan Disusun Oleh:*

**DAE SAPITRI**  
**2019D1B003**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada hari Kamis, 22 Juni 2023  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

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

2. Penguji II : Aulia Muttaqin, ST., M.Eng

3. Penguji III : Hafiz Hamdani, ST., MT

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**Dekan**

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

**NIDN.0806027101**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

**“STUDI PERANCANGAN BETON BERTULANG PADA GEDUNG COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT CEDAWAN”**

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti di kemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya akan bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, 06 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan



**DAE SAPITRI**  
**2019D1B003**



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](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME

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

Nama : DAE SAPITRI  
NIM : 201901B003  
Tempat/Tgl Lahir : LEKOK UTARA, 07 NOVEMBER 2000  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp : 087 896 783 440  
Email : daesaFitri@gmail.com

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

STUDI PERANCANGAN BETON BERTULANG PADA GEDUNG COVID-19  
RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT CENDAWAN

*Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 493*

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, ..... 05 Juli ..... 2023

Penulis



DAE SAPITRI  
NIM. 201901B003

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

\*pilih salah satu yang sesuai



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

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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : DAE SAPITRI  
NIM : 2019D1B003  
Tempat/Tgl Lahir : LEKOK UTARA, 07 NOVEMBER 2000  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp/Email : 087 896 783 440  
Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI  Tesis

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

STUDI PERANCANGAN BETON BERTULANG PADA GEDUNG  
COVID-19 RSUP NTB DENGAN MENGGUNAKAN PELAT  
CENDAWAN

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, ..... 05 Juli ..... 2023  
Penulis



DAE SAPITRI  
NIM. 2019D1B003

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

## MOTTO

*“Barang siapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan mempermudah jalan menuju surga.”*

(HR. Muslim)

*“Jangan menyerah karena keadaan, tapi berjuanglah untuk merubah keadaan.”*

~ Tere Liye ~

*“Kemauan yang sederhana akan menjadi mustahil jika berdiam diri, tetapi setinggi apapun kemauan akan menjadi mudah jika berani berusaha “*

-Dae inges-



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah swt, atas segala berkat karunia-Nya, sehingga penyusun Tugas Akhir dengan judul **“Studi Perancangan Beton Bertulang pada Gedung COVID-19 RSUP NTB dengan Menggunakan Pelat Cendawan“** dapat terselesaikan tepat waktu. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akadmis yang wajib dibuat untuk menyelesaikan program S-1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan karna bantuan dari beberapa pihak baik moral maupun material. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulus- tulusnya kepada:

1. Drs.Abdul Wahab, MA Selaku Rektor UMMAT
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc. selaku Dekan Fakutlas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT selaku Ketua prodi Dekan Fakutlas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr.Eng. Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng) selaku dosen pembimbing I
5. Aulia Muttaqin, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing II
6. Seluruh staf dan pegawai sekertariat Dekan Fakutlas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
7. Terimakasih kepada kedua orang tua saya ibu,ibu,ibu (Nursyariah) bapak (Mashurin) yang selalu memberikan dukungan moral dan material dan menjadi alasan semangat dan pantang menyerah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
8. Kepada sahabat saya Diaz, Bini, April, Lestari, Hani, Tyara, Cita dan rekan - rekan yang tidak bisa saya sebutkan satu satu persatu yang sudah memberikan bantuannya, dukungan, semangat dan motivasi sejauh ini.

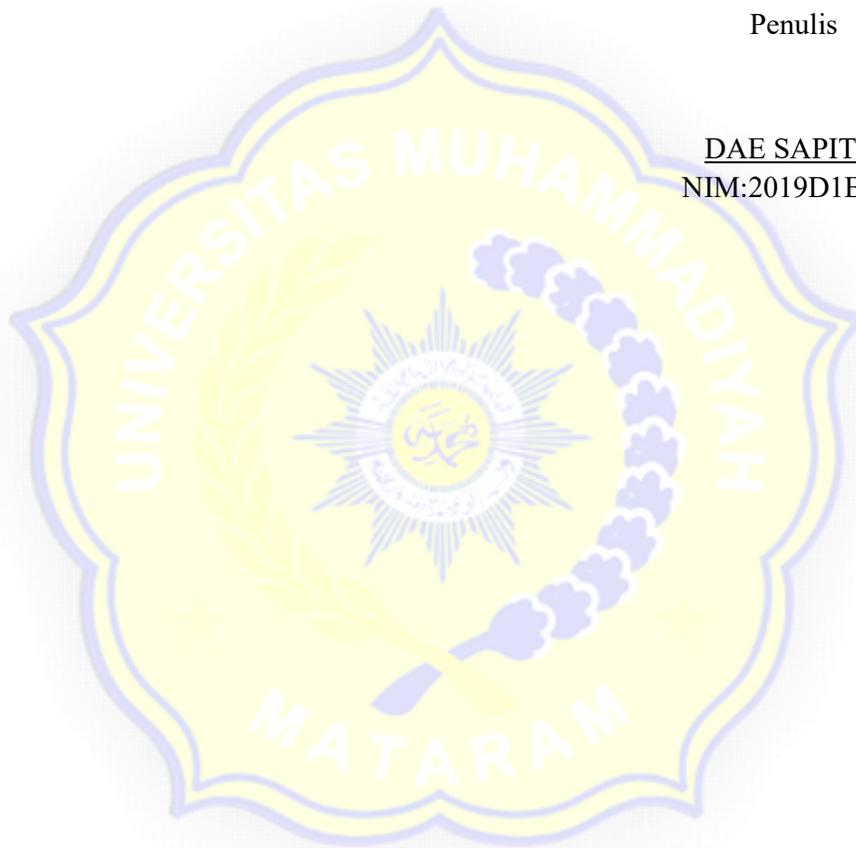
Meskipun penulis berharap isi dari Tugas Akhir ini ini bebas dari kekurangan dan kesalahan, namun akan selalu ada yang kurang dan jauh dari kata

kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun agar tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik. Ucapan terimakasih yang tak terhingga di sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap agar tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Mataram, juni 2023

Penulis

DAE SAPITRI  
NIM:2019D1B003



## ABSTRAK

Tujuan *redesain* ini untuk mempelajari penerapan pelat cendawan pada bangunan gedung dimataram. Pelat cendawan atau biasa dikenal dengan *flat slab* merupakan salah satu metode konstruksi pelat, yang mana sistem bangunan tanpa balok dengan memiliki kekuatan geser yang cukup, pelat cendawan mempunyai *drop panel* yang mana *drop panel* ini bertujuan sebagai pengganti balok dengan penambahan plat di bagian kolom berfungsi untuk menahan gaya geser dan mengurangi keruntuhan pons yang biasanya terjadi di daerah tersebut, penggunaan pelat cendawan lebih efisien karna mempermudah dalam proses pelaksanaan pekerjaan gedung serta lebih estetik saat dilihat.

Dalam perencanaan ini di gunakan gedung COVID-19 RSUP NTB tanpa mengubah denah awal secara signifikan, dengan menggunakan sistem pelat cendawan. struktur gedung hanya menggunakan balok tepi tanpa adanya balok interior dan penambahan *drop panel* pada kepala kolom, elevasi setiap ruangan menjadi lebih tinggi untuk itu gedung ini dapat berfungsi dengan baik sebagai gedung rumah sakit. Dalam membantu pemodelan struktur dan memunculkan gaya – gaya dalam untuk menentukan jumlah penulangan maka di gunakan *software* SAP v.22. Dengan kuat tekan beton, ( $f'c$ ) 25 MPa, menggunakan baja tulangan polos BJTP 24 dengan tegangn leleh ( $f_y$ ) 240 MPa. Dan baja tulangan deform BJTD 40 dengan regangan leleh ( $f_y$ ) 400 MPa.

Berdasarkan hasil analisa yang di dapatkan tebal pelat 220 mm dengan penulangan di arah xy lajur tengah di tumpuan dan lapangan D22-440 dan lajur kolom pada lapangan D22-300 pada tumpuan D22-160, tebal *drop panel* 100 mm dengan Panjang 3m dan lebar 3m, dimensi kolom yang di gunakan untuk perencanaan yaitu  $0,6m \times 0,8m$  dengan tulangan utama D22 dan tulangan Sengkang D10, pada balok tepi dengan lebar 350 mm dan tinggi 700 mm, dengan diameter tulangan utama D22 dan diameter tulangan Sengkang D10, Pondasi yang menggunakan *pile cap* berdimensi  $5,5 \times 5,5 \times 1,2$  m. dengan *bore pile* berdiameter 0,5 m berjumlah maksimum 16 buah tiang per kolom di bor sampai kedalaman 24 m dan tanah keras di kedalaman 12 m.

**Kata kunci** : Gedung RSUP NTB, Pelat cendawan, *Drop panel*, Penulangan

## ABSTRACT

*This redesign aims to investigate the use of mushroom slabs in Mataram's building structures. A mushroom slab, also known as a flat slab, is a form of construction in which the building system is designed without beams but with adequate shear strength. The mushroom slab contains drop panels that serve as beam substitutes by adding plates to the column region to resist shear forces and reduce the typical piercing shear failure in that region. Mushroom slabs are more efficient because they facilitate the building process and have a more aesthetically pleasing appearance. Using the mushroom slab system, the RSUP NTB COVID-19 building is incorporated into this design without significantly altering the original layout. The structure of the building consists solely of perimeter beams, with no interior beams and column-head drop panels. Each room's height is raised to guarantee the building's functionality as a hospital. Using SAP v.22, the structural modelling and analysis and the determination of reinforcement quantities are performed. Using ordinary reinforcement bars (BJTP) with a yield strength ( $f_y$ ) of 240 MPa and deformed reinforcement bars (BJTD) with a yield strength ( $f_y$ ) of 400 MPa, the concrete compressive strength ( $f'_c$ ) is 25 MPa. Based on the analysis, the slab thickness is determined to be 220 mm, reinforced in the xy direction with a middle strip at the supports and D22-440 mesh in the field, while the column strip is reinforced with D22-300 mesh at D22-160. The drop panel has a thickness of 100 mm, with a length and width of 3m. The column dimensions used in the design are 0.6m × 0.8m, with main reinforcement using D22 bars and shear reinforcement using D10 bars. The edge beam has a width of 350 mm and a height of 700 mm, with main reinforcement using D22 bars and shear reinforcement using D10 bars. The foundation utilizes a pile cap of 5.5 × 5.5 × 1.2 m, with a maximum of 16 bore piles per column, a diameter of 0.5 m and a depth of 24 m, reaching hard soil at 12 m.*

**Keywords:** *RSUP NTB Building, Mushroom Slab, Drop Panel, Reinforcement.*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PELAGIARISME.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	v
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
MOTTO .....	vii
PRAKATA .....	viii
ABSTRAK .....	x
ABSTRAC.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR NOTASI.....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Perencanaan .....	2
1.4 Manfaat Perencanaan.....	2
1.5 Batas Permasalahan .....	2
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Landasan Teori .....	4
2.1.1 Klasifikasi Pelat.....	4
2.1.2 Struktur Pelat Cendawan ( <i>Flat Slab</i> ).....	5
2.1.3 Keunggulan ( <i>Flat Slab</i> ) .....	6
2.1.4 Analisa Pelat Cendawan ( <i>Flat Slab</i> ) .....	6
2.1.5 Kolom.....	6

2.1.6 Hubungan Pelat dan Kolom .....	7
2.1.7 Struktur Pelat Cendawan ( <i>Flat Slab</i> ) dengan <i>Drop panel</i> .....	8
2.2 Teori Pembebanan .....	8
2.3 Arah Pembebanan .....	25
2.4 Kombinasi Pembebanan .....	27
2.5 Simpang Antar Lantai Tingkat Ijin .....	27
2.6 Faktor Reduksi .....	28
2.7 Dasar-Dasar Perencanaan Beron Bertulang.....	29
2.7.1 Asumsi Beton Bertulang .....	29
2.7.2 Fungsi Utama Beton Bertulang .....	30
2.8 Pelat Lantai .....	30
2.8.1 Persyaratan Struktural Pelat Lantai .....	33
2.8.2 Tebal Pelat Minimum.....	33
2.8.3 Tulangan Pelat.....	38
2.8.4 Jalur Kolom dan Jalur Tengah.....	39
2.9 Balok.....	41
2.9.1 Penulangan Lentur Balok .....	42
2.9.2 Momen Nominal dan Rencana Balok .....	43
2.9.3 Konstruksi pada Balok T .....	43
2.9.4 Penulangan Geser dan Torsi pada Balok.....	44
2.10 Kolom .....	44
2.10.1 Asumsi Dalam Perencanaan .....	45
2.10.2 Batas Tulangan Komponen Struktural.....	46
2.10.3 Panjang Tekuk Kolom .....	46
2.10.4 Kolom Panjang dan Kolom Pendek .....	48
2.10.5 Kekuatan Kolom Pendek dengan Beban Sentisitas .....	48
2.10.6 Kondisi Tarik Menentukan .....	49
2.10.7 Kondisi Keruntuhan Balanced .....	49
2.10.8 Kondisi Tekan Menentukan .....	49
2.10.9 Penulangan Geser Kolom.....	49
2.11 Shear Wall.....	51

2.12 Pondasi.....	51
2.12.1 Tiang Pancang.....	52
2.12.2 Macam-Macam Tiang Pancang .....	53
2.12.3 Kapasitas Statistik Pancang Tunggal.....	54
2.13 Kapasitas Geser.....	57

### **BAB III METODE PERENCANAAN**

3.1 Lokasi .....	59
3.2 Pengumpulan Data .....	59
3.2.1 Data Umum Gedung.....	59
3.2.2 Data Perencanaan Gedung.....	59
3.2.3 Peraturan Perencanaan.....	60
3.2.4 Proses Perencanaan .....	60
3.2.5 Proses Input Data .....	61
3.2.6 Proses Output Data .....	61
3.3 Bagan Alir Perencanaan Struktur Gedung.....	62

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Umum .....	63
4.2 Disain pelat .....	63
4.2.1 Desain Pelat .....	63
4.2.2 Desain <i>Drop panel</i> .....	65
4.2.3 Lebar <i>Drop panel</i> .....	65
4.2.4 Tebal <i>Drop panel</i> .....	65
4.2.5 Balok Tepi.....	66
4.2.6 Kolom .....	66
4.2.7 pembebanan .....	67
4.2.7.1 Beban Mati (DL).....	67
4.2.7.2 Beban Hidup (LL).....	69
4.2.7.3 Beban Gempa (E).....	69
4.3 Perencanaan Struktur .....	79
4.4 Perhitungan .....	81

4.4.1 Penulangan Arah y .....	89
4.4.2 Penulangan Arah x .....	94
4.4.3 Penulangan <i>Drop panel</i> .....	98
4.4.4 Penulangan Blok Tepi.....	101
4.4.5 Penulangan Kolom.....	112
4.5 Pondasi.....	126
4.5.1 Daya Dukung Pondas.....	127
4.5.2 Penulangan <i>Bore Pile</i> .....	146

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	153
5.2 Saran .....	154

**DAFTAR PUSTAKA .....**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat sendiri bahan bangunan.....	9
Tabel 2.2 Berat sendiri komponen gedung .....	10
Tabel 2.3 Beban hidup merata dan terpusat.....	11
Tabel 2.4 Kategori resiko beban gempa.....	19
Tabel 2.5 Faktor keutamaan gempa .....	20
Tabel 2.6 Klasifikasi situs .....	21
Tabel 2.7 Koefisien situs, $F_a$ .....	22
Tabel 2.8 Koefisien situs, $F_v$ .....	22
Tabel 2.9 Katogeri desain sesmik periode pendek.....	25
Tabel 2.10 Kategori desain sesmik periode 1 detik .....	25
Tabel 2.11 Simpang antar lantai ijin .....	28
Tabel 2.12 Faktor reduksi kekuatan .....	28
Tabel 2.13 Nilai, $\beta_1$ .....	29
Tabel 2.14 Ketebalan minimum.....	33
Tabel 2.15 Perhitungan lendutan izin maksimum.....	34
Tabel 2.16 Ketebalan selimut beton.....	34
Tabel 2.17 Ketebalan pelat dua arah tanpa balok interior(mm) <sup>[1]</sup> .....	37
Tabel 2.18 Pelat minimum dua arah dengan balok diantara tumpuan .....	37
Tabel 2.19 Bagian Momen negatif interior lajur kolom .....	41
Tabel 2.20 Bagian momen negative eksterior lajur kolom .....	41
Tabel 2.21 Bagian momen positif interior lajur kolom .....	41
Tabel 2.22 Persyaratan spasi maksimum tulangan geser .....	50
Tabel 4.1 Nilai Parameter priode pendekatan $C_t$ dan X .....	72

Tabel 4.2 Distribusi beban gempa ( $f_i$ ).....	75
Tabel 4.3 Harga-harga $\alpha_{min}$ yang disyaratkan untuk $\delta_s = 1,0$ .....	83
Tabel 4.4 Distribusi momen arah memanjang .....	84
Tabel 4.5 presentase momen.....	85
Tabel 4.6 Perentasi momen pada portal A jalur kolom dan jalur tengah.....	87
Tabel 4.7 Perentasi momen pada portal B jalur kolom dan jalur tengah .....	87
Tabel 4.8 Perentasi momen pada portal C jalur kolom dan jalur tengah .....	87
Tabel 4. 9 Perentasi momen pada portal D jalur kolom dan jalur tengah.....	88
Tabel 4.10 Nilai $K_{maks}$ .....	89
Tabel 4.11 Perhitungan sudut gesek ( $\phi'$ ) .....	129
Tabel 4.12 Perhitungan $K_d \cdot T_g \delta$ tiap lapis .....	129
Tabel 4.13 perhitungan tahanan gesek tiang.....	130
Tabel 4.14 Susunan tiang pancang .....	132

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur pelat cendawan .....	5
Gambar 2.2 Penampang keritis .....	7
Gambar 2.3 Penampang kritis kolom.....	8
Gamabr 2.4 Spektrum respons desain.....	24
Gambar 2.5 Sistem pelat dan balok .....	35
Gambar 2.6 Sistem flat slab .....	32
Gambar 2.7 Sistem pelat datar .....	32
Gambar 2.8 Siatem pelat berususk (waffle).....	33
Gambar 2.9 Persyaratan ketebalan <i>drop panel</i> .....	39
Gambar 2.10 Dimensi kepala kolom <i>drop panel</i> .....	37
Gambar 2.11 Definisi jalur kolom dan jalur tengah.....	40
Gambar 2.12 Distribusi Regangan Tegangan pada Balok Tulangan .....	42
Gambar 2.13 Bagian Tekan Balok T.....	43
Gambar 2.14 Penampang kolom diagram regangan dan tegangan .....	46
Gambar 2.15 Jenis Dinding Geser .....	51
Gambar 2.16 konfigurasi tiang pancang dalam satuan tanah .....	55
Gambar 2.17 Ilustrasi kapaitas tiang pancang.....	56
Gambar 2.18 Geser dua arah pada fondasi.....	58
Gambar 3.1 Lokasi Gedung Covid-19 RSUP NTB .....	59
Gambar 3.2 Bagan alir perencanaan gedung.....	62
Gambar 4.1 Tipe Pelat.....	64
Gambar 4.2 <i>Drop panel</i> .....	66
Gambar 4.3 Potongan Tangga.....	68

Gambar 4.4 Grafik Spektrum Respon Desain.....	71
Gambar 4.5 Portal arah X.....	75
Gambar 4.6 portal arah Y.....	76
Gambar 4.7 beban mati arah X .....	76
Gambar 4.9 beban hidup arah X .....	77
Gambar 4.8 beban mati arah Y .....	77
Gambar 4.10 beban hidup arah Y .....	78
Gambar 4.10 beban hidup arah Y .....	78
Gambar 4.11 beban gempa arah X.....	79
Gambar 4.12 portal kaku perencana pelat cendawan.....	81
Gambar 4.13 jalur kolom dan jalur tengah arah y.....	86
Gambar 4.14 jalur kolom dan jalur tengah arah x.....	86
Gambar 4.15 hasil uji 2 titik sondir.....	126
Gambar 4.16 Nilai SPT.....	127
Gambar 4.17 Jumlah tiang pancang yang digunakan.....	132
Gambar 4.18 tinjauan geser arah x.....	134
Gambar 4.19 tinjauan geser arah y.....	136
Gambar 4. 20 gaya geser pons dua arah .....	139
Gambar 4.21 tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah x .....	141
Gambar 4.22 tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah y .....	144

## DAFTAR NOTASI

$L_r$	=	Beban hidup yang telah di reduksi, $\text{kN/m}^2$
$l$	=	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, $\text{kN.m}$
$M_n$	=	Momen nominal penampang, $\text{kN.m}$
$M_{nc}$	=	Momen nominal penampang dengan kondisi tekan, $\text{kN.m}$
$M_{ns}$	=	Momen nominal penampang dengan kondisi tarik, $\text{kN.m}$
$M_r$	=	Momen nominal penampang tereduksi, $\text{kN.m}$
$N_c$	=	Faktor daya dukung dari grafik <i>Skempton</i>
$n$	=	Jumlah tiang pancang
$P_b$	=	Tekanan <i>overburden</i> ujung tiang, $\text{kN/m}^2$
$P_n$	=	Kuat aksial nominal penampang, kN
$p$	=	Nilai konus dari hasil sondir, $\text{kg/cm}^2$
$p_{cp}$	=	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, $\text{kN/m}^2$
$r$	=	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, $\text{kN.m}$
$V_c$	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, kN
$y$	=	Lebar kelompok tiang pancang, cm
$\alpha_f$	=	Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat
$\alpha_{fm}$	=	Nilai rata-rata $\alpha_f$ untuk semua balok pada tepi panel

$\beta$	=	Rasio dimensi panjang terhadap pendek dari dua sisi pelat
$\beta_l$	=	Faktor yang dipengaruhi kuat tekan beto
$\rho$	=	Rasio tulangan aktual
$\rho_b$	=	Rasio tulangan penampang kondisi <i>balance</i>
$\rho_{max}$	=	Rasio tulangan maksimum yang diijinkan
$\Delta$	=	defleksi, mm
$\rho_{min}$	=	Rasio tulangan minimum yang diijinkan
$\lambda$	=	faktor modifikasi
$\phi$	=	Faktor reduksi kekuatan
$\Psi$	=	Faktor kekangan ujung



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Lombok merupakan salah satu daerah yang terdampak Covid-19. Kasus Covid-19 di Lombok bertambah menjadi 393. Kondisi tersebut membuat Lombok masuk dalam zona merah penyebaran virus Covid-19. Saat itu, hampir 400 orang diisolasi di semua tempat di Lombok.

Gedung Layanan Covid-19 dan Trauma Center dibangun berdasarkan kebutuhan rumah sakit dan masyarakat NTB. Jumlah pasien Covid-19 terus meningkat, namun tidak ada ketersediaan ruang yang cukup untuk perawatan isolasi, baik dari segi kuantitas maupun kualitas untuk perawatan, yang terletak di sebelah IDG yang ada. Gedung ini awalnya memiliki 2 lantai, dan dalam pengembangannya menjadi 6 lantai. Selain untuk penanganan Covid-19, juga untuk mendukung event Moto GP di Mandalika dari segi kesehatan.

Pada perencanaan ulang Gedung COVID-19 RSUP NTB direncanakan menggunakan pelat cendawan. Pelat cendawan atau bisa di sebut flat slab yaitu pelat tanpa balok dengan memiliki kekuatan geser yang cukup, pelat cendawan mempunyai drop panel yang mana drop panel ini bertujuan sebagai pengganti balok dengan penambahan plat di bagian kolom berfungsi untuk menahan gaya geser dan mengurangi keruntuhan pons yang biasanya terjadi di bagian sambungan plat dan kolom.

Pemakaian pelat cendawan ini merupakan metode konstruksi sederhana dan tidak rumit. Dalam tugas akhir ini di coba merencanakan ulang Rumah sakit Covid-19 RSUP dengan ketinggian 6 lantai. Dimana gedung Covid-19 RSUP merupakan bangunan tingkat tinggi yang dibangun menggunakan beton bertulang. Yang terdiri dari pelat, balok, kolom dan pondasi.

Penggunaan pelat cendawan memiliki nilai ekonmis dan efisien dengan waktu pengerjaan pelat cendawan ini relative cepat karna bagian tanpa baloknya membuat pekerjaan pengecoran lebih mudah. Pada pelat biasanya pengecoran balok di lakukan terlebih dahulu tetapi untuk penggunaan pelat cendawan ini bisa di lakukan langsung serta pelat cendawan ini

mempermudah dalam pemasangan MEP (Mekanikal Elektikal Plumbing). Serta lebih indah jika dilihat dari segi estetika.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pemaparan di atas maka rumusan masalah dalam perencanaan struktur Gedung Covid -19 RSUP NTB sebagai berikut:

1. Bagaimana tahapan dalam merencanakan struktur Gedung Covid-19 RSUP NTB menggunakan pelat cendawan (*flat slab*)?
2. Apakah Gedung Covid-19 RSUP NTB aman menggunakan pelat cendawan (*flat slab*)?

### **1.3 Maksud dan Tujuan Perencanaan**

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Untuk mengetahui cara merencanakan bangunan struktur gedung dengan menggunakan pelat cendawan (*flat slab*).
2. Dapat mengkaji apakah struktur Gedung Covid-19 RSUP NTB aman menggunakan pelat cendawan (*flat slab*).

### **1.4 Manfaat Perencanaan**

Manfaat dari perencanaan gedung ini sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan tentang perencanaan gedung menggunakan pelat cendawan (*flat slab*).
2. Dari hasil perencanaan ini dapat di jadikan acuan untuk perencanaan penggunaan pelat cendawan (*flat slab*).

### **1.5 Batas Permasalahan**

Dari rumusan masalah yang di sampaikan di atas, maka ada batas-batas dalam skripsi ini yang akan di bahas sebagai berikut:

1. Pembebanan di hitung menggunakan SNI 1727-2020, perencanaan struktur beton menggunakan SNI 2847-2019, dan untuk menganalisa pengaruh gempa menggunakan SNI 1726-2019.
2. Perencanaan struktur gedung Covid-19 RSUP NTB meliputi pondasi, pelat, balok tepi dan kolom.
3. Dalam perencanaan ini tidak menghitung sambungan.
4. Perencanaan pelat menggunakan pelat Cendawan (*flat slab*).

5. Perencanaan tidak termasuk instalasi mekanikal elektrikal dan plumbing (MEP).
6. Perencanaan ini tidak mengkaji Rencana Anggaran Biaya (RAB), asitektur, dan manajemen konstruksi.
7. Pemodelan menggunakan aplikasi SAP2000 V.22.



## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Pelat adalah struktur atau permukaan datar yang lurus, datar, dan melengkung, dengan ketebalan yang jauh lebih kecil daripada dimensi lainnya. Dimensinya dapat dibatasi oleh garis lurus atau garis lengkung (Sudarmoko, 1995).

Pelat lantai adalah bagian paling utama dari sebuah bangunan tidak hanya pada bangunan pelat lantai juga pada jembatan. Pelat lantai untuk bangunan gedung biasanya di gunakan beton bertulang. Dengan menggunakan beton bertulang maka sifat pada pelat lantai kaku yang memiliki fungsi untuk mendukung ketahanan balok serta memiliki sifat menyebar pada beban yang terjadi

Pelat beton bertulang memiliki struktur yang tipis terbuat dari benton bertulang dengan arah bidang yang horizontal, serta beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur. ketebalan plat sangat relative kecil jika di bandingkan dengan panjang atau lebar bentang dari bidangnya. plat dari beton bertulang memiliki sifat tingkat kekakuan sangat tinggi dengan arah horizontal, dalam pembuatan bangunan gedung pelat memiliki fungsi sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal (Ali Asroni, 2010).

##### **2.1.1 Klasifikasi pelat**

Klasifikasi Jenis sistem pada pelat terdiri dari 2 yaitu :

1. Slab satu arah (*one way slab*)

*One way slab* merupakan slab yang didukung oleh balok berlawanan yang memiliki dua sisi sebagai penahan beban sepanjang satu arah. Rasio bentang dari bagian lebih panjang ke pendek sama dengan atau lebih besar dari 2, di katakana slab satu arah dikarenakan slab menekuk dalam satu arah dari rentang panjang ke lebih pendek. Adapun contoh dari one way slab ini yaitu pelat cantilever merupakan satu arah, balkon dan teras.

## 2. Slab dua arah (*Two way slab*)

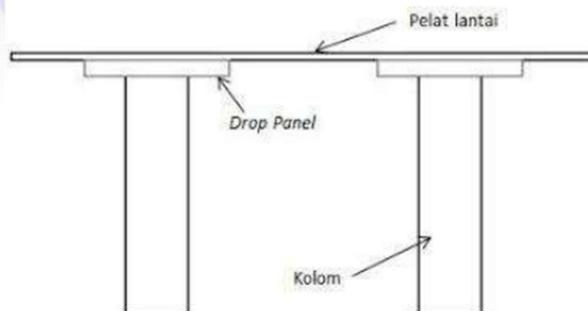
*Two way slab* merupakan slab yang di tahan oleh balok dari keempat sisi serta beban dipukul oleh penopang dua arah. Rasio bentangnya lebih panjang dengan bentangnya lebih pendek yaitu kurang dari 2. Adapun jenis pelat dua arah yang dapat di ketahui adalah:

- a. Pelat lantai dengan balok balok
- b. Pelat lantai cendawan
- c. Pelat lantai dasar

### 2.1.2 Struktur pelat cendawan (*flat slab*)

*Flat slab* merupakan metode konstruksi yang hanya penyangga dari kolom dan slab sebagai penahan beban dari bangunan. Pelat cendawan termasuk ke *flat slab* dua arah dikarenakan menerima beban yang didistribusikan ke dalam dua arah. Ini adalah sebuah konstruksi yang baik untuk memperkuat beton.

Pelat cendawan (*flat slab*) sangat tepat untuk bangunan yang memiliki beban berat dan bentang Panjang serta menggunakan beton dan tulangan yang lebih sedikit dari struktur bangunan yang memakai balok. *Flat slab* menyalurkan beban kolom di selesaikan oleh ketebalan pelat yang dekat dengan kolom memakai *drop panel* atau mengembangkan bagian kolom atas sehingga membentuk kolom kapital. Berikut merupakan contoh gambar dari struktur pelat cendawan (*flat slab*) di lihat dari gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Struktur pelat cendawan (*flat slab*)

(sumber: Schodek, Daniel. 1991. struktur. Bandung: Eresco)

### 2.1.3 Keunggulan pelat lantai cendawan (*flat slab*)

- Keunggulan penggunaan pelat lantai cendawan (*flat slab*)
  - a. Pengerjaan konstruksi lebih cepat karena plat cendawan tidak menggunakan balok.
  - b. Tulangan yang di pakai lebih praktis.
  - c. Konstruksi yang stabil untuk Gedung bertingkat.

### 2.1.4 Analisa pelat cendawan (*flat slab*)

*Menganalisa* Struktur *flat slab* bisa di coba dengan memakai 2 cara ialah dengan cara desain langsung (*direct design method*) serta cara portal ekuivalen (*equivalen frame method*). Cara portal ekuivalen membutuhkan distribusi momen beberapa kali, sebaliknya dengan cara desain langsung hanya berupa pendekatan distribusi momen satu kali.

#### a. Perencanaan langsung (*direct design method*)

Perencanaan langsung merupakan cara pendekatan digunakan sebagai evaluasi serta mendistribusikan momen total terhadap panel slab dua arah. Dengan cara ini diusahakan slab dapat dihitung untuk bagian dari balok pada portal. Hasil diperoleh dengan cara pendekatan ini merupakan pendekatan momen serta geser dengan memakai koefisien- koefisien yang disederhanakan.

#### b. Portal ekuivalen (*equivalen frame method*)

Dalam portal rangka ekuivalen dianggap portal idealisasi ini sama dengan portal actual akibatnya lebih eksak dan memiliki batasan pemakaian yang lebih sedikit dari desain langsung. Cara portal ekuivalen, struktur dibagi menjadi portal menerus dipusatkan pada pada kolom dalam masing-masing arah dan saling tegak lurus. Portal ini masing-masing terdiri dari sederetan kolom serta slab lebar dengan balok, apabila ada akan terdapat pada garis pusat panel.

### 2.1.5 Kolom

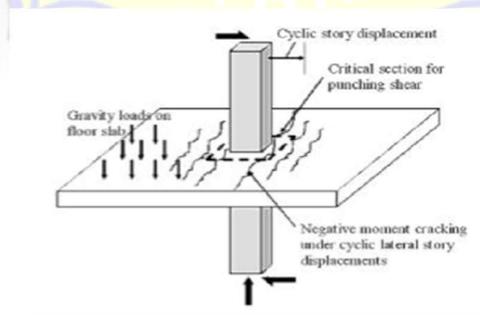
Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi.

Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total seluruhnya (Nawy, 1990).

Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas, bersifat mendadak. Oleh karena itu, dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan yang lebih tinggi daripada untuk komponen struktur lainnya. Selanjutnya, karena penggunaan di dalam praktik umumnya kolom tidak hanya bertugas menahan beban aksial vertikal, definisi kolom diperluas dengan mencakup juga tugas menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur. Atau dengan kata lain, kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu (Dipohusodo, 1994).

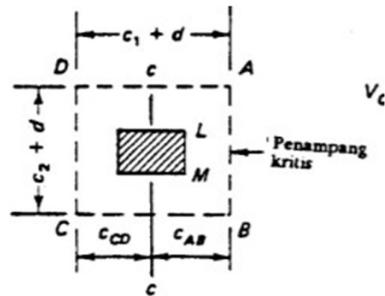
### 2.1.6 Hubungan pelat dan kolom

Hubungan antara pelat dan kolom adalah daerah sambung dimana proses transfer beban grafitasi dari pelat menuju kolom terjadi. Adanya transfer beban tersebut menyebabkan tegangan geser pada area pelat disekitar kolom yang disebut sebagai penampang kritis. Disebutkan penampang kritis merupakan  $d/2$  jarak dari sisi-sisi kolom. Berikut gambar dan ukuran penampang kritis pada gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar: 2.2 Penampang kritis

(sumber: Schodek, Daniel. 1991. struktur. Bandung: Eresco)



Gambar: 2.3 Ukuran penampang kritis kolom

(sumber: Schodek, Daniel. 1991. struktur. Bandung: Eresco)

Dari gambar diatas bahwa kegagalan geser biasanya dimulai dari bagian penampang kritis karena terjadi transfer geser pada bagian tersebut.

### 2.1.7 Struktur pelat cendawan (*flat slab*) dengan *drop panel*

*Drop panel* adalah penebalan plat di bagian kolom atau dibuat kepala kolom, yakni pelebaran bagian yang mengecil di daerah ujung kolom atas. Secara relative bahwa *flat slab* lebih cocok untuk panel yang sangat besar atau beban yang sangat berat, dibandingkan dengan *flat plate* (C.K.Wang, dkk, 1992).

Sistem struktur pelat cendawan (*flat slab*) memiliki parameter actual daktilitas yang lebih kecil di bandingkan dari sistem struktur blok kolom karena jumlah sendi plastis yang terjadi pada pelat cendawan (*flat slab*) lebih sedikit dari sistem struktur balok kolom. Oleh karena itu menyebabkan proses didipasi energi ( penyerapan energi gempa) dari struktur pelat cendawan (*flat slab*) lebih terbatas jika dibandingkan dengan balok kolom (Ariane Viky, dkk, 1990).

## 2.2 Teori Pembebanan

Pembebanan adalah bagian paling awal yang di perhitungkan dalam perencanaan untuk menganalisi gedung. Pebembanan pada struktur gedung umumnya di bedakan menjadi dua yaitu beban vertical dan horizontal. Beban vertical yang bekerja pada struktur umumnya beban mati (D) dan beban hidup

(L), sedangkan beban horizontal yaitu beban angin dan beban gempa (*Riadi Muchlisin 2020*).

#### 1. Beban Mati

Beban mati merupakan berat seluruh konstruksi bangunan Gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, dinding partisi tetap, *finising*, kladding Gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta pralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengakut material (SNI 1727-2020 pasal 3.1). berikut merupakan tabel 2.1 dan 2.2 berat sendiri bahan dan berat komponen gedung.

Tabel 2.1 Berat sendiri bahan bangunan

No.	Bahan Bangunan	Beban	Satuan
1.	Baja	7850	Kg/m <sup>3</sup>
2.	Batu Alam	2600	Kg/m <sup>3</sup>
3.	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk )	1500	Kg/m <sup>3</sup>
4.	Batu Karang (berat tumpuk)	700	Kg/m <sup>3</sup>
5.	Batu Pecah	1450	Kg/m <sup>3</sup>
6.	Besi Tuang	7250	Kg/m <sup>3</sup>
7.	Beton(1)	2200	Kg/m <sup>3</sup>
8.	Beton Bertulang (2)	2400	Kg/m <sup>3</sup>
9.	Kayu Kelas (1) (3)	1000	Kg/m <sup>3</sup>
10.	Kerikil, Koral (Kering udara lembab, tanpa ayakan	1650	Kg/m <sup>3</sup>
11.	Pasangan Bata Merah	1700	Kg/m <sup>3</sup>
12.	Pasangan batu belah, batu bulat batu gunung	2200	Kg/m <sup>3</sup>
13.	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m <sup>3</sup>
14.	Pasangan batu karang	1450	Kg/m <sup>3</sup>
15.	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m <sup>3</sup>
16.	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m <sup>3</sup>
17.	Pasir kerikil, koral( kering udara sampai lembab)	1850	Kg/m <sup>3</sup>
18.	Tanah lempung, lanau (kering udara- lembab)	1700	Kg/m <sup>3</sup>
19.	Tanah lempung dan lanau ( basah)	2000	Kg/m <sup>3</sup>
20.	Tanah hitam	11400	Kg/m <sup>3</sup>

(Sumber: SNI-1727-1989 Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung)

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Gedung

No.	Komponen Gedung	Beban	Satuan
1.	Adukan per cm tebal : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dari semen</li> <li>• Dari kapur, semen merah atau tras</li> </ul>	21 17	Kg/m <sup>2</sup>
2.	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14	Kg/m <sup>2</sup>
3.	Dinding pasang merah bata : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Satu batu</li> <li>• Setengah batu</li> </ul>	450 250	Kg/m <sup>2</sup>
4.	Dinding pasangan batako : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brelubang Tebal dinding 20 cm (HB 20) Tebal dinding 10 cm (HB 10)</li> <li>• Tanpa lubang Tebal dinding 15 cm Tebal dinding 10 cm</li> </ul>	200 120 200 300	Kg/m <sup>2</sup>
5.	Langit-langit dinding (termasuk rusuk-rusuknya,tanpa penggantung langit-langit atau pangku), terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Semen asbes (eternity dan bahan sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm</li> <li>• Kaca dengan tebal 3-4 mm</li> </ul>	11 10	Kg/m <sup>2</sup>
6.	Penggantung langit-langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5 mm dan jarak s.k.s minimum 0,80 mm	40	Kg/m <sup>2</sup>
7.	Penutup atap reng dan usuk atau kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50	Kg/m <sup>2</sup>
8.	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk atau kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	40	Kg/m <sup>2</sup>
9.	Penutup atap seng gelombang (BWG) tanpa goarding	10	Kg/m <sup>2</sup>
10.	Penutup lantai semen Portland, teraso dan tanpa beton tanpa adukan per cm tebal	24	Kg/m <sup>2</sup>
11.	Semen asbes gelombang (tebal 5 cm)	11	Kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: SNI-1727-1989 Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung)

## 2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan Gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. (SNI 1727-2020 Pasal 4.1). beban hidup memiliki sifat yang berubah atau bergerak sesuai penggunaan bangunan serta ruangan yang bukan dari bagian dari konstruksi bangunan dan dapat berubah sewaktu-waktu baik jangka Panjang atau pendek (Schuler, 2010).

Beban pada atap diakibatkan selama pemeliharaan oleh pekerja, pralatan dan material, dan selama masa layanan struktur akibat benda bergerak, seperti tanaman pot atau perlengkapan dekoratif kecil serupa lainnya yang bukan terkait hunian. Beban hidup hunian seperti area berkumpul di atap, atap dek dan atap vegetatif atau atap lansekap pada area yang bisa di pakai, di perhitungkan sebagai beban hidup pada atap dari pada beban hidup atap (SNI 1727-2020 Pasal 4.1)

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus merupakan beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam SNI 1727-2020 pasal 4.3.1 pada tabel 4.3-1. Berikut ini merupakan beban hidup distribusi merata minimum pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Beban hidup terdistribusi merata minimum,  $L_o$  dan beban hidup terpusat minimum.

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o$ , psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Apartemen (lihat rumah tinggal) Sistem lantai akses Ruang kantor Ruangkomputer	50(2,4)	Ya (4.2.7)	Ya (4.2.7)		

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o$ , psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
	100(4,79)	Ya (4.2.7)	Ya (4.2.7)	2.000 (8,9) 2.000 (8,9)	
<b>Gudang pesenjataan dan ruang latihan</b>	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Ruang peretemuan</b>					
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)		
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lantai podium	150 (7,18) 100 (4,79)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)		4.14
Tribun penonton stadio 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)		4.14
<b>Balkon dan dek</b>	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Jalur untuk akses pemeliharaan</b>	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
<b>Koridor</b>					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai lainnya	Sama seperti pelayanan hunian				

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o$ , psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
	kecuali disebutkan lain				
<b>Ruang makan dan restoran</b>	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Hunian (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Dudukan mesin elevator</b> (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])	-	-	300 (1,33)		
<b>Konstruksi pelat lantai finifhingringan</b> (pada area 1 in.[25 mm x 25 mm])	-	-	200 (0,89)		
<b>Jalur penyelamatan saat kebakaran</b> Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)		
<b>Tangga permanen</b>		-	-	Lihat pasal 4.5.4	
<b>Garasi/parker</b> (lihat pasal 4.10) Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Lihat pasal 4.10.2	Tidak (4.7.4) -	Tidak (4.7.4) -	Lihat pasal 4.10.1 Lihat pasal 4.10.2	
<b>Pegangan tangga dan pagar pengaman</b> Batang pegangan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1  Lihat 4.5.2	
<b>Rumah sakit</b> Ruang oprasi, laboratatum Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)	

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o$ ,psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
<b>Hotel (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Perpustakaan</b> Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	Ya (4.7.2) Tidak (4.7.3) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.3) Ya (4.7.2)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)	4.13
<b>Pabrik</b> Ringan Berat  <b>Gedung perkantoran</b> Ruanh arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama Kantor Koridor di atas lantai pertama	125 (6,00) 250 (11,97)  100(4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	Tidak (4.7.3) Tidak (4.7.3)  Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.3) Ya (4.7.3)  Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	2.000 (8,90) 3.000 (13,35)  2.000 (8,90) 2.000 (8,90) 2.000 (8,90)	
<b>Lembaga hukum</b> Balok sel koridor	40 (1,92) 100(4,79)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)		
<b>Tepat rekreasi</b> Tempat bowling, billiard, dan pengguna sejenis	75(3,59) 100(4,79)	Tidak (4.7.5) Tidak	Tidak(4.7.5) Tidak (4.7.5)		

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o, psf$ (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Ruang dansa dan ballroom Gimnasium	100(4,79)	(4.7.5) Tida (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Rumah tinggal</b> Hunian satu dan dua keluarga					
Loteng yg tidak dapat dihuni tanpa Gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	4.1.12	
Loteng yg tidak dapat di huni dengan Gudang	20 (0,96)	Ya(4.7.2)	Ya (4.7.2)	4.1.2	
Loteng yg dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecil kecuali tangga	40(1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang public	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Atap</b> Atap datar, berbubung,dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.1.8
Atap yang digunakan penguhi	Sama dg pengguna yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul					
Atap vegetataif dan atap lansekap	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
Atap bukan untuk hunian					
Atap untuk tempat berkumpul					

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o, \text{psf}$ ( $\text{kN/m}^2$ )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Atap untuk pengguna lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Awning dan kanopi	Sama dengan penggunaan yang di layani	Ya (4.8.3)	-		
Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan					
Rangka penumpu layer penutup	5(0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
	5(0,24) berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2)	-	200(0,89)	
Semua konstruksi lainnya	20(0,96)	Ya(4.8.2)			4.8.1
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur		-	-	300(1,33)	

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o$ ,psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjanya, dan garasi bengkel Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan		-	-	300(1,33)	
<b>Sekolah</b> Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40(1,92) 80(3,83) 100(4,79)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	1.000(4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)	
<b>Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit</b>				200(0,89)	
<b>Jalan di pinggir untuk perjalanan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</b>	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya(4.7.2)	8.000 (35,60)	4.15
<b>Tangga dan jalan keluar</b> Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100(4,79) 40 (1,92)	Ya(4.7.2) Ya(4.7.2)	Ya(4.7.2) Ya(4.7.2)	300(1,33) 300(1,33)	4.16 4.16
<b>Gudang diatas langit-langit</b>	20(0,96)	Ya(4.7.2)	Ya(4.7.2)		
<b>Gudang penyimpanan dan pekerja</b> (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan) Ringan	125(6,00)	Tidak			

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o, \text{psf}$ ( $\text{kN/m}^2$ )	Reduksi beban hidup diizinkan	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (no. pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Berat	250 (11,97)	(4.7.3) Tidak (4.7.3)			
<b>Toko</b> Eceran Lantai pertama	100(4,79)	Ya(4.7.2)	Ya(4.7.2)	1.000 (4,45)	
Lantai di atasnya	75( 3,59)	Ya(4.7.2)	Ya(4.7.2)	1.000 (4,45)	
Grosir, disemua lantai	125(6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya(4.7.3)	1.000 (4,45)	
<b>Penghalang kendaraan</b>				Lihat pasal 4.5.3	
<b>Susuran jalan dan penggung yang ditinggikan</b> (selain jalan keluar)	60(2,87)	Ya(4.7.2)	Ya(4.7.2)		
<b>Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki</b>	100(4,79)	Tidak(4.7.5)	Tidak(4.7.5)		

(sumber: SNI-1727-2020 beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain)

### 3. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban statistic ekivalen yang bekerja pada Gedung yang mengikuti pengaruh Gerakan tanah akibat guncangan atau gempa tersebut.

#### a) Faktor keutamaan gempa dan kategori resiko struktur bangunan

Untuk berbagai katagori resiko struktur bangunan Gedung dan non Gedung sesuai table 3 pengaruh gempa rencana terhadapnya gharus dikalikan dengan suatu factor keutamaan gempa  $I_e$  menurut table 4. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori resiko IV, bila di butuhkan pintu masuk oprasional dan struktur bangunan yang berseblahan, maka struktur bangunan yang berseblahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori resiko IV sesuai

tabel 2.4 dan 2.5 tentang kategori resiko bangunan gedung tersebut (SNI 1726-2019 pasal 4.1.2).

Tabel 2.4 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa.

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua Gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk kedalam kategori resiko I,III,IV, termasuk tapi tidak di batasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat pembelian/ mall</li> <li>- Bangunan industry</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak di batasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak di batasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk kategori resiko IV, (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpangan, penggunaan atau tempat pembuangan</p>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
bahan bakar berbahaya, bahan bakar kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak di batasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan</li> <li>- Rumah ibadah</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau mineral atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul>	IV
Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.	IV

(Sumber: SNI-1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan nongedung)

Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(sumber: SNI-1726-2019 Tabel 4-Faktor keamanan gempa)

b) Parameter percepatan terpetakan

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismic pada pasal 0 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2% dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan decimal terhadap percepatan gravitasi. Bila  $S_1 \leq 0,04$  g dan  $S_s \leq 0,15$  g, maka struktur

bangunan boleh di kategori desain seismic A, dan cukup memenuhi persyaratan dalam 0. Untuk nilai  $S_1$  dan  $S_s$  nya dapat di lihat di lampiran.

c) Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus dikasifikasi sebagai kelas situs SA,SB,SC,SD,SE arau SF yang mengikuti 0. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa di tentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat di gunakankecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs lainnya.

Jika penyelidikan tanah yang dilakukan sesuai dengan pasal 0 menunjukkan adanya kondisi batuan yang konsisten dengan dengan kelas situs SB, tetapi tidak di lakukan pengukuran kecepatan gelombang geser situs-spesifik, maka koefisen situs  $F_a$ ,  $F_v$ ,  $F_{PGA}$  harus di ambil sebesar 1.0. berikut merupakan tabel klasifikasi situs pada 2.6 SNI 1726-2019 Tabel 5.

Tabel 2.6 klasifikasi situs

Kelas situs	$V_s$ (m/detik)	$N$ atau $N_{ch}$	$S_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC(tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD ( tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	>50	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $s_u > 25$ kPa		
SF(tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organic dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastis sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastis $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u > 50$ kPa		

(sumber: SNI-1726-2019 Tabel 5-Koefisen situs )

d) Koefisien- koefisien situs dan para meter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) pada gambar (2.7) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_V$ ) Pada gambar (2.8). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{MI}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan pada (2-1) dan (2-2 ) berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2-1)$$

$$S_{MI} = F_v \times S_I \quad (2-2)$$

Tabel: 2.7 koefisien situs,  $F_a$

Kelas situs	Para meter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada priode 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 <sup>(a)</sup>					

(sumber: SNI-1726-2019 Tabel 6-Koefisien situs  $F_a$ )

Tabel: 2.8 Koefisien situs,  $F_v$

Kelas situs	Para meter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada priode 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 <sup>(a)</sup>					

(sumber: SNI-1726-2019 Tabel 6-Koefisien situs  $F_v$ )

e) Parameter percepatan spectral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan pada persamaan (2-3) dan (2-4) berikut ini:

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (2-4)$$

f) Spektrum respons desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.5 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus di ambil dari persamaan (2-5)

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2-5)$$

- Untuk priode lebih besar atau sama dengan dan lebih kecil dari atau sama dengan spektrum respon percepatan desain, sama dengan
- Untuk periode lebih besar dari tetapi lebih kecil dari atau sama dengan respons spektral percepatan desain diambil berdasarkan persamaan (2-6):

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T^2} \quad (2-6)$$

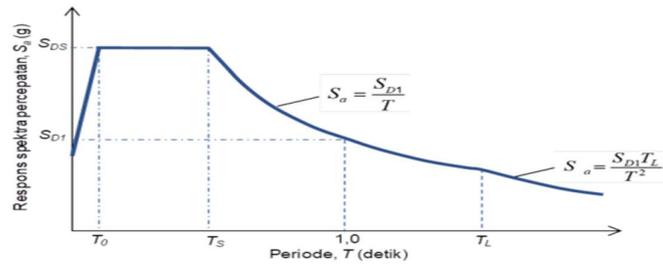
- Untuk periode lebih besar dari respon spektral percepatan desain diambil berdasarkan persamaan (2-7):

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (2-7)$$

Untuk menentukan periode respns di tentukan melalui persamaan- (2-8) dan (2-9) berikut ini :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2-8)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2-9)$$



Gambar: 2.4 Spektrum respons desain

(sumber : SNI-1726-2019 hal.36)

g) Kategori desain seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ , sesuai 0.

Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 8 dan Tabel 9 (SNI 1726-2019 ha.36), terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur,  $T$ . Apabila  $S_1$  lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diizinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 8 saja, di mana berlaku semua ketentuan di bawah:

- Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan periode fundamental struktur,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan 0 adalah kurang dari  $0,8T_s$ , di mana  $T_s$  ditentukan sesuai dengan 0;
- Pada masing-masing dua arah ortogonal, periode fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar tingkat adalah kurang dari  $T_s$ ;

- Persamaan (31) digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik,  $C_s$ ;
- Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan di 0 atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal pemikul gaya seismik tidak melebihi 12 m.

Apabila digunakan alternatif prosedur penyederhanaan desain pada pasal 0, kategori desain seismik diperbolehkan untuk ditentukan dari Tabel 8, dengan menggunakan nilai SDS yang ditentukan dalam 0.

Berikut ini merupakan table 8 dan 9 di SNI 1726-2019 hal.36 yaitu kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek dan satu detik pada tabel (2.9) dan (2.10).

Tabel 2.9 Kategori desain seismik periode pendek

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

(sumber: SNI-1726-2019 Tabel 8- kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek)

Tabel 2.10 Kategori desain seismik periode 1 detik

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

(sumber: SNI-1726-2019 Tabel 9- kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode satu detik)

## 2.3 Arah Pembebanan Gempa

### 1. Arah kriteria pembebanan

Arah penerapan beban seismik yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang akan menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Penerapan arah gaya seismik yang memenuhi persyaratan ini, diizinkan

menggunakan prosedur 0 untuk kategori desain seismik B, 0 untuk kategori desain seismik C, dan 0 untuk kategori desain seismik D,E,dan F.

#### 1. Kategori seismik B

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

#### 2. Karegori seismik C

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang didesain untuk kategori desain seismik C minimal harus sesuai dengan persyaratan dalam 0 untuk kategori desain seismik B dan persyaratan pasal ini. Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 5 dalam Tabel 13 (SNI 1726-2019) harus menggunakan salah satu dari prosedur berikut:

- a) Prosedur kombinasi ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen dalam 0, prosedur analisis ragam respons spektral dalam 0, atau prosedur riwayat respons waktu linier dalam 0, seperti diizinkan dalam 0, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam sebarang dua arah ortogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya seismik pada struktur dianggap terpenuhi jika elemen struktur dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi bebanbeban yang ditetapkan berikut: 100 % gaya untuk satu arah ditambah 30 % gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.
- b) Penerapan serentak gerak tanah ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur riwayat respons waktu linier dalam 0 atau prosedur riwayat respons waktu nonlinier dalam 0, seperti diizinkan dalam 0, dengan pasangan ortogonal riwayat percepatan gerak tanah yang diterapkan secara bersamaan.

#### 3. Kategori seismik D samapai F

Struktur yang didesain untuk kategori desain seismik D, E, atau F minimal harus sesuai dengan persyaratan 0. Sebagai tambahan, setiap kolom atau

dinding yang membentuk bagian dari dua atau lebih sistem pemikul gaya seismik yang berpotongan dan dikenai beban aksial, akibat gaya seismik yang bekerja sepanjang sumbu denah utama, yang sama dengan atau lebih dari 20 % kuat desain aksial kolom atau dinding harus didesain untuk pengaruh beban paling kritis akibat penerapan gaya seismik dalam semua arah. Baik prosedur 0a atau 0b, diizinkan untuk digunakan untuk memenuhi persyaratan ini. Kecuali seperti disyaratkan dalam 0, analisis 2 dimensi diizinkan untuk struktur dengan diafragma fleksibel.

#### **2.4 Kombinasi Pembebanan**

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai di bawah. Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban-beban angin dan seismik harus ditinjau, tetapi kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan.

Dalam SNI 2847-2019 disebutkan kombinasi-kombinasi pembebanan dasar sebagai berikut:

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3.  $1.2D + 1.6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1.2D + 1.0W + 1.0 L + 0.5 (Lr \text{ atau } R)$
5.  $1.2D + 1.0E + 1.0L$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

#### **2.5 Simpangan Antar Lantai Tingkat Ijin**

Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ ) seperti yang terdapat pada tabel 2.20 pada SNI 1726-2019 untuk semua tingkat. Berikut ini merupakan tabel 2.11 simpangan antar lantai ijin.

Tabel 2.11 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 system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geder 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 Tabel 20-simpangan antar izin)

## 2.6 Faktor Reduksi Kekuatan ( $\Phi$ )

Menurut pasal 21 SNI-2847-2019 tentang faktor reduksi kekuatan di gunakan dalam desain struktur beton. Adapun fungsi dari faktor reduksi  $\Phi$  kekuatan sebagai berikut:

- 1) Untuk memperkirakan kemungkinan kekuatan penampang tidak mencukupi (under-strength) karena perbedaan dimensi dan kekuatan material.
- 2) Untuk memperkirakan ketidak tetapan pada tahap perancangan.
- 3) Untuk merefleksikan ketersediaan daktilitas dan tingkat keandalan yang diperlukan komponen struktur relative terhadap beban.
- 4) Untuk menyatakan seberapa penting komponen struktur terhadap keseluruhan (MacGrego 1976, Winter 1979).

Faktor reduksi kekuatan yang digunakan dalam perancangan harus sesuai dengan table 21.2.1 pada SNI 2847-2019 pada tabel (2.12) sebagai berikut :

Tabel 2.12 Faktor reduksi kekuatan

No	Gaya atau elemen struktur	$\Phi$	Pengecualian
a.	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0.65-0,90	Di dekat ujung komponen pratarik (Pretension) dimana strand belum sepenuhnya bekerja
b.	Geser	0,75	Untuk struktur tahan gempa memiliki persyaratan yang mada ada pada pasal 21.2.4 SNI 2847-2019

No	Gaya atau elemen struktur	$\Phi$	Pengecualian
c.	Torsi	0,75	-
d.	Tumpu (bearing)	0,65	-
e.	Zona angkur pascatarik (post-tension)	0,85	-
f.	Bracket dan korbrel	0,75	-
g.	Strut, ties, zona noda dan daerah tumpuan yang di rancang dengan strut-and-tie di pasal 23	0,75	-
h.	Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90	-
i.	Beton polos	0,60	-
j.	Angkur dalam elemen beton	0,45-0,75	-

(sumber: SNI 2847-2019 Tabel 21.2.1)

Nilai  $\beta_1$  di tentukan secara eksperimental. Batas bawah untu di tentukan menggunakan data eksperimen balok dengan kekuatan tekan beton lebih besar dari 55 MPa. (Leslie et al.1976,karr et al. 1978). Nilai  $\beta_1$ dinyatakan dalam bentuk table (2.13) berikut:

Tabel 2.13 nilai  $\beta_1$

$f_c; MPa$	$\beta_1$	
$17 \leq f_c \leq 28$	0,85	a)
$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$	b)
$f_c' \geq 55$	0,65	c)

(sumber: SNI 2847-2019 Tabel 22.2.2.4.3)

## 2.7 Dasar – dasar dalam Perencanaan Beton Bertulang

### 2.7.1 Asumsi beton bertulang

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

- Regangan dalam tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding langsung dengan jarak sumbu netral.
- Regangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003.

- Tegangan dalam tulangan dibawah kuat leleh yang ditentukan fy untuk mutu tulangan yang digunakan harus diambil sebesar Es dikalikan regangan baja. Untuk tegangan yang lebih besar dari regangan yang memberikan fy tegangan pada tulangan harus dianggap tidak tergantung pada regangan dan sama dengan fy.
- Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam hitungan.

### 2.7.2 Fungsi utama beton bertulang

Beton atau baja tulangan pada beton bertulang mempunyai fungsi atau tugas pokok yang berbeda, sesuai dan sifat dan bahan yang bersangkutan. Menurut Ali Asroni dalam bukunya balok dan pelat beton bertulang memiliki fungsi utama sebagai berikut:

- Menahan beban atau gaya tekan
- Menutup tulangan agar tidak berkarat

## 2.8 Pelat Lantai

pelat beton adalah bagian rata pada permukaan bangunan, atap, jembatan atau struktur lainnya. Pelat beton di topang oleh bagian dinding, balok, kolom, atau bisa terletak di atas tanah langsung (*slab onground*). Pada struktur balok dan pelat di lakukan pengecoran secara bersamaan sehingga menghasilkan satu kesatuan yang menyatu.

Pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang di buat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horisontal, dan beban yang tegak lurus pada bidang struktur karena memiliki sifat yang kaku sehingga pelat pada Gedung berfungsi sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat mendukung balok portal (Ali Asroni,2010). Selain itu dalam pengklasifikasian pelat dapat di kelompokkan menjadi 3 yaitu:

### 1. Pelat rusuk (*joins construction*)

Pelat rusuk merupakan pelat beton dengan ketebalan 50-100 mm, yang ditopang dengan sejumlah rusuk dengan jarak beraturan. Rusuk mempunyai lebar minimum 100 mm dan tebal rusuk tidak boleh melebihi dari 3,5 kali lebar minimumnya, spesi bersih antar rusuk tidak boleh melebihi 750 mm. Rusuk

ditopang oleh balok induk utama yang langsung menumpu pada kolom. Sistem pelat rusuk cocok digunakan untuk struktur pelat dengan bentang 6-9 m.

## 2. Pelat satu arah

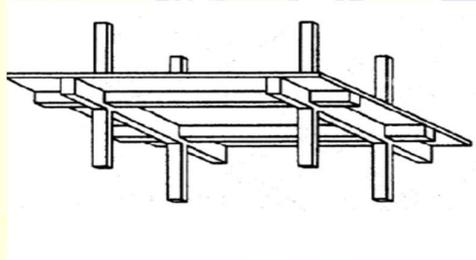
Pelat satu arah yaitu pelat yang di tumpu dari kedua sisi saja lebih menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja di bagian arah tumpuan.

## 3. Pelat dua arah

Pelat dua arah yaitu pelat yang menopang di bagian keempat sisi pelat, dengan momen lentur dua arah yaitu arah bentang  $l_x$  dan arah bentang bentang  $l_y$ . Adapun pelat dua arah bisa dikelompokkan menjadi beberapa jenis berikut:

### a. Sistem balok-pelat

Pada sistem balok- pelat ini pelat beton ditopang keempat sisinya oleh balok. Beban balok-pelat di salurkan keempat tumpuan balok yang selanjutnya di salurkan ke kolom. Kekakuan balok akan lebih besar dan lendutan yang terjadi sangat kecil seperti gambar (2.5) sebagai berikut.

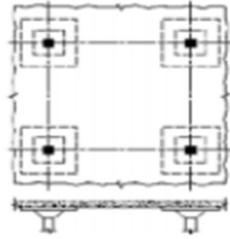


Gambar 2.5 Sistem pelat dan balok

(sumber: wahyudi,1997)

### b. Sistem Slab datar (*flat slab*)

Sistem pada slab datar merupakan pelat dua arah tanpa balok, tetapi lebih sering mengalami kegagalan geser pons pada sambungan kolom dan slab. Pada sistem slab datar beban di salurkan langsung pada kolom. Biasanya terjadinya penebalan pada kepala kolom untuk menahan geser pons. Sistem slab datar pada pelat lihat pada gambar (2.6), yang dapat dicegah dengan beberapa hal diantaranya :

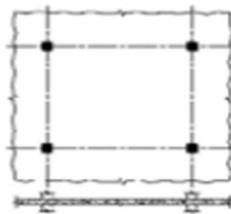


Gambar 2.6 Sistem flat slab

( Sumber: Agus setiawan,2016)

- Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*column capital*)
  - Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel disekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
  - Menggunakan kepala kolom tanpa adanya penebalan panel, namun hal ini jarang diaplikasikan sistem slab datar digunakan untuk bentang 6-9 m, dengan beban hidup 4-7 kN/m<sup>2</sup> .
- c. Plat datar (*flat plate*)

Sistem pelat datar ini tertumpu langsung ke kolom tanpa adanya penebalan panel dan kepala kolom. Lebih besar kegagalan struktur terbesar akan timbul akibat geser pons. Karena tidak adanya penebalan kolom pada sistem pelat datar, sehingga di butuhkan tulangan lebuuh banyak seperti pada gambar (2.7).

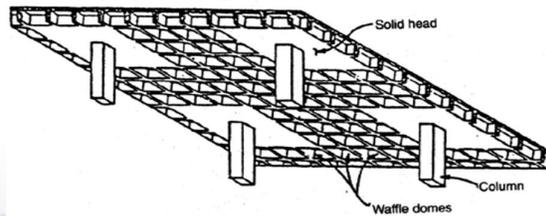


Gambar 2.7 Sistem pelat datar

( Sumber: Agus setiawan,2016)

d. Sistem brusuk dan pelat *waffle*

Pelat *waffle* dengan sistem brusuk adalah pelat dua arah dengan ditopang oleh rusuk-rusuk dalam dua arah. Tepi-tepi pelat ditumpu oleh balok atau dapat juga pelat langsung menumpu pada kolom dengan memberikan penebalan pada pelat disekita kolom, untuk pelat ini efisien untuk bentang 9-12 m. Adapun contoh sistem pelat datar pada gambar (2.8) berikut ini.



Gambar 2.8 Sistem pelat brusuk(waffle)

(sumber: wahyudi,1997 )

### 2.8.1 Persyaratan struktural pelat lantai

Dalam merencanakan sebuah gedung perlu acuan dalam proses pembangunannya, Adapun acuan yang di gunakan dalam perencanaan pembangunann gedung ini adalah SNI-2847-2019 Persyaratan Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung.

### 2.8.2 Tebal pelat minimum

1) Pelat satu arah

Meurut peraturan SNI 2847-2019 ada beberapa Batasan desain pelat satu arah:

- Untuk  $f_y$  lebih dari 420 Mpa, terdapat pada persamaan tabel 7.3.1.1. dalam SNI-2847-2019 harus di kalikan dengan  $(0,4 + f_y / 700)$  sepeti pada tabel (2.14) berikut:

Tabel 2.14 Ketebalan minimum

Kondisi tumpuan	$h^{-1}$ minimum
Tumpuan sederhana	$\ell/20$
Satu ujung menerus	$\ell/24$
Kedua ujung menerus	$\ell/28$
Kantilever	$\ell/10$

(Sumber: SNI 2847-2019 tabel 7.3.1.1)

- Batas lendutan untuk plat lendutan saat dan jangka pajang harus di hitung dan tidak boleh melebihi batas sesuai tabel 24.2.2. SNI-2847-2019 : seperti pada tabel (2.15) berikut :

Tabel 2.15 Perhitungan lendutan izin maksimum

Jenis komponen structural	Kondisi		Lendutan yang di perhitungkan	Batas lendutan
Atap datar	Tidak memikul atau tidak disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan besar		Lendutan seketika akibat $L_r$ dan $R$ maksimum	$l/180$
Lantai			Lendutan seketika akibat $L$	$l/360$
Atap atau lantai	Memikul momen atau disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural	Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan yang terjadi setelah pemasangan elemen nonstruktural, yaitu jumlah dari lendutan jangka panjang akibat beban tetap dan lendutan seketika akibat semua penambahan beban hidup	$l/480$
		Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar		$l/240$

(sumber: SNI-2847-2019 Tabel 24.2.2)

- Untuk selimut beton memiliki persyaratan pada SNI 2847-2019 Tabel 20.6.1.3.1 tentang ketebalan selimut beton komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat seperti tabel (2.16) berikut:

Tabel 2.16 Ketebalan selimut beton

Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan selimut, mm
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
		Batang D19-D57	50

Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan selimut, mm
Terpapar cuaca atau kontak langsung dengan tanah	Semua	Batang D16 kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
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, pandestal dan batang tarik	Tulangan utama, Sengkang, Sengkang ikat, sepiral dan Sengkang pengekang	40

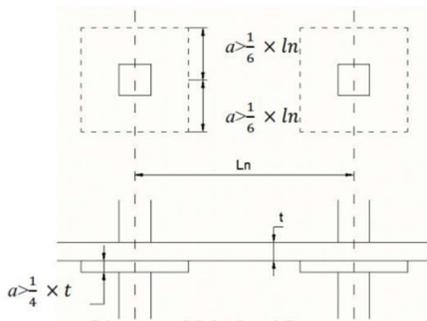
(sumber: SNI 2847-2019 Tabel 20.6.1.3.1.)

- Sepasi tulangan susut dan suhu tidak boleh melebihi yang kecil dari  $5h$  dan 450 mm.

## 2) Pelat dua arah

Sebuah *drop panel* pada pelat nonprategang yang digunakan untuk mengurangi ketebalan perlu minimum sesuai 8.3.1.1(SNI-2847-2019) atau jumlah tulangan ulir momen negatif pada tumpuan yang sesuai 8.5.2.2(SNI-2847-2019), harus memenuhi a) dan b): dan di lihat pada gambar (2.10) sebagai berikut:

- Drop panel* diharuskan menonjol di bawah pelat paling sedikit seperempat tebal pelat bersebelahan.
- Drop panel* harus diteruskan di setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.



Gambar : 2.9 persyaratan ketebalan *drop panel*

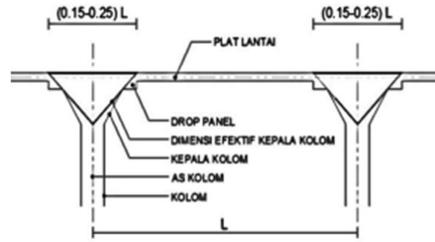
(Sumber: Ali Asroni, 2010)

Ketebalan minimum pelat pada pasal 8.3.1.1 dan 8.3.1.2 tidak tergantung pada pembebanan dan modulus elastisitas beton, keduanya memiliki pengaruh pada lendutan. Ketebalan minimum ini tidak berlaku untuk pelat dengan beban tambahan yang sangat besar atau untuk beton dengan modulus elastisitas yang rendah dibandingkan beton normal. Lendutan harus dihitung untuk situasi tersebut

Ketebalan pelat keseluruhan  $h$  tidak boleh kurang dari Batasan 8.3.1.1 dan memiliki nilai terkecil a) atau b) yang mana:

- a. Pelat tanpa *drop panel* 125mm
- b. Pelat dengan *drop panel* 100mm

Kepala kolom yang digunakan dalam konstruksi pelat cendawan adalah perbesaran pada bagian kepala kolom atas pada pertemuan dengan pelat lantai. Tujuan dari kepala kolom yaitu sebagai mendapatkan pertambahan keliling sekitar kolom untuk menghindari geser dari beban lantai. Bidanganya berorientasi dalam batas  $45^\circ$  terhadap kolom, dan garis tengahnya sekitar 20% sampai 25% dari bentang rata-rata di antara kolom seperti pada gambar (2.10) (Sudarmoko, 1996).



Gambar: 2.10 Dimensi kepala kolom dan *drop panel*  
(sudarmoko,1996)

Untuk menentukan ketebalan minimum pelat dua arah di bagi menjadi dua yakni ketebalan pelat minimum tanpa balok dan dengan balok di antara tumpuan pada semua sisi seperti tabel (2.17) dan (2.18) berikut:

Tabel 2.17 ketebalan pelat dua arah tanpa balok interior (mm)<sup>[1]</sup>

$f_y$ , MPa <sup>[2]</sup>	Tanpa <i>drop panel</i> <sup>[3]</sup>			Dengan <i>drop panel</i> <sup>[3]</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>	
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, Tabel 8.3.1.1 – Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm)<sup>[1]</sup>)

Tabel 4.18 ketebalan pelat minimum dua arah dengan balok di antara tumpuan semua sisi.

$\alpha_{fm}$ <sup>[1]</sup>	$h$ minimum, mm		
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1. berlaku		(a)
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari:	$\frac{\ell_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b) <sup>[2],[3]</sup>
		125	(c)
$\alpha_{fm} > 2,0$	Terbesar dari:	$\frac{\ell_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$	(d) <sup>[2],[3]</sup>
		90	(e)

(sumber: SNI-2847-2019 Tabel 8.3.1.2 – Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya)

### 2.8.3 Tulangan pelat

#### 1) Tulangan geser

##### a. Spasi pada tulangan geser

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

##### b. Luas minimum tulangan geser

Luas minimum tulangan geser,  $A_{v,min}$ , harus disediakan pada semua penampang dimana  $V_u > \phi V_c$ . Untuk pelat pracetak berongga tanpa beton penutup  $h > 315$  mm,  $A_{v,min}$  harus disediakan di semua penampang dimana  $V_u > 0,5\phi V_{cw}$ . (SNI 2847-2019).

##### c. Kuat geser

Kuat geser nominal tulangan Apabila digunakan tulangan geser tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur maka kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh tulangan seperti terdapat pada persamaan (2-10)

$$V_s = A_v f_y t d s \quad (2-10)$$

$A_v$  adalah tulangan geser.

Kuat geser nominal beton Untuk komponen struktur yang dikenai gaya geser dan lentur saja maka nilai kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh beton seperti terdapat pada persamaan (2-11)

$$V_c = 0,17 \delta \sqrt{f_c'} b_w d \quad (2-11)$$

Dengan nilai  $\delta$  adalah 1,0 untuk beton berat normal dan 0,75 untuk beton berat ringan.

#### 2) Tulangan utama

Rasio tulangan utama mencangkup tumpuan maupun lapangan yang digunakan tidak boleh melebihi rasio maksimum ataupun kurang dari rasio minimum yang telah ditetapkan. Perhitungan rasio yang digunakan adalah sebagai berikut seperti terdapat pada persamaan (2-12)- (2-14) bertikut:

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \beta \quad (2-12)$$

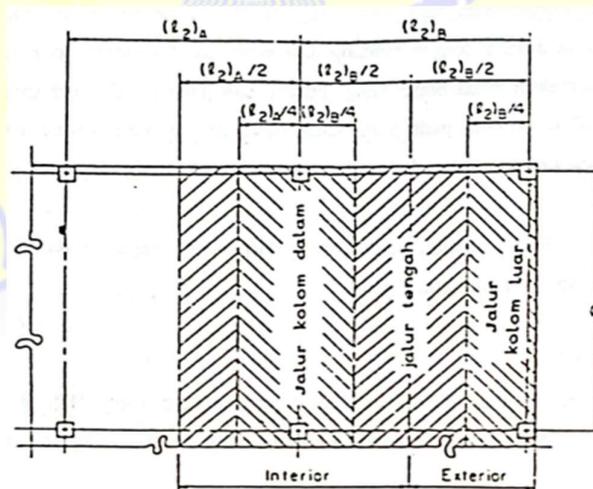
$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (2-13)$$

$$\rho_{min} = 1,4 f_y \text{ atau } \rho_{min} = 0,0025 \quad (2-14)$$

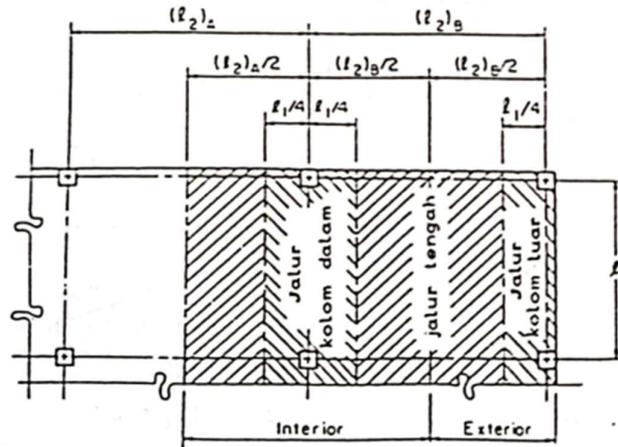
### 2.8.4 Jalur kolom dan jalur tengah

Pelat dua arah melentur dengan berbentuk permukaannya sama seperti mangkuk jika diberi beban dua arah. Sebab itu, pelat ini harus ditulangi dua arah dengan tulangan berlapis tegak lurus satu dengan lainnya. Jalur kolom adalah pelat yang memiliki lebar disetiap sisi garis tengah kolom sama dengan  $\frac{1}{4}$  dimensi panel terkecil  $\ell_1$  atau  $\ell_2$  jalur tengah adalah bagian dari pelat yang berada diantara dua jalur kolom.

Bagian momen yang diterima oleh jalur kolom dan jalur tengah diasumsikan tersebar merata pada seluruh jalur. Peresentase momen yang dipikul oleh jalur kolom tergantung pada kekakuan efektif dari jalur kolom dan pada aspect ratio  $\ell_1 / \ell_2$  (sehingga  $\ell_1$  merupakan Panjang bentang dari pusat ke pusat, dari tumpuan tumpuannya dalam arah momen yang ditinjau dan  $\ell_2$  merupakan Panjang bentang pusat kepusat dan tumpuan tumpuannya dalam arah tegak lurus terhadap  $\ell_1$  ,berikut merupakan gambar (2.11 )definisi dari jalur kolom dan jalur tengah.



a) jalur kolom  $\ell_2 \leq \ell_1$



b) jalur kolom  $l_2 > l_1$

Gambar 2.11 Definisi jalur kolom dan jalur tengah

(Sumber: ACI,1983)

Jika dua bentang transversal yang berdekatan adalah masing-masing  $l_2$ , maka lebar dari jalur kolom menjadi sama dengan setengah  $l_2$ , atau bentang longitudinal  $l_1$ , tergantung mana yang lebih kecil. Untuk garis kolom luar (tepi) atau seperempat dari  $l_1$  atau seperempat dari  $l_2$  tergantung mana yang lebih kecil.

Distribusi transversal dari momen longitudinal terhadap jalur kolom dan jalur tengah merupakan fungsi dari tiga parameter, yang menggunakan  $l_1$  dan  $l_2$  untuk masing-masing bentang longitudinal dan transversal :

1. Perbandingan aspek  $l_1/l_2$
2. Perbandingan  $\alpha_1 = E_{cb} I_b / (E_{cb} I_b)$  dari kekakuan balok longitudinal kekakuan pelat;
3. Perbandingan  $\beta_1 = E_{cb} C / (2E_{cb} I_b)$  dari kekakuan torsi penampang balok tepi terhadap kekakuan lentur dari pelat yang lebarnya sama dengan Panjang bentang dari balok tepi.

Menurut SNI 2847-2019, pasal 8.10.5, jalur kolom harus menahan bagian dari momen negatif interior dan eksterior seperti pada tabel (19) – (20)

Tabel 4. 19 Bagian momen negatif interior  $M_u$  lajur kolom

$\alpha f_1 \ell_1 / \ell_2$	$\ell_1 / \ell_2$		
	0,5	1,0	2,0
0	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

**Catatan:** interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan  
(sumber: SNI 2847-2019)

Tabel 4.20 Bagian momen negative eksterior  $M_u$  dilajur kolom

$\alpha f_1 \ell_1 / \ell_2$	$\beta_t$	$\ell_1 / \ell_2$		
		0,5	1,0	2,0
0	0	1,0	1,0	1,0
	$\geq 2,5$	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0	1,0	1,0	1,0
	$\geq 2,5$	0,90	0,75	0,45

**Catatan:** interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan  
(sumber: SNI 2847-2019)

Lajur kolom harus menahan momen positif  $M_u$  di lajur kolom

Tabel 4.21 Bagian momen positif di lajur kolom

$\alpha f_1 \ell_1 / \ell_2$	$\ell_1 / \ell_2$		
	0,5	1,0	2,0
0	0,60	0,60	0,60
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

**Catatan:** interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan  
(sumber: SNI 2847-2019)

## 2.9 Balok

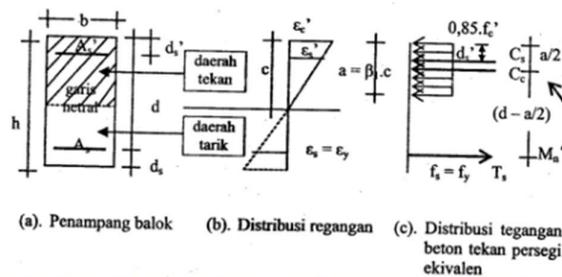
Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan portal adalah kerangka utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan gedung. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen punter), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang atau longitudinal (yang menahan beban lentur) serta tulangan geser/begel (yang menahan beban torsi).

Balok memiliki tegangan aktual yang timbul bergantung pada besar dan distribusi material dan penampang melintang elemen struktur. Pada dasarnya semakin besar balok semakin kecil tegangannya. Semakin tinggi suatu elemen semakin semakin kuat kemampuannya untuk memikul momen lentur. Jika balok

menahan momen lentur besar tulangan tarik di pasang sangat banyak dari tulangan tekan, di karenakan kekuatan beton bagian tarik diabaikan, sehingga semua beban tarik ditahan oleh tulangan longitudinal tarik.

### 2.9.1 Penulangan lentur balok

Penulangan lentur balok persegi hanya menggunakan tulangan tunggal saja (tulangan tarik), penambahan tulangan rangkap (tulangan tekan) akan diperhitungkan jika rasio tulanga tarik diperlukan melebihi syarat seperti gambar (2.12) sebagai berikut.



Gambar 2.12 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Tunggal

(Sumber: Ali Asroni, 2010)

Berikut merupakan persamaan (2-15) dan (2-16) nilai regangan tulangan tekan dimana regangan tulangan tekan dihitung seblum leleh, dan dalam perencanaan beton bertulang regangan tulangan tarik selalu diperhitungkan setelah leleh.

$$\varepsilon'_s = \frac{\alpha - \beta_1 d_s}{\alpha} \times 0,003 \quad (2-15)$$

$$f'_s = \frac{\alpha - \beta_1 d_s}{\alpha} \times 0,006 \quad (2-16)$$

Untuk mengetahui apakah tulangan tekan sudah leleh atau , maka dikontrol dengan persamaan 2-17

$$(\rho - \rho') \geq 0,85 \frac{f_c}{f_y} \frac{b}{d} \times \frac{d'}{d} \times \frac{600 - f_y}{600} \quad (2-17)$$

Untuk mengitung tinggi balok tekan beton digunakan persamaan 2-18

$$a = \frac{(A_s f_y - A_s' f_s')}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \quad (2-18)$$

### 2.9.2 Momen Nominal dan Rencana Balok

Pada bagian penampang balok bertulang rangkap, bagian atas bekerja 2 buah gaya tekan ke kiri, sedangkan penampang balok bagian bawah bekerja berlawanan arah, sehingga menimbulkan momen yang disebut momen nominal aktual ( $M_n$ ) seperti pada persamaan(2-19) –(2-22) berikut:

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \quad (2-19)$$

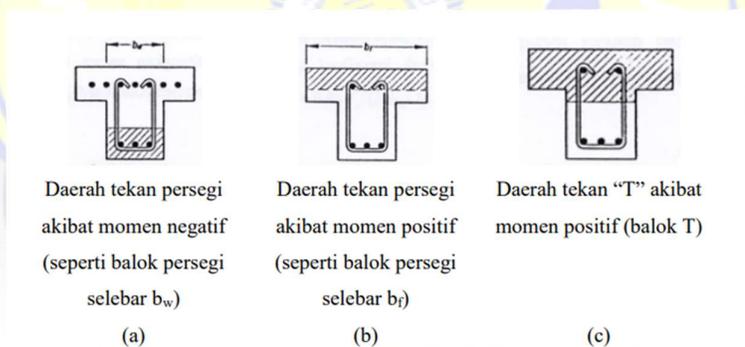
$$M_{nc} = C_c \cdot (d - a/2) \text{ dengan } C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (2-20)$$

$$M_{ns} = T_s (d - d_s') \text{ dengan } T_s = A_s \cdot f_s' \quad (2-21)$$

$$M_r = \phi \cdot M_n \text{ dengan } \phi = 0,9 \quad (2-22)$$

### 2.9.3 Konstruksi pada Balok T

Jika momen yang bekerja pada penampang adalah momen negatif, maka balok T akan berperilaku seperti balok persegi biasa (bagian yang diarsir pada gambar a), dimana bagian beton yang tertekan berbentuk empat persegi dengan lebar yang tertekan sebesar  $b_w$ , sehingga analisis dan desainnya sama seperti balok persegi. Seperti pada gambar (2.13)



Gambar 2.13 Bagian tekan pada blok T

(sumber : Ali Asroni, 2010)

Jika momen yang bekerja pada penampang adalah momen positif, maka ada dua kemungkinan yang terjadi yaitu :

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

Penulangan lentur pada balok T dapat dihitung seperti pada penulangan lentur pada balok persegi biasa apabila kemampuan menahan momen akibat beton tekan flens lebih besar daripada momen nominal yang mampu ditahan balok ( $M_{Cc} \geq M_n$ ). Kuat tekan beton sisi tekan setebal flens dihitung pada persamaan (2-23)

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \quad (2-23)$$

#### 2.9.4 Penulangan geser dan torsi pada balok

Tulangan geser dibutuhkan untuk menahan gaya geser atau gaya lintang yang bekerja pada bagian ujung balok sehingga dapat menimbulkan retak miring pada balok. Torsi atau momen puntir adalah momen yang bekerja terhadap sumbu longitudinal balok atau elemen struktur yang dapat terjadi karena adanya beban 47 eksentrik yang bekerja pada balok tersebut. Berdasarkan SNI-2847-2019, pengaruh torsi atau puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor  $T_u$  memenuhi syarat sesuai persamaan (2-24) berikut:

$$T_u \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \sum x^2 \text{ dengan } \phi = 0,75 \quad (2-24)$$

dengan :

$$\sum x^2 y = X_1^2 y_1 + 2x_2^2 (3x^2 y) \text{ untuk balok berpenampang persegi.}$$

Kuat momen torsi yang diberikan balok beton, dihitung dengan persamaan (2-25)

$$T_c = \frac{\frac{\sqrt{f_c'}}{15} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[ \frac{0,4 v_u}{c_t T_u} \right]^2}} \quad (2-25)$$

Kemampuan maksimum menahan gaya geser pada balok dihitung dengan persamaan (2-26)

$$V_c = \frac{\frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left[ 2,5 c_t \frac{T_u}{V_u} \right]^2}} \quad (2-26)$$

#### 2.10 Kolom

Kolom adalah salah satu elemen struktur yang vertikal berfungsi meneruskan beban aksial dan diteruskan ke fondasi. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat

menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

### 2.10.1 Asumsi yang digunakan dalam perancangan

Menurut Sudarmoko (1994) dalam menghitung kolom perancangannya di dasarkan pada asumsi sebagai berikut:

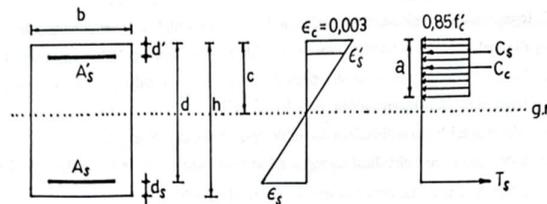
- 1) Regangan dalam tulangan dan beton harus berbanding langsung dengan jarak dari sumbu netral.T
- 2) Tegangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton tekan terluar sama dengan 0,003.
- 3) Tegangan dalam tulangan di bawah kuat leleh yang ditentukan  $f_y$  untuk mutu tulangan yang digunakan harus diambil sebesar  $E_s$  dikalikan regangan baja. Untuk regangan yang lebih besar dari regangan yang diberikan  $f_y$ , tegangan pada tulangan harus dianggap tidak tergantung pada regangan dan sama dengan  $f_y$ .
- 4) Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam hitungan.
- 5) Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton dianggap berbentuk persegi.
- 6) Distribusi tegangan beton persegi ekuivalen didefinisikan sebagai berikut:
  - a) Tegangan beton sebesar  $0,8 f'_c$  harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak  $a = \beta_1 c$  dari serat dengan regangan tekan maksimum.
  - b) Jarak  $c$  dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
  - c) Faktor  $\beta_1$  harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton  $f'_c$  antara 17 MPa sampai dengan 28 MPa. Untuk kekuatan diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan 7 MPa diatas 28 MPa , tetapi tidak boleh lebih kurang dari 0,65 MPa. Ketentuan ini dapat dijelaskan sebagai berikut ini:

$$\text{Jika } 17 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 28 \text{ MPa} : \beta_1 = 0,85$$

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

tidak boleh kurang dari 0,65.

Keterangan mengenai diagram distribusii regangan dan tegangan serta ketimbangan gaya-gaya pada penampang beton dapat dilihat pada gambar (2.14) berikut ini:



Gambar 2.14 kolom diagram regangan dan tegangan gaya ekuivalen

(Sumber: Nawy, 1990)

### 2.10.2 Batas tulangan komponen structural

- Luas tulangan longitudinal ( $A_{st}$ ) untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0.01A_g$  atau lebih dari  $0.08A_g$  yang dijabarkan pada persamaan (2.27) berikut:

$$0.08A_g < A_{st} < 0.01A_g \quad (2.27)$$

- Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segiempat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segitiga dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral yang memenuhi no (iii).
- Rasio volume tulangan spiral  $\rho_s$  tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh pers (2.28)

$$s = 0.45 (A_g A_{ch} - 1) f'c f_{yt} \quad (2.28)$$

dengan nilai  $f_{yt} < 700 \text{ MP}$

### 2.10.3 Panjang tekukan kolom

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih antara plat lantai atau balok ujung-ujungnya dikalikan dengan suatu factor tekuk (k) yang besarnya :

a)  $k \geq 1$  untuk kolom tanpa pengaku samping (*unbraced*)

b)  $k \leq 1$  untuk kolom pengaku samping (*braced*)

Faktor tekuk ( $k$ ) merupakan fungsi dari tingkat penjepitan ujung atas ( $\mu_A$ ) dan tingkat penjepitan bawah ( $\mu_B$ ) dimana tingkat penjepitan ujung kolom tersebut dihitung dengan persamaan (2-29) :

$$\mu = \frac{\sum EI / Lu \text{ Kolom}}{\sum EI / Lu \text{ Balok}} \quad (2-29)$$

dengan :

$\mu$  = Tingkat penjepitan ujung kolom

$EI/Lu$  = factor kekakuan kolom atau balok yang ditinjau

Nilai dari factor tekuk ( $k$ ) dapat diperoleh dari nimogram atau grafik alignment dari struktur stability research council guide dengan memasukkan nilai-nilai  $\mu_A$  dan  $\mu_B$  kemudian menarik garis lurus melewati titik-titik  $\mu_A$  dan  $\mu_B$  tersebut sehingga didapat nilai  $k$ .

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa struktur tekan pada kolom/portal dengan beban aksial murni ( $e=0$ ) merupakan hal yang sangat mustahil. Umumnya kolom memikul beban aksial dan momen. Momen pada kolom terjadi akibat :

- kekuatan ujung
- pengecoran yang monolit dengan balok-balok lantai
- ketidaktepatan letak ukuran kolom
- beban yang tidak simetris akibat perbedaan tebal plat lantai disekitar kolom
- ketidaksempurnaan pelakasanaanya dan lain sebagainya.

Apabila menurut hitungan, suatu kolom secara teoritis hanya mendukung gaya aksial sentris dan untuk eksentris tambahan harus diperhitungkan. SNI 2002 pasal 10.8 menetapkan eksentrisitas minimum (dalam mm) sebesar seperti persamaan (2-30) :

$$e_{min} = 15 + 0,03h \quad (2-30)$$

$h$  = Tinggi kolom (mm)

#### 2.10.4 Kolom panjang dan kolom pendek

Suatu komponen struktur tekan pada portal bergoyang, dikatakan pendek atau panjang apabila perbandingan kelangsingannya memenuhi syarat perbandingan panjang tekuk kolom ( $kl_u$ ) terhadap radius girasi ( $r$ ) seperti yang terdapat dalam Persamaan (2-31) dan Persamaan (2-32).

$$kl_u / r \leq 22, \text{ untuk kolom pendek} \quad (2-31)$$

$$100 \geq kl_u / r \geq 22, \text{ untuk kolom Panjang} \quad (2-32)$$

Nilai  $r$  boleh diambil  $0,3h$  untuk kolom persegi.

Apabila nilai perbandingan kelangsingan untuk kolom pendek tidak terpenuhi, maka komponen struktur tekan dikatakan kolom panjang. Sehingga diperlukan suatu faktor pembesaran momen agar dapat menambah kekuatan nominal dari kolom panjang tersebut.

#### 2.10.5 Kekuatan Kolom Pendek dengan Beban Sentris

Kondisi pembebanan sentris tanpa adanya eksentrisitas yang akan menyebabkan lentur, sehingga kuat beban sentris maksimum atau kuat tekan beban aksial nominal ( $P_o$ ) dinyatakan persamaan (2-33) sebagai berikut :

$$P_o = 0,85 F'c(A_g - A_{st}) + F_y A_{st} \quad (2-33)$$

Beban aksial tidak disertai eksentrisitas,  $P_n$  akan sama dengan  $P_o$ . Dalam prakteknya tidak ada kolom yang dibebani tanpa eksentrisitas, maka sebagai tambahan faktor reduksi kekuatan untuk mempernghitungkan eksentrisitas minimum. Dengan ketentuan bahwa kekuatan kolom nominal dengan pengikat Sengkang di reduksi 20%, sehingga rumus kuat beban aksial minimum adalah sebagai persamaan (2-34) berikut:

$$P_{n(maks)} = 0,8 \{ 0,85 F'c(A_g - A_{st}) + F_y A_{st} \} \quad (2-34)$$

Kekuatan nominal untuk perencanaan perlu dikalikan dengan nilai faktor reduksi kekuatan, untuk kolom dengan Sengkang di berikan sebesar  $\phi = 0,65$ , sehingga rumus kuat beban aksial maksimum menjadi persamaan (2-35):

$$P_{n(maks)} = 0,8 \phi \{ 0,85 F'c(A_g - A_{st}) + F_y A_{st} \} \quad (2-35)$$

Apabila  $P_n$  adalah beban aksial dan  $P_{nb}$  adalah beban aksial dalam kondisi balance maka ada tiga kemungkinan jenis keruntuhan :

- 1)  $P_n < P_{nb}$  terjadi keruntuhan tarik
- 2)  $P_n = P_{nb}$  terjadi keruntuhan balanced
- 3)  $P_n > P_{nb}$  terjadi keruntuhan tekan

#### 2.10.6 Kondisi tarik menentukan

Awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas yang besar dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Peralihan dari keruntuhan tekan ke keruntuhan tarik terjadi pada eksentitas sama dengan  $e_b$ . jika  $e$  lebih besar dari pada  $e_b$  atau  $P_n < P_{nb}$  maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan tarik. Beban aksial nominal pada kondisi ini dapat di hitung pada persamaan (2-36).

$$P_n = 0,8 f_c \cdot b \left[ \left( \frac{h-2e}{2d} \right) + \sqrt{\left( \frac{h-2e}{2d} \right)^2 + 2 m \rho \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right] \quad (2-36)$$

#### 2.10.7 Kondisi keruntuhan balanced

Jika eksentrisitas makin kecil maka ada suatu transisi dari keruntuhan tarik ke keruntuhan tekan. Keruntuhan balanced terjadi apabila tulangan tarik mengalami regangan leleh dan saat itu pula beton mengalami regangan batasnya. Beban aksial nominalnya dapat dihitung dengan persamaan (2-37) berikut:

$$P_n = 0,85 f_c' b a b + A_s' f_s - A_s f_y \quad (2-36)$$

#### 2.10.8 Kondisi tekan menentukan

Keruntuhan tekan diawali dengan hancurnya beton. Eksentrisitas gaya normal yang terjadi lebih kecil daripada  $e_b$  dan beban tekan  $P_n$  melampaui kekuatan berimbang  $P_{nb}$ . Beban aksial nominal pada kondisi ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_n = \frac{A_s' f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} + \frac{b h f_c'}{\frac{3 h e}{d^2} + 1,18} \quad (2-37)$$

#### 2.10.9 Penulangan geser kolom

Penulangan geser kolom pada dasarnya merupakan dengan penulangan geser pada balok. Hanya pada kolom daerah ujung-ujung kolom harus mendapatkan perhatian khusus sebagai persyaratan bagi suatu struktur bangunan bertulang yang tahan gempa.

Dalam SNI-2847-2019 pasal 10.5.3 tentang tulangan geser, Kekuatan geser satu arah nominal dalam penampang ( $V_n$ ) dihitung dengan persamaan (2-38):

$$V_n = V_c + V_s \quad (2-38)$$

Untuk dimensi untuk desain penampang harus memenuhi persamaan berikut di tujukan untuk meminimalisasikan keruntuhan diagonal tekan dalam beton dan batas perkembangan retak sebagai persamaan (2-39) berikut:

$$V_u \leq \phi(V_c + 0,066\sqrt{f_c'}b_w d) \quad (2-39)$$

Luas minimum tulangan geser,  $A_{y,min}$ , harus disediakan di semua wilayah dimana persamaan (2-40):

$$V_u > 0,5 \Phi V_c \quad (2-40)$$

Bila tulangan geser diperlukan,  $A_{y,min}$  harus lebih besar dari a) dan b) seperti persamaan (2-41) dan (2-42)

$$a) \quad 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (2-41)$$

$$b) \quad 0,35 \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (2-42)$$

Jika di perlukan tulangan geser harus menggunakan Sengkang ikat, Sengkang pengekang atau Sengkang spiral. Sepasi maksimum tulangan Sengkang geser harus sesuai tabel 10.7.6.5.2 SNI 2847-2019 pada tabel (2.22).

Tabel 2.22 Persyaratan spasi maksimum tulangan geser

$V_s$	Sepasi maksimum, s, mm		
		Kolom nonprategang	Kolom prategang
$\leq 0,33 \sqrt{F_c'} b_w d$	Terkecil dari:	$d/2$	$3h/4$
		600	
$> 0,33 \sqrt{F_c'} b_w d$	Terkecil dari:	$d/4$	$3h/8$
		300	

(sumber: SNI-2847-2019 Persyaratan spasi maksimum tulangan geser)

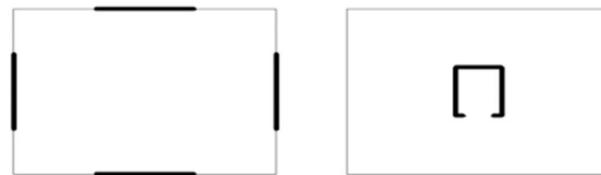
## 2.11 Dinding Geser (*Sher Wall*)

Dinding geser atau *shear wall* adalah struktur penahan gaya lateral untuk menahan beban gempa dan gaya geser dasar horizontal yang diakibatkan oleh gaya lateral tersebut. Menurut letak dan fungsinya, dinding geser diklasifikasikan dalam 3 bentuk yaitu:

1. *Bearing walls*. Struktur yang dapat menahan sebagian besar beban gravitasi. Dinding -dinding ini juga menggunakan struktur partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. *Frame walls*. Struktur yang dapat menahan beban lateral, dimana beban gravitasi bermula dari rangka beton bertulang. Dinding-dinding ini direncanakan diantara lajur kolom.
3. *Core walls*. Struktur yang terletak pada inti pusat bagian dalam gedung yang umumnya dfungsikan sebagai tangga atau bahkan poros lift. Dinding yang terletak di area inti ini dianggap menjadi pilihan paling ekonomis karena memiliki fungsi ganda.

Jenis dinding geser shear wall dibagi menjadi dua yaitu dapat di lihat pada gambar (2.15):

1. Dinding tunggal yang diletakkan terpisah pada tiap sisi bangunan
2. Beberapa dinding geser yang sidudun membntuk core dan diletakakan di tengah bangunan.



Gambar 2.15 Jenis dinding geser

(Sumber: Ibad, 2021)

## 2.11 Pondasi

Pondasi merupakan elemen struktur paling bawah dan berfungsi meneruskan beban yang diterima dari bangunan yang ada di atasnya. Secara umum pondasi dibagi menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow*

*foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Secara umum pondasi yang umumnya digunakan untuk bangunan gedung tinggi adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung struktur/bangunan bila lapisan kuat terletak sangat dalam. Daya dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung/memikul beban.

### 2.11.1 Tiang pancang

Tiang pancang merupakan bagian-bagian konstruksi yang terbuat dari kayu, beton, dan baja yang digunakan untuk meneruskan (menstramissikan) beban-beban permukaan ke tingkat yang lebih rendah kedalam masa tanah (Bowles, 1991). Pondasi tiang pancang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super structural) kelapisan tanah yang paling dalam.

Menurut (Bowles,1991), Penggunaan pondasi tiang pancang pada bangunan apabila saat tanah yang beraada dibawah tanah dasar pada bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang baik untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja. Selain itu pondasi tiang pancang juga dapat digunakan pada bangunan tanah uyang memiliki daya dukung yang cukup baik untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah dengan kedalaman lebih dalam 8m.

Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity*. Daya dukung tiang terdiri dari daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok.

#### a) Daya dukung *Bore pile*

Perhitungan kapasitas dukung aksial dan lateral tiang tunggal dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Kapasitas dukung aksial berdasarkan uji SPT
2. Kapastat dukung aksial berdasarkan kekuatan bahan
3. Kapasitas dukung aksial berdasarkan uji sondir (Bagemenn)
4. Kapasitas dukung aksial berdasarkan metode bro

#### b) Kapasitas pendukung tiang kelompok

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini terjadi jika tiang dipancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun di bawahnya terdapat lapisan lunak. Dalam kondisi tersebut, stabilitas kelompok tiang tergantung dari dua hal, yaitu :

- Kapasitas dukung tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur.
- Pengaruh penurunan konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang.

Pondasi harus dirancang untuk mampu menahan semua beban rencana dan reaksi-reaksi yang dapat terdiri dari gaya aksial, geser dengan momen yang harus ditahan oleh dasar pondasi (Nawy,1990).

Dalam hal beban eksentris atau momen yang disebabkan kombinasi pembebanan, tekanan tanah yang diakibatkan oleh kombinasi pembebanan tidak boleh melebihi harga yang diizinkan. Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi :

$$\sigma_{maks} = P BL (1 + 6e L) + q \quad (2-45)$$

$$\sigma_{maks} = P BL (1 + 6e L) + q \quad (2-46)$$

#### 2.11.2 Macam-macam tiang pancang

Menurut cara pemindahan beban tiang pancang dibagi 2 yakni

##### 1. Point bearing pile (End bearing pile)

Tiang pancang dengan tahanan ujung. Tiang ini meneruskan beban melalui tahananujung ke lapisan tanah keras.

##### 2. Friction pile

- *friction pile* pada tanah dengan butir-butir tanah kasar (*coarse grained*) dan sangat mudah melakukan air (*vary permeable soil*). Tiang ini meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit (*skin friction*). Pada proses pemancangan tiang-tiang ini dalam suatu group (kelompok) tiang yang mana satu sama lainnya saling

berdekatan akan menyebabkan akan menyebabkan berkurangnya pori-pori tanah mengcompactkan tanah diantara tiang -tiang tersebut dan tanah di sekeliling kelompok tiang tersebut. Karena itu tiang-tiang yang termasuk kategori ini disebut juga "*compaction pile*".

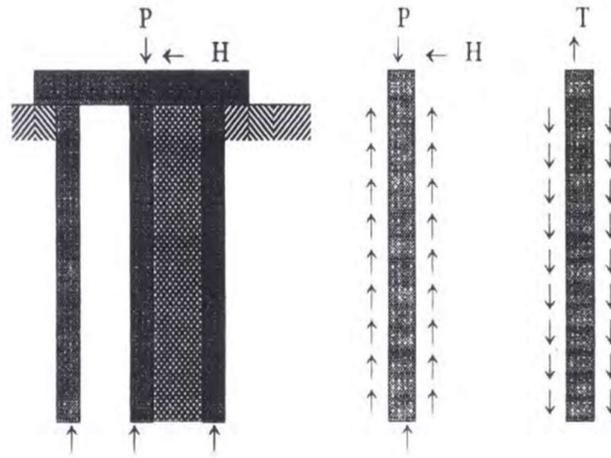
- *friction pile* pada tanah dengan butiran-butiran yang sangat halus (*very fine grained*) dan sukar melalukan air. Tiang ini juga meneruskan beban ke tanah melalui kulit (*skin friction*), akan tetapi pada proses pemancangan kelompok tiang tidak menyebabkan tanah diantara tiang-tiang, ini menjadi "*compact*". Karena itu tiang-tiang yang termasuk katagori ini disebut ("*floating pile foundation*").

### 2.11.3 Kapasitas stastistik tiang pancang tunggal

Tiang pancang merupakan bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari beton ,kayu dan baja yang digunakan untuk mentransmisikan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam suatu masa tanah. Hal ini merupakan distribusi vertical dari beban sepanjang boros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendahmelalui ujung tiang pancang. Beban vertical didistribusikan langsung pada lapisan tempat ujung tiang pancang berada.

Tiang pancang pada umumnya diggunakan seperti ilustrasi pada gambar (2.16) dan (2.17) berikut :

1. Membawa beban- beban yang di atas tanah,melalui sebuah lapisan tanah ke dalam.
2. Menahan gaya desakan keatas, gaya guling, halnya untuk telapak ruangan bawah tanah dibawah bidangbatas air jenuh auat untuk menopang kaki-kaki menahan terhadap guling.
3. Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan atau pir tiang, terutama jika erosi merupakan masalah yang potensial.



Gambar 2.16 konfigurasi tiang pancang dalam suatu masa tanah  
(Sumber: Joseph E. Bowles, Erlangga 1993)

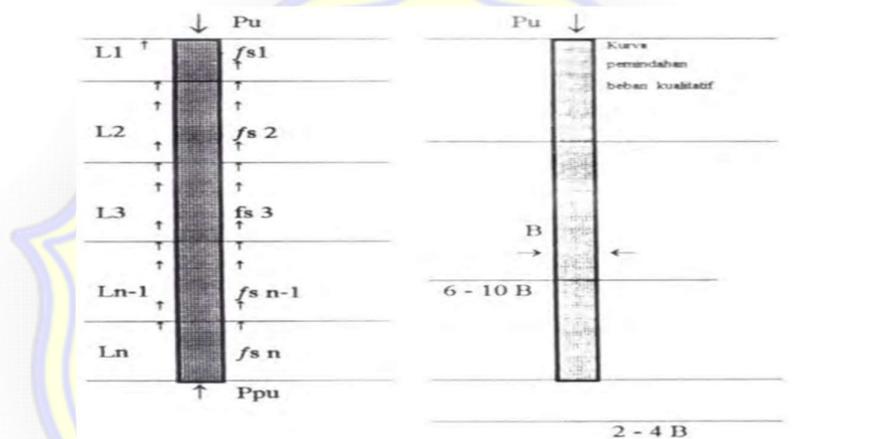
Tiang-tiang pancang tersebut di pancang kedalam tanah dengan sejumlah metode, yaitu:

1. Dengan pukulan berurutan secara tetap pada puncak tiang pancang dengan menggunakan sebuah hammer tiang pancang.
2. Pemancang dengan menggunakan alat pegetar yang ditempatkan pada puncak tiang pancang.
3. Di lakukan dengan cara mendongkrak tiang pancang.
4. Dilakukan dengan cara mengebor sebuah lobang serta memancang tiang pancang kedalamnya , atau yang lebih umum adalah mengisi beton ke dalam rongga tersebut.
5. Menekan tiang pancang dengan cara hidrolik.

Bila pondasi tiang pancang sudah ditetapkan dalam suatu konstruksi, maka penampang tiang pancang dan panjang yang diperlukan dihitung berdasarkan pada beban kerja, tegangan yang diijinkan pada bahan tiang, serta sifat-sifat tanah di tempat, sehingga jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dapat dihitung. Rumus-rumus dinamika, pengujian beban tiang pancang atau kombinasinya digunakan di proyek untuk mengontrol kesesuaian hasil perencanaan dengan pelaksanaan. Umumnya diakui bahwa

cara pengujian beban adalah cara yang paling dapat dipercaya untuk menentukan kapasitas tiang pancang yang sebenarnya.

Penentuan kapasitas yang pasti dari sebuah tiang pancang adalah sangat sukar. Sejumlah besar persamaan yang berbeda digunakan untuk menghitungnya, dan setiap persamaan yang digunakan tersebut jarang sekali yang memberikan hasil yang sama. Berikut ini akan dibahas perhitungan kapasitas tiang pancang dengan beberapa metode perhitungan yang umum digunakan. Adapun semua kapasitas tiang pancang dapat dihitung dengan persamaan (2-47) – (2-49) sebagai berikut:



Gambar 2.17 ilustrasi kapasitas tiang pancang dan daerah kurva pemindahan beban kualitatif.

(Sumber: Joseph E. Bowles, Erlangga 1993)

$$P_u = P_{pu} + \sum \psi_i \text{ (tekan)} \quad (2-47)$$

$$T_u = \sum \psi_i + W \text{ (tarik)} \quad (2-48)$$

$$\sum \psi_i = A_s \cdot f_s \quad (2-49)$$

dengan :

$P_u$  = Kapasitas tiang pancang ultimate terhadap gaya tekan (Ton)

$T_u$  = Kapasitas tiang pancang terhadap gaya tarik (Ton)

$P_{pu}$  = Kapasitas titik akhir (Ton)

$\sum \psi_i$  = Kapasitas tahanan kulit (Ton)

$A_s$  = Luas Bidang kontak = keliling x L (m<sup>2</sup>)

$f_s$  = Koefisien gesek antara tiang pancang dengan tanah

$W$  = Berat tiang pancang (Ton)

Kapasitas tiang pancang yang diijinkan ( $P_a$  atau  $T_a$ ) didapatkan dengan menerapkan suatu harga SF (Safety Faktor) yang sesuai pada bagian-bagian persamaan (2-50) dan (2-51) sebagai berikut:

$$P_a = \frac{P_u}{SF_p} + \frac{\Sigma \Psi_i}{SF_s} \quad (2-50)$$

Atau dengan menggunakan satu harga SF

$$P_a = \frac{P_u}{SF} \quad T_a = \frac{T_u}{SF} \quad (2-51)$$

Kapasitas titik akhir ( $P_{pu}$ ) dapat dihitung dengan rumus umum Meyerhof yang berdasarkan korelasi harga –harga  $\phi$  dengan faktor kedalaman serta bentuk pondasi, kapasitas titik akhir berdasarkan nilai N SPT, maupun perhitungan kapasitas titik akhir dengan berdasarkan pada harga perlawanan konus hasil penyelidikan CPT ( $q_c$ ). Dan untuk keamanan hasil perhitungan dengan ketiga cara di atas diambil harga yang paling kecil. Sedangkan kontribusi tahanan kulit  $\Sigma \Psi_i$  dapat dihitung dengan persamaan Janbu maupun persamaan Vesic dengan berbagai kombinasi data tanah berupa pengujian N-SPT dan perlawanan konus  $q_c$ -CPT.

## 2.12 Kapasitas Geser

Kekuatan geser slab dan pondasi di sekitar kaki kolom, ditentukan oleh kondisi yang paling berbahaya di antara kedua kondisi di bawah ini :

### 1) Aksi satu arah

Apabila hanya geser dan lentru yang bekerja, kekuatan geser nominal ada persamaan (2-52) :

$$V_c = 1.6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (2-52)$$

dengan :

$V_c$  = harus selalu lebih besar dari gaya geser nominal

$b$  = lebar pondasi

$V_n$  =  $V_u / \phi$

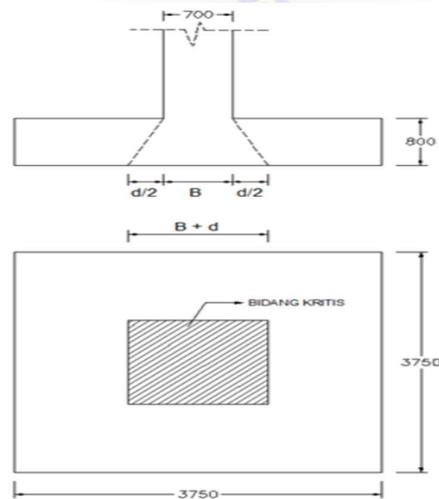
2) Aksi dua arah

Bidang penampang kritis yang tegak lurus dengan slab dianggap terletak pada lokasi sedemikian rupa sehingga mempunyai keliling minimum seperti (2.18)  $b_0$ . Menurut SNI 2847-2019 Pasal 13.1 kekuatan geser penampang persamaan (2-53) adalah :

$$V_c = (1 + 2 \beta_c) \sqrt{f'_c} 6 b. d \leq \sqrt{f'_c} 3 b_0. d. \beta_c \quad (2.53)$$

dengan :

$b_0$  = keliling kritis, yaitu panjang bidang kritis idealisasi



Gambar2.18 geser dua arah pada pondasi

(Sumber : [www.perencanaanstruktur.com](http://www.perencanaanstruktur.com))

## BAB III

### METODE PERENCANAAN

#### 3.1 Lokasi

Lokasi gedung Covid-19 berada di Jl. Prabu Rangkasari, Dasan Cermen, Kec. Sandubaya, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Kode pos. 84371 (-8.608335665880183, 116.13259769113492)



Gambar :3.1 Lokasi Gedung Covid-19 RSUP NTB

(Sumber: google earth, 2023)

#### 3.2 Pengumpulan Data

##### 3.2.1 Data Umum Gedung

- a) Nama Gedung : Rumah Sakit Covid-19 RSUP NTB
- b) Fungsi : Pelayanan Medis
- c) Zona gempa : 4
- d) Jumlah lantai : 6 Lantai
- e) Struktur utama : Struktur Beton Bertulang

##### 3.2.2 Data Perancangan Gedung

- a) Gambar Denah
- b) Data Teknis
  - Mutu beton yang digunakan ( $f'c$ ) = 25 MPa
  - Mutu baja tulangan polos ( $f_y$ ) = 240 MPa

- Mutu baja tulanga ulir ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Bangunan terletak di tanah Sedang (SD)

### 3.2.3 Peraturan Perencanaan

Dalam perencanaan proyek ini Adapun acuan peraturan-peraturan yang di gunakan adalah sebagai berikut :

- 1) SNI 1726-2019(Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung).
- 2) SNI 2847-2019( Persyaratan beton structural untuk bangunan Gedung dan penjelasannya).

### 3.2.4 Proses Perencanaan

selain literatur -literatur yang di gunakan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini Adapun langkah-langkah perancangan sebagai berikut:

- 1) Materi- materi yang di gunakan untuk menunjang penulisa Tugas Akhir ini..
- 2) Menganalisa beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen.
- 3) Analisa struktur dengan SAP V.22.
- 4) Struktur bangunan utama Rumah sakit COVID-19 RSUP NTB ini di rencanakan dengan sistem portal.
- 5) Lantai dan atap terdiri dari beban mati dan beban hidup.
- 6) Pembebanan pada ramp tangga serta bordes terdiri dari beban mati dan hidup dengan metode pembebanan mreta.
- 7) Dinding sebagai beban mati sementara.
- 8) Kombinasi pembebanan yang akan di gunakan adalah sebagai berikut:
  1. 1.4D
  2.  $1.2D + 1.6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
  3.  $1.2D + 1.6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
  4.  $1.2D + 1.0W + 1.0 L + 0.5 (L_r \text{ atau } R)$
  5.  $1.2D + 1.0E + 1.0L$
  6.  $0,9D + 1,0W$
  7.  $0,9D + 1,0E$
- 9) Pondasi dan kolom sebagai tumpuan jepit lateral.

### **3.2.5 Proses input data**

Proses pada input data untuk perencanaan struktur dengan pengoperasian program SAP V.22 terdiri atas beberapa tahapan diantaranya permodelan struktur, pembuatan *Grid Lines (Geometri struktur)*, pendefinisian material struktur, perencanaan dimensi elemen struktur, pembebanan struktur, dan analisis struktur.

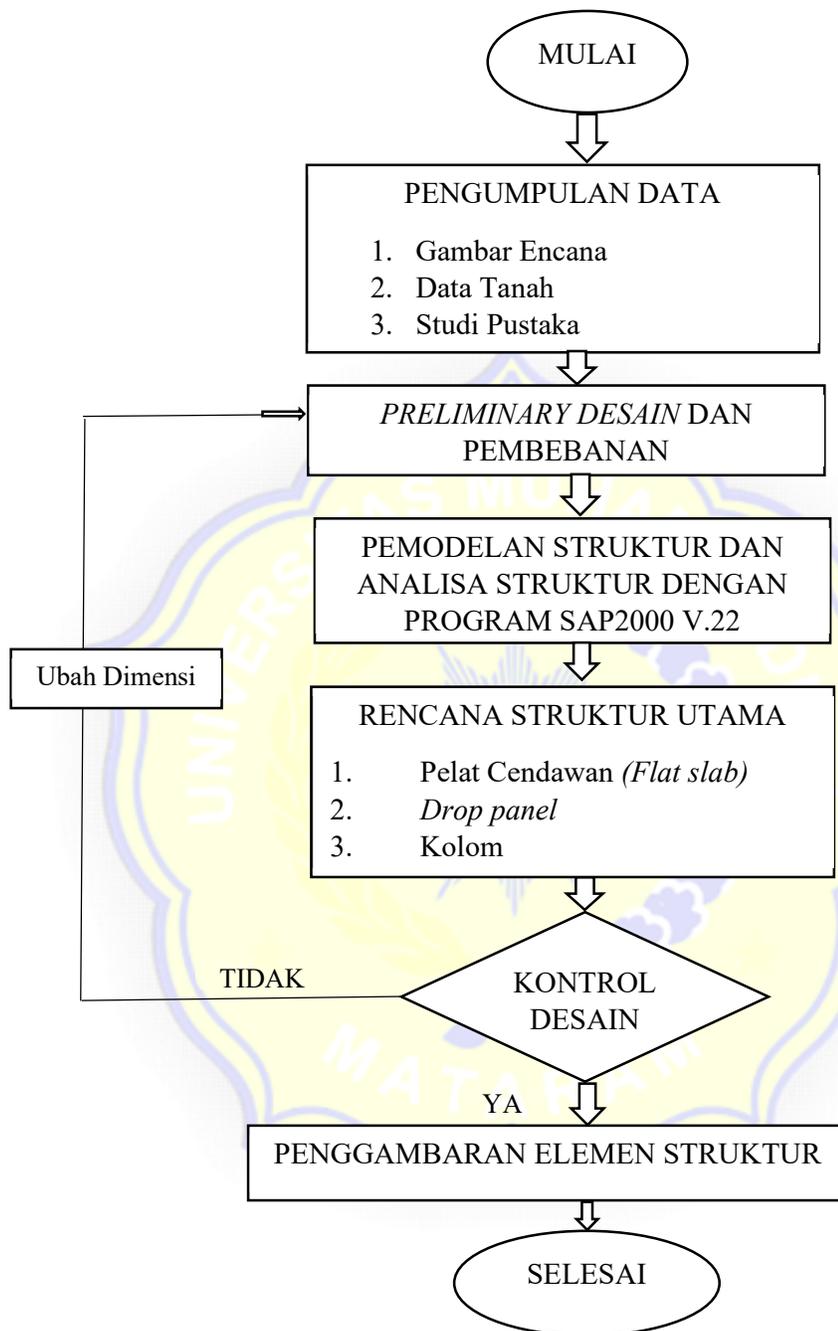
### **3.2.6 Proses output data**

Proses output yaitu membuat tabel- tabel dari hasil analisis struktur yang dilakukan pada struktur bangunan. Dari hasil analisa struktur akan digunakan dalam merencanakan analisa dalam mendesain pelat Cendawan (*flat slab*) pada lantai bangunan yang aman sesuai dengan standar yang telah di tetapkan.

Output ini merupakan tahap akhir yang didapatkan dari penginputan program SAP2000 V.22 keakuratan dari hasil perhitungan sebelumnya sangat mempengaruhi keakutaran dari data yang di hasilkan program ini. Untuk itu jika belum memenuhi persyaratan yang sudah di tentukan dalam SNI dan literatur-literatur acuan, maka akan dilakukan Analisa ulang.

### **3.3 Bagan Alir Perencanaan Struktrur Gedung**

Untuk memudahkan dalam menganalisa perencanaan Gedung Tugas Akhir ini agar lebih terstruktur maka disajikan bahan alir Analisa studi berikut:



Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan Gedung