

**SKRIPSI**  
**STUDI PERBANDINGAN DESAIN KOLOM BETON BERTULANG**  
**DENGAN CARA UNIAKSIAL DAN BIAKSIAL PADA GEDUNG COVID-**  
**19 RSUP NTB**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi**  
**Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata 1**  
**Fakultas Teknik**  
**Universitas Muhammadiyah Mataram**



**DISUSUN OLEH:**

**MAHANI**  
**2019D1B077**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**TAHUN 2023**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**SKRIPSI /TUGAS AKHIR**

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN KOLOM BETON BERTULANG**  
**DENGAN CARA UNIAKSIAL DAN BIAKSIAL PADA GEDUNG COVID-**  
**19 RSUP NTB**

Disusun oleh:

**MAHANI**

**2019D1B077**

**Mataram, 19 juni 2023**

**Pembimbing I,**

**Pembimbing II,**

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

  
**Ahmad Zarkasi, ST., MT**  
**NIDN. 0819068903**

**Mengetahui,**

**Universitas Muhammadiyah Mataram**

**Fakultas Teknik**

**Dekan,**

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

**NIDN.0804027101**

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**

**SKRIPSI**

**Studi Perbandingan Desain Kolom Beton Bertulang Dengan Cara  
Uniaksial Dan Biaksial Pada Gedung Covid-19 RSUP NTB**

**Studi Kasus: Gedung Covid-19 dan Trauma Center RSUD Provinsi NTB**

Disusun Oleh:

**MAHANI**

**2019D1B077**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari sabtu, 24 Juni 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji:**

- 1. Penguji I : Dr. Eng Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)**
- 2. Penguji II : Ahmad Zarkasi, ST., MT**
- 3. Penguji III : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT**

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

**Dekan,**

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

**NIDN. 0806027101**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

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

**“STUDI PERBANDINGAN DESAIN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN CARA UNIAKSIAL DAN BIAKSIAL PADA GEDUNG COVID-19 RSUP NTB”**

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 dikemudian 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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 06 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan



**MAHANI**  
**2019D1B077**



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 : Mahani  
NIM : 2019D1B077  
Tempat/Tgl Lahir : Keli / 17 Juli 2000  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp : 082 340 834 744  
Email : mahanihaniz13@gmail.com

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

STUDI PERBANDINGAN DESAIN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN  
CARA UNIAXIAL DAN BIAKSIAL PADA GEDUNG COVID-19 RSUP NTB

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 382

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis\* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

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

Mataram, 1 Juli 2023

Penulis



Mahani  
NIM. 2019D1B077

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 : Mahani  
NIM : 2019D18077  
Tempat/Tgl Lahir : Keli/17 Juli 2000  
Program Studi : Teknik SIPIL  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 082 340 834 744 /mahanihani713@gmail.com  
Jenis Penelitian : ☒ Skripsi ☐ KTI ☐ Tesis ☐ .....

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

STUDI PERBANDINGAN DESAIN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN CARA  
UNIAXIAL DAN BIAKSIAL PADA GEDUNG COVID-19 RSUD NTB

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, 4 Juli .....2023

Penulis



Mahani  
NIM. 2019D18077

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

## **MOTTO**

*“ sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri ”*

(Qs.Ar-Rad 11)

*“ Bila telah diperjuangkan dengan sungguh-sungguh baik hasilnya sukses atau gagal sesungguhnya semangat perjuangan itu adalah kesuksesan tersendiri ”*

(Andrie Wongso)

*“Berhasil atau tidak kedepannya tidak akan kita alami, jika mencobanya saja tidak kita lakukan”*

(Mahani,2023)



## UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas akhir ini dalam penyusunannya tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari semua pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Drs.Abdul Wahab,MA selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram
2. Dr.H.Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
3. Adryan Fitrayudha, ST.,MT selaku ketua Program Studi Teknik Sipil
4. Dr.Eng.Hariyadi, ST.,M.Sc.(Eng) selaku dosen pembimbing pertama
5. Ahmad Zarkasi, ST.,MT selaku dosen pembimbing kedua
6. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT selaku dosen penguji
7. Seluruh staf dan pegawai sekretariat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
8. Terimakasih yang tak terhingga untuk kedua orang tua saya ibu Habibah dan bapak Muhlisin yang selalu memberikan do'a dan dukungan moral maupun material. Sehingga dalam mengerjakan Tugas Akhir ini bisa lebih semangat dan menjadi motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Sahabat-sahabat saya , Lestari Wulansari, Apriani, Dae Sapitri, Tyara Dwi Putri, M.Ahyar, M.Al-Giffary Tp dan M.Razin setio budi yang selalu memberikan bantuan, dukungan, motivasi selama mengerjakan Tugas Akhir ini, dan untuk teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala do'a , bantuan dan dukungan semuanya , dalam usaha penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Tuhan yang maha pengasih dan penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas wajib ini.

Tugas ini mengambil judul **“STUDI PERBANDINGAN DESAIN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN CARA UNIAKSIAL DAN BIAKSIAL PADA GEDUNG COVID-19 RSUP NTB”**. Tujuan dari tugas akhir ini adalah diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi siapa saja yang akan mengambil judul yang sama dengan analisa ini. Tugas akhir ini juga merupakan salah satu persyaratan kelulusan guna mencapai gelar kesarjanaan pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

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

Mataram, Februari 2023

Penulis

## ABSTRAK

Metode uniaksial dan biaksial diterapkan pada perhitungan kolom yang mengalami aksial dan momen dua arah. Pada metode uniaksial perhitungan kolom mengalami aksial dan momen dua arah yang dipisahkan yaitu sumbu arah-x dan sumbu arah-y menjadi dua kali perhitungan, sedangkan metode biaksial perhitungannya sekaligus interaksi antara aksial dan momen dua arahnya.

Dalam analisis perencanaan ini membandingkan jumlah tulangan antara metode uniaksial dan biaksial. Struktur yang dianalisis menggunakan gedung Layanan Covid- 19 dan Trauma Center RSUD Provinsi NTB. Dengan luas penampang 30 x 48 m, dan tinggi bangunan 25,2 m. mutu bahan yang digunakan yaitu beton  $f'_c$  25 MPa, mutu baja tulangan ulir  $f_y$  400 MPa, dan mutu baja tulangan polos  $f_y$  240 MPa. Analisis hasil statika (Aksial P, Momen M, dan Gaya Geser V) dilakukan menggunakan *software SAP2000 V.22*.

Dari hasil kolom yang ditinjau jumlah tulangan kolom beton bertulang dengan metode uniaksial dan biaksial di dapatkan perbandingan yaitu: Cara uniaksial, Kolom pojok arah x sebanyak 10 tulangan, kolom pojok arah y sebanyak 12 tulangan, Kolom tengah arah x sebanyak 10 tulangan, kolom tengah arah y sebanyak 8 tulangan, Kolom pinggir arah x sebanyak 18 tulangan, kolom tengah arah y sebanyak 10 tulangan. Cara biaksial, Kolom pojok didapatkan sebanyak 14 tulangan, Kolom tengah didapatkan sebanyak 10 tulangan, Kolom pinggir didapatkan sebanyak 8 tulangan. Jadi jumlah tulangan yang lebih hemat dari kedua metode yaitu metode biaksial dengan penghematan sebesar 3,618%.

Kata kunci: Uniaksial, Biaksial, Tulangan, Beban aksial, Momen, Gaya geser

## ABSTRACT

The uniaxial and biaxial methods are applied in the calculation of columns subjected to axial and two-way bending moments. In the uniaxial method, the calculation of the column experiencing axial and two-way bending moments is separated into two calculations, along the x-axis and y-axis directions. On the other hand, the biaxial method considers the interaction between axial and two-way bending moments in a single calculation. This design analysis compares the amount of reinforcement between the uniaxial and biaxial methods. The structure analyzed is the Covid-19 Service and Trauma Center building at the Provincial Hospital of NTB. The building has a cross-sectional area of 30 x 48 m and a height of 25.2 m. The material properties used are concrete with a strength of  $f'_c$  25 MPa, reinforcement steel with a yield strength of  $f_y$  400 MPa for threaded reinforcement and  $f_y$  240 MPa for plain reinforcement. The static analysis results (axial force  $P$ , moment  $M$ , and shear force  $V$ ) are obtained using SAP2000 V.22 software. Based on the column results, the comparison of reinforced concrete column reinforcement quantities between the uniaxial and biaxial methods is as follows: In the uniaxial method, for corner columns in the x-direction, there are 10 bars, while in the y-direction, there are 12 bars. For middle columns, in the x-direction, there are 10 bars, and in the y-direction, there are 8 bars. For edge columns, in the x-direction, there are 18 bars, and in the y-direction, there are 10 bars. In the biaxial method, for corner columns, there are 14 bars, for middle columns, there are 10 bars, and for edge columns, there are 8 bars. Therefore, the biaxial method requires fewer reinforcements compared to the uniaxial method, resulting in a cost savings of 3.618%.

**Keywords:** Uniaxial, Biaxial, Reinforcement, Axial Load, Bending Moment, Shear Force

MENGESAHKAN  
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA  
MATARAM \_\_\_\_\_



## DAFTAR ISI

|                                                      |      |
|------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN COVER .....                                  | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....                   | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....                     | iii  |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....                     | iv   |
| SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....             | v    |
| SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  | vi   |
| MOTTO .....                                          | vii  |
| UCAPAN TERIMAKASIH.....                              | viii |
| KATA PENGANAR.....                                   | iv   |
| ABSTRAK .....                                        | x    |
| ABSTRACT .....                                       | xi   |
| DAFTAR ISI.....                                      | xii  |
| DAFTAR TABEL .....                                   | xv   |
| DAFTAR GAMBAR.....                                   | xvii |
| DAFTAR NOTASI.....                                   | xix  |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                              | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                             | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                            | 2    |
| 1.3 Tujuan Perencanaan .....                         | 2    |
| 1.4 Manfaat Perencanaan .....                        | 3    |
| 1.5 Batasan Masalah.....                             | 3    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                          | 4    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                            | 4    |
| 2.2 Landasan Teori .....                             | 5    |
| 2.2.1 Tegangan,reganga, dan modulus elastisitas..... | 5    |
| 2.2.2 Pembebanan.....                                | 9    |
| 2.2.3 Simpangan Antar Lantai Tingkat Izin .....      | 26   |
| 2.2.4 Faktor Reduksi Kekuatan .....                  | 27   |
| 2.2.5 Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang .....  | 29   |
| 2.2.6 Pondasi .....                                  | 32   |

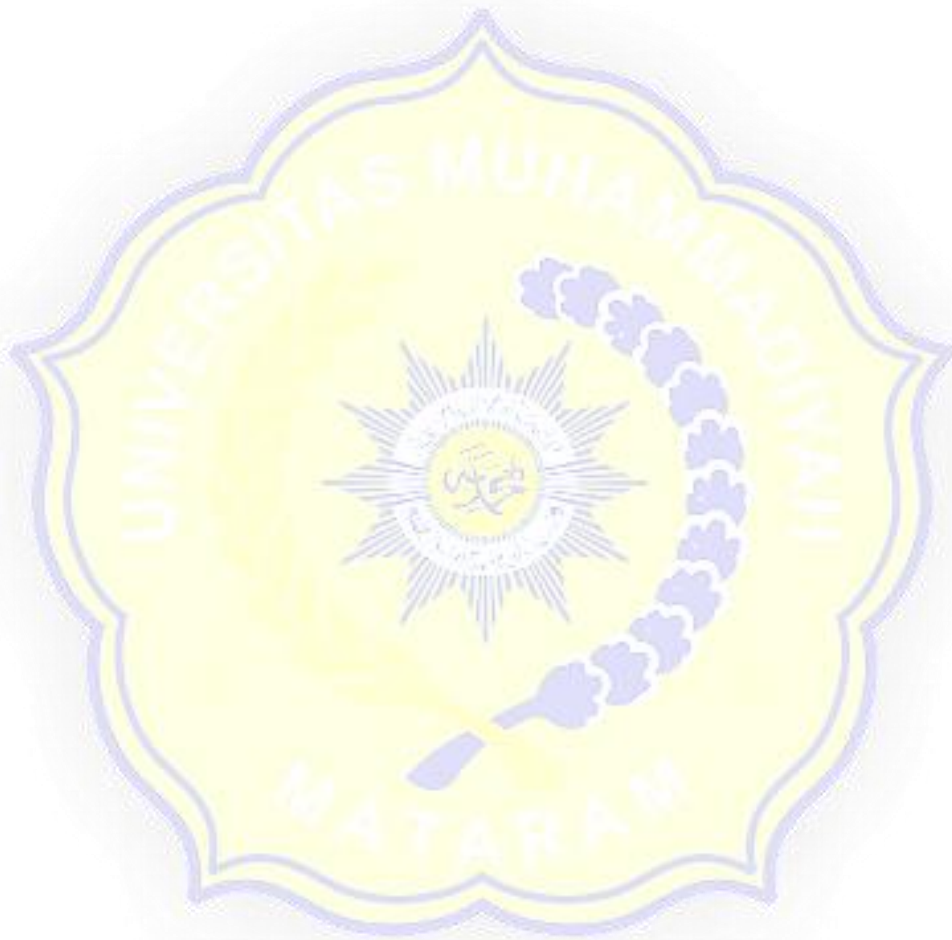
|                                                        |            |
|--------------------------------------------------------|------------|
| 2.2.7 Pelat Lantai Konvensional .....                  | 34         |
| 2.2.8 Balok .....                                      | 41         |
| 2.2.9 Kolom.....                                       | 44         |
| 2.2.10 Analisis menggunakan software SAP200 V.22 ..... | 61         |
| <b>BAB III Metode Perencanaan.....</b>                 | <b>64</b>  |
| 3.1 Deskripsi Model Struktur.....                      | 64         |
| 3.2 Pengumpulan Data .....                             | 65         |
| 3.2.1 Data Umum Bangunan.....                          | 65         |
| 3.2.2 Data Teknis.....                                 | 65         |
| 3.2.3 Gambar Kerja Dan Desain Gedung .....             | 65         |
| 3.2.4 Pembebanan.....                                  | 67         |
| 3.2.5 Analisis Struktur Dengan SAP 2000 V.23.....      | 67         |
| 3.3 Perencanaan Struktur.....                          | 68         |
| 3.3.1 Perencanaan Pelat.....                           | 68         |
| 3.3.2 Perencanaan Statika.....                         | 68         |
| 3.3.3 Perencanaan Balok .....                          | 68         |
| 3.3.4 Perencanaan Kolom.....                           | 69         |
| 3.3.5 Perencanaan Pondasi .....                        | 69         |
| 3.4 Bagan Alir Perencanaan.....                        | 70         |
| <b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>             | <b>71</b>  |
| 4.1 Umum .....                                         | 71         |
| 4.2 Data Masukan .....                                 | 71         |
| 4.3 Perencanaan Struktur .....                         | 72         |
| 4.3.1 Dimensi Elemen Struktur.....                     | 72         |
| 4.3.2 Perencanaan Tebal Pelat .....                    | 73         |
| 4.3.3 Penulangan Pelat Lantai.....                     | 74         |
| 4.3.4 Pembebanan.....                                  | 83         |
| 4.3.5 Penulangan Balok .....                           | 103        |
| 4.3.6 Analisis Kolom Uniaksial dan Biaksial .....      | 116        |
| 4.3.7 Pondasi .....                                    | 203        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                             | <b>227</b> |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 5.1 Kesimpulan ..... | 227 |
|----------------------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 5.2 Saran ..... | 227 |
|-----------------|-----|

DAFTAR PUSTAKA

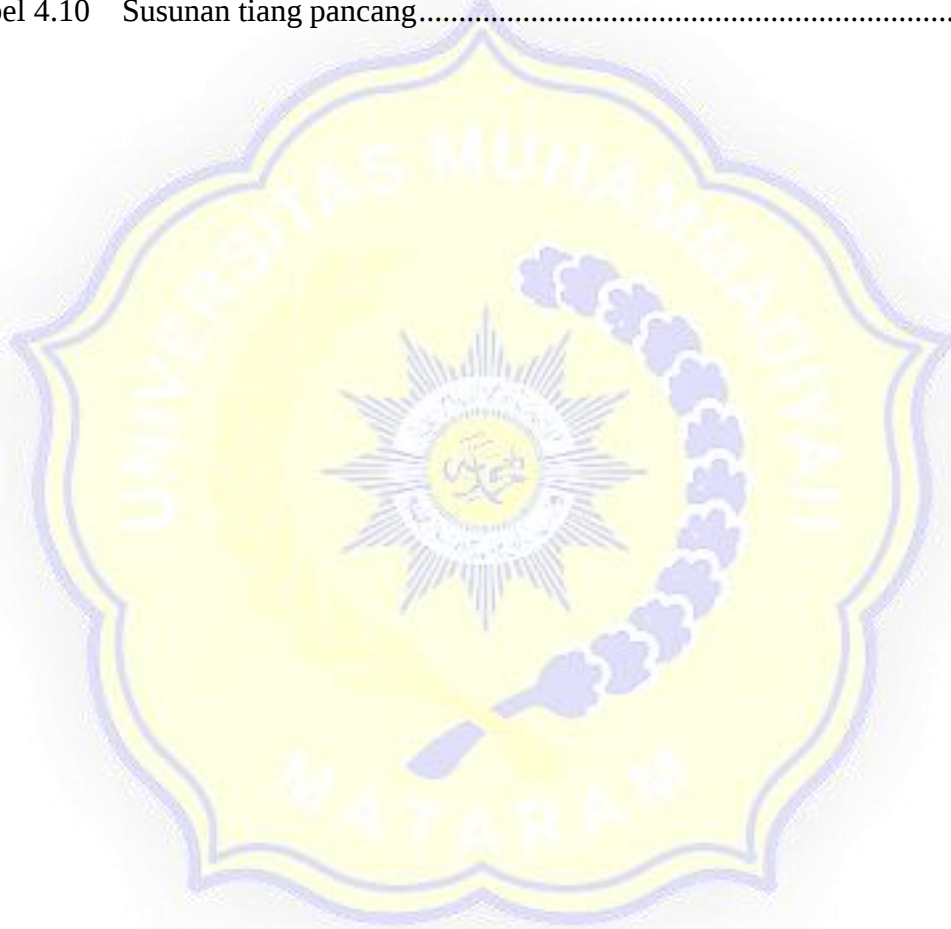
LAMPIRAN-LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

|            |                                                                                             |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1  | Berat Sendiri Bahan Bangunan .....                                                          | 9  |
| Tabel 2.2  | Berat Sendiri Komponen Gedung .....                                                         | 10 |
| Tabel 2.3  | Beban hidup distribusi merata monimum, $L_o$ dan beban hidup terpusat minimum .....         | 12 |
| Tabel 2. 4 | Kategori resiko bangunan gedung nongedung untuk beban gempa ...                             | 17 |
| Tabel 2.5  | Faktor keutamaan gempa .....                                                                | 19 |
| Tabel 2.6  | Klasifikasi situs .....                                                                     | 19 |
| Tabel 2.7  | Koefisien situs, $F_a$ .....                                                                | 21 |
| Tabel 2.8  | koefisien situs, $F_v$ .....                                                                | 21 |
| Tabel 2.9  | kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek .....  | 24 |
| Tabel 2.10 | kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik ..... | 24 |
| Tabel 2.11 | Simpangan antar tingkat izin.....                                                           | 27 |
| Tabel 2.12 | Faktor reduksi kekuata ( $\phi$ ).....                                                      | 27 |
| Tabel 2.13 | Faktor reduksi kekuatan untuk momen, atau kombinasi momen dan gaya aksial.....              | 28 |
| Tabel 2.14 | Faktor reduksi kekuatan $\phi$ untuk seksi akhir dari prategang.....                        | 29 |
| Tabel 2.15 | Faktor $\beta_1$ untuk distribusi tegangan beton persegi ekuivalen.....                     | 32 |
| Tabel 2.16 | Ketebalan minimum.....                                                                      | 36 |
| Tabel 2.17 | Perhitungan lendutan izin maksimum.....                                                     | 37 |
| Tabel 2.18 | Ketebalan selimut beton.....                                                                | 37 |
| Tabel 2.19 | Ketabalan minimum pelat dua arah .....                                                      | 39 |
| Tabel 2.20 | Ketebalan minimum pelat dua arah dengan balok di antara tumpuan pada semua sisi.....        | 39 |
| Tabel 2.21 | Tinggi minimum balok.....                                                                   | 44 |
| Tabel 2.22 | Persyaratan spasi maksimum tulangan geser .....                                             | 48 |
| Tabel 4.1  | Penulangan pelat lantai .....                                                               | 82 |
| Tabel 4.2  | Beban mati amplup pelat lantai.....                                                         | 87 |

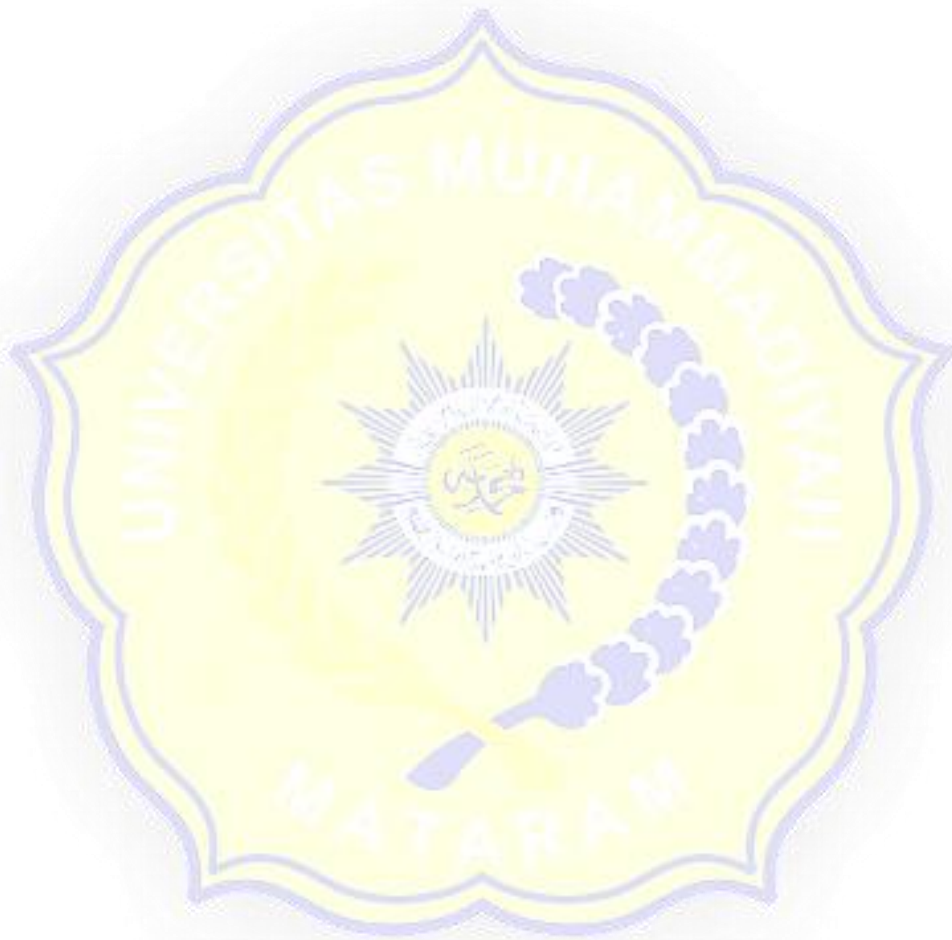
|            |                                                   |     |
|------------|---------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.3  | Beban mati pada atap .....                        | 88  |
| Tabel 4.4  | Beban hidup amplup pelat lantai.....              | 91  |
| Tabel 4.5  | Beban hidup atap.....                             | 94  |
| Tabel 4.6  | Penulangan kolom.....                             | 203 |
| Tabel 4.7  | Hasil perhitungan sudut gesek ( $\phi'$ ) .....   | 207 |
| Tabel 4.8  | Hasil perhitungan $K_d.Tg\delta$ tiap lapis ..... | 208 |
| Tabel 4.9  | Hasil perhitungan tahanan gesek tiang Qs .....    | 208 |
| Tabel 4.10 | Susunan tiang pancang.....                        | 210 |



## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                                    |     |
|-------------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 2.1  | Gaya tekan dan tarik pada batang .....                             | 5   |
| Gambar 2.2  | Regangan panjang akibat gaya tarik dan tekan .....                 | 6   |
| Gambar 2.3  | Regangan volume akibat gaya hidrostatik .....                      | 7   |
| Gambar 2.4  | Karakteristik tegangan-regangan.....                               | 8   |
| Gambar 2.5  | Spektrum respon desain .....                                       | 23  |
| Gambar 2.6  | Jarak antar tiang pancang .....                                    | 34  |
| Gambar 2.7  | Pelat satu arah .....                                              | 35  |
| Gambar 2.8  | Pelat dua arah .....                                               | 36  |
| Gambar 2.9  | Distribusi regangan dan tegangan pada balok bertulang rangkap..... | 42  |
| Gambar 2.10 | Bagian tekan pada balok T .....                                    | 43  |
| Gambar 2.11 | Jenis kolom berdasarkan beban yang bekerja .....                   | 45  |
| Gambar 2.12 | Kolom bersengkang .....                                            | 47  |
| Gambar 2.13 | Kolom spiral.....                                                  | 47  |
| Gambar 2.14 | Kondisi keruntuhan seimbang penampang kolom persegi.....           | 50  |
| Gambar 2.15 | Penampang kolom persegi dengan beban eksentris .....               | 51  |
| Gambar 2.16 | Faktor panjang efektif .....                                       | 57  |
| Gambar 2.17 | hubungan interaksi untuk lentur biaksial .....                     | 58  |
| Gambar 3.1  | Lokasi pembangunan gedung covid-19 fan trauma center .....         | 64  |
| Gambar 3.2  | Denah balok lantai 1-6 .....                                       | 65  |
| Gambar 3.3  | Denah kolo lantai 1-6 .....                                        | 66  |
| Gambar 3.4  | Denah lantai 1.....                                                | 66  |
| Gambar 3.5  | Bagan alir perencanaan .....                                       | 70  |
| Gambar 4.1  | Penamaan type pelat.....                                           | 83  |
| Gambar 4.2  | Pembagian bidang pada pelat.....                                   | 84  |
| Gambar 4.3  | Grafik respons spektrum tanah sedang (SD).....                     | 96  |
| Gambar 4.4  | Hasil uji sondir pada 2 titik uji .....                            | 204 |
| Gambar 4.5  | Nilai uji SPT.....                                                 | 205 |
| Gambar 4.6  | Jumlah tiang pancang yang digunakan.....                           | 210 |
| Gambar 4.7  | Tinjau geser arah x .....                                          | 212 |

|             |                                                         |     |
|-------------|---------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.8  | Tinjau geser arah y .....                               | 214 |
| Gambar 4.9  | Gaya geser pons dua arah.....                           | 216 |
| Gambar 4.10 | Tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah x .... | 218 |
| Gambar 4.11 | Tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah y..... | 221 |



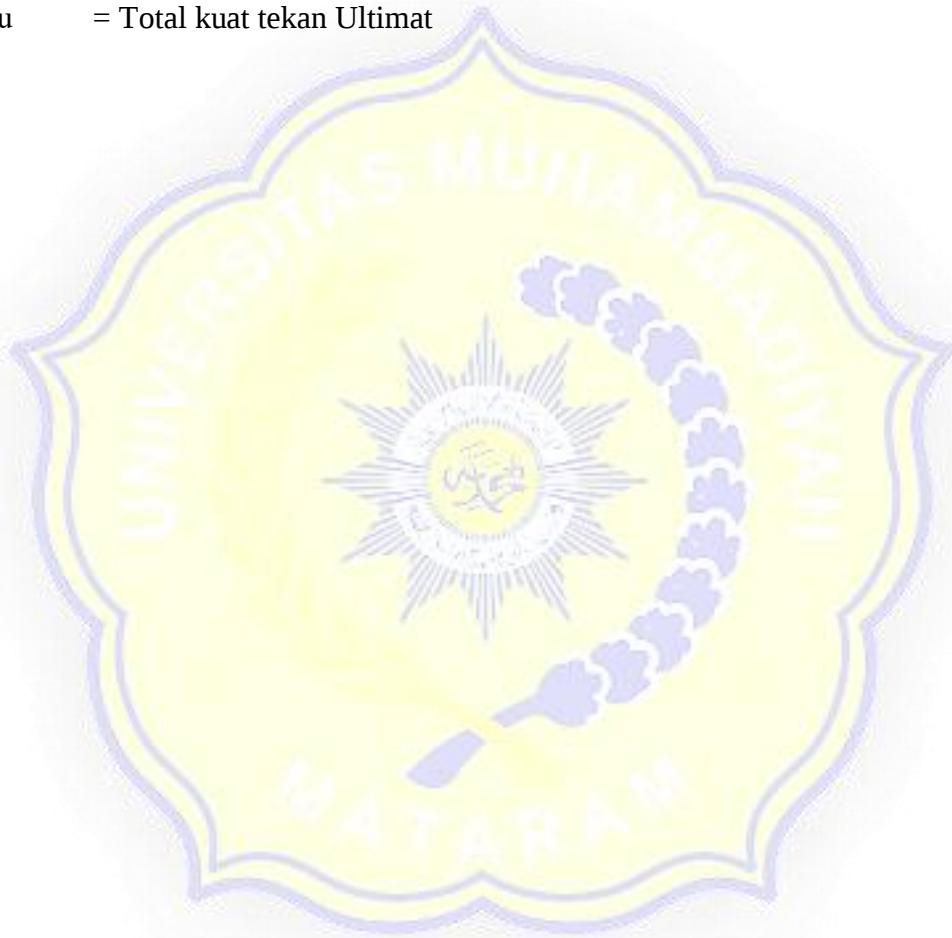
## DAFTAR NOTASI

|          |                                                                                   |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $A_g$    | = Luas bruto penampang, mm <sup>2</sup>                                           |
| $A_s$    | = Luas tulangan tarik, mm <sup>2</sup>                                            |
| $A's$    | = Luas kebutuhan tulangan tekan, mm <sup>2</sup>                                  |
| $A_v$    | = Luas kebutuhan tulangan geser, mm <sup>2</sup>                                  |
| $a$      | = Tinggi balok tegangan persegi ekuivalent, mm                                    |
| $b$      | = Lebar penampang                                                                 |
| $C$      | = Nilai faktor respons gempa                                                      |
| $C_c$    | = Selimut bersih dari penampang tarik terdekat ke permukaan tulangan tarik lentur |
| $C_s$    | = Koefisien respons seismik                                                       |
| $C_u$    | = Koefisien periode batas atas                                                    |
| $d_s$    | = Jarak serat tarik terluar ke pusat tulangan tarik, mm                           |
| $d'$     | = Jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm                           |
| $E_c$    | = Modulus elastisitas beton, MPa                                                  |
| $E_h$    | = Pengaruh gaya gempa horizontal                                                  |
| $E_s$    | = Modulus elastisitas baja, MPa                                                   |
| $F_a$    | = Koefisien situs untuk periode pendek 0,2 detik                                  |
| $F_i$    | = Beban gempa horizontal pada lantai I                                            |
| $F_v$    | = Koefisien situs untuk periode panjang                                           |
| $f'_c$   | = Kuat tekan beton                                                                |
| $f_y$    | = Tegangan leleh baja                                                             |
| $F_{yh}$ | = Kuat leleh tulangan geser                                                       |
| $f'_s$   | = Tegangan desak beton                                                            |
| $H$      | = Tebal lapisan tanah dinyatakan dalam meter                                      |
| $h$      | = Tinggi penampang, mm                                                            |
| $h_i$    | = Ketinggian lantai pada tingkat 1                                                |
| $I$      | = Faktor keutamaan gedung                                                         |
| $I$      | = Momen inersia                                                                   |
| $I_g$    | = Momen inersia penampang bruto beton                                             |



|                 |                                                                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $k$             | = Faktor tekuk                                                                              |
| $l_u$           | = Panjang bentang bersih, mm                                                                |
| $M_n$           | = Kuat lentur nominal                                                                       |
| $M_u$           | = Kuat lentur ultimate                                                                      |
| $n$             | = Jumlah tingkat bangunan                                                                   |
| $n$             | = Jumlah tulangan                                                                           |
| $P_n$           | = Kuat tekan nominal                                                                        |
| $P_u$           | = Kuat tekan ultimate                                                                       |
| $R$             | = Faktor reduksi gempa                                                                      |
| $r$             | = Radius girasi                                                                             |
| $S_1$           | = Parameter percepatan respons spektra MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5% |
| $S_{DS}$        | = Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek redaman 5%                      |
| $S_{D1}$        | = Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik redaman 5%                     |
| $S_s$           | = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5% |
| $S$             | = Jarak tulangan                                                                            |
| $S_{min}$       | = Jarak tulangan minimum                                                                    |
| $S_{max}$       | = Jarak tulangan maksimum                                                                   |
| $T$             | = Periode fundamental                                                                       |
| $T_a$           | = Periode pendekatan                                                                        |
| $V$             | = Gaya geser dasar seismic                                                                  |
| $V_c$           | = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, N                                        |
| $V_n$           | = Kuat geser nominal                                                                        |
| $V_s$           | = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser, N                               |
| $V_u$           | = Kuat geser ultimate                                                                       |
| $W_t$           | = Berat total bangunan                                                                      |
| $W_i$           | = Berat bangunan pada lantai i                                                              |
| $\Delta_{maks}$ | = Defleksi maksimum terukur, mm                                                             |

|               |                                      |
|---------------|--------------------------------------|
| $\Delta s$    | = Defleksi yang terjadi, mm          |
| $\zeta$       | = Koefisien waktu getar alami        |
| $\rho$        | = Rasio tulangan tarik non-prategang |
| $\rho'$       | = Rasio tulangan tekan               |
| $\rho_{\min}$ | = Rasio tulangan minimum             |
| $\rho_{\max}$ | = Rasio tulangan maksimum            |
| $\Phi$        | = Faktor reduksi                     |
| $\Sigma P_u$  | = Total kuat tekan Ultimat           |



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pada awal Tahun 2020 di Indonesia Covid-19 dilaporkan pertama kali masuk pada 2 Maret 2020, virus ini berlangsung selama hampir dua tahun. Dilansir dari [corona.ntbprov.go.id](https://corona.ntbprov.go.id) data update jumlah pasien Covid-19 sampai pada tanggal 12 April 2023 ada sebanyak 37.228 kasus, dengan kota Mataram kasus paling banyak yaitu sebanyak 9.907 kasus. Berdasarkan kebutuhan rumah sakit dan masyarakat yang terkena Covid-19 yang terus bertambah, dengan ketersediaan ruang perawatan isolasi di Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi NTB yang belum mencukupi maka, untuk memenuhi kebutuhan tersebut Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat Melakukan pembangunan Gedung Covid-19 dan Trauma Center.

Gedung layanan Covid-19 dan trauma center dibangun di atas lahan 2.181,33 m<sup>2</sup> dengan luas bangunan 2.641,80 m<sup>2</sup>, yang terletak disamping gedung IGD yang sudah ada. Gedung Covid-19 terdiri dari 6 lantai, dengan lantai dasar gedung dilengkapi ruang tunggu, administrasi, ruang farmasi, ruang tindakan dan lain-lain. Sementara lantai 2 merupakan ruang rawat inap dengan 16 kamar perawatan dan khusus untuk perawatan pasien Covid-19. Gedung Covid-19 dan Trauma Center dalam perancangannya masih menggunakan struktur sistem konvensional mulai dari, pelat konvensional, balok, dan kolom. Sejalan dengan semakin meningkatnya teknologi konstruksi seperti sekarang ini dalam dunia konstruksi banyak perkembangan sistem struktur lainnya yang lebih ekonomis dan efisien. Salah satunya dengan penggunaan metode uniaksial dan biaksial, dimana dari kedua metode tersebut dapat diperoleh jumlah tulangan yang lebih hemat. Perhitungan penulangan kolom secara uniaksial dan biaksial dapat diterapkan di bangunan bertingkat tinggi dan rendah, karena metode ini hanya terkait cara perhitungan jumlah tulangan. Tetapi idealnya metode biaksial diterapkan pada gedung yang ukurannya cenderung bujur sangkar ( panjang gedung arah memanjang dan melintang hampir sama).

Berdasarkan beban yang bekerja, kolom ada dua jenis yaitu kolom dengan beban aksial ditambah momen dengan satu sumbu (uniaksial) dan kolom dengan beban aksial ditambah momen dengan dua sumbu (biaksial). Metode uniaksial dan biaksial diterapkan pada perhitungan kolom yang mengalami aksial dan momen dua arah. Pada metode uniaksial perhitungan kolom mengalami aksial dan momen dua arah yang dipisahkan yaitu sumbu arah-x dan sumbu arah-y menjadi dua kali perhitungan, sedangkan metode biaksial perhitungannya sekaligus interaksi antara aksial dan momen dua arahnya.

Sehingga peneliti ingin melakukan redesain pada gedung Covid-19 dan Trauma center untuk mengetahui perbandingan jumlah tulangan kolom uniaksial dan biaksial. Jumlah tulangan ditinjau dari luas tulangan dan diameter tulangan. Untuk mempermudah proses analisis desain kolom menggunakan dukungan *software* komputer aplikasi SAP2000 V.22.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis kolom menggunakan metode uniaksial dan biaksial?
2. Berapa penghematan tulangan yang terjadi pada kolom menggunakan metode uniaksial dan biaksial?

### **1.3 Tujuan Perencanaan**

Adapun tujuan perencanaan desain kolom beton bertulang pada gedung Covid-19 RSUP NTB adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan perencanaan gedung pada kolom dengan metode uniaksial dan biaksil
2. Menghitung jumlah penulangan yang lebih hemat dalam perencanaan kolom beton bertulang uniaksial dan biaksil.

#### **1.4 Manfaat Perencanaan**

Manfaat dari studi perencanaan desain kolom beton bertulang menggunakan cara uniaksial dan biaksial adalah:

1. Dapat merencanakan struktur gedung dengan menggunakan metode uniaksial dan biaksial yang sesuai ketentuan kewanaman struktur.
2. Dari hasil analisa perencanaan dapat dijadikan sebagai acuan dasar dalam merencanakan gedung.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam studi kasus desain kolom beton bertulang dengan cara uniaksial dan biaksial adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur meliputi plat, balok, kolom, dan pondasi.
2. Perbandingan analisa kolom menggunakan dua metode yaitu uniaksial dan biaksial.
3. Pembebanan dihitung menggunakan SNI 1727:2020 untuk analisa pengaruh beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019 dan untuk perencanaan struktur beton menggunakan SNI 2847:2019.
4. Perencanaan tidak meliputi analisis arsitektur serta instalasi Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP).
5. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi.
6. Perencanaan tidak menganalisa sambungan balok dan kolom.
7. *Software* yang digunakan untuk pemodelan menggunakan aplikasi SAP200 V.22.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Nur Aini (2019) pada penelitian yang berjudul “Studi Perbandingan Desain Gedung Hotel Amarsvati Dengan Kolom Beton Metode Biaksial Dan Uniaksial”, dari hasil penelitian dapat disimpulkan: perhitungan luas tulangan kolom beton bertulang biaksial dan uniaksial dari hasil kolom yang ditinjau yaitu: hasil perhitungan luas tulangan kolom biaksial lebih besar dari uniaksial. Didapatkan perbandingan analisis kolom biaksial kolom pinggir, dengan kolom tengah selisih sebesar 20,84% dengan kolom pojok selisih sebesar 45,37%. Pada analisis kolom uniaksial\_x kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar -0,45%, dengan kolom pojok selisih sebesar 37.79%. pada analisis kolom uniaksial\_y kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar 16,89% dengan kolom pojok selisih sebesar 43,41%. Jumlah tulangan yang didapatkan dari hasil manual lebih sedikit dibandingkan dengan eksisting. Didapatkan terjadi penurunan di kolom pinggir biaksial terhadap eksisting sebesar 16,67%, kolom pinggir uniaksial terhadap eksisting sebesar 25%, kolom tengah biaksial dengan eksisting sebesar 20%, kolom tengah uniaksial terhadap eksisting sebesar 30%, kolom pojok biaksial terhadap eksisting sebesar 40%, dan kolom pojok uniaksial terhadap eksisting sebesar 50%. Penurunan jumlah tulangan yang digunakan disebabkan oleh perbedaan metode yang digunakan.

Dian Supriani (2019) pada penelitian yang berjudul “Pengaruh Rasio Panjang-Lebar Bangunan Terhadap Hasil Desain Kolom Beton Bertulang Uniaksial Dan Biaksial”, berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan yaitu: dari hasil perhitungan luas penulangan kolom beton bertulang uniaksial dan biaksial dari hasil kolom yang ditinjau yaitu: hasil perhitungan luas tulangan kolom uniaksial lebih besar dibanding biaksial, kecuali pada rasio panjang-lebar bangunan sama dengan 3 diperoleh hasil yang lebih kecil. Luas tulangan kolom uniaksial dan biaksial terbesar terdapat pada rasio panjang-lebar bangunan 1.5, dan terkecil terdapat pada rasio sama dengan 3. Perbandingan luas tulangan kolom uniaksial dan

biaksial tertinggi terdapat pada posisi kolom center,an terendah terdapat pada kolom pojok.

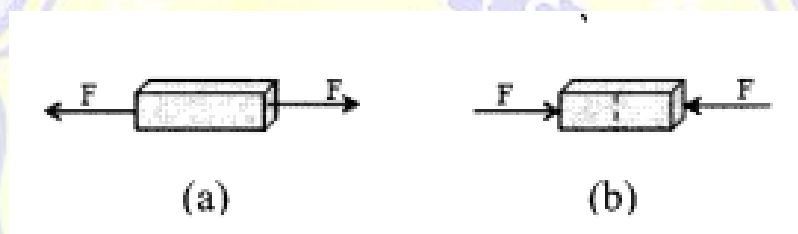
## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas

Tegangan, regangan dan modulus elastisitas terjadi pada benda yang dikenai gaya tertentu yang akan mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk pada benda tergantung pada arah dan letak gaya-gaya tersebut diberikan.

#### 1. Tegangan

Tegangan merupakan besaran akibat gaya yang bekerja per satuan luas penampang, dan gaya yang bekerja dapat berupa gaya tegak lurus atau miring terhadap bidang, baik itu bidang rata atau miring (Sutarman, 2013).



Gambar 2.1 Gaya tekan dan tarik pada batang

(sumber: Sutarman, 2013)

Gaya yang bekerja dapat berupa gaya vertikal, horizontal serta miring. Apabila gaya yang bekerja berupa gaya miring terhadap bidang, dapat dijabarkan ke dalam komponen gaya vertikal dan horizontal.

Tegangan di bidang miring berupa tegangan normal dan tegangan *tangensial*. Tegangan diberi simbol  $\sigma$  (sigma), persamaan tegangan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$\sigma$  = tegangan ( $\text{N/m}^2$ )

F = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

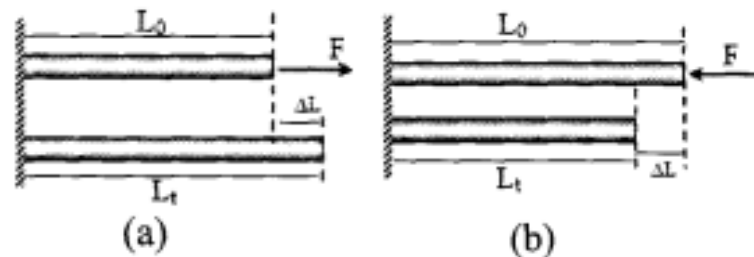
A = besar gaya tekan/tarik (N)

## 2. Regangan

Regangan yaitu perubahan relatif dimensi benda karena mengalami tegangan. Perubahan dimensi ada tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

### a) Regangan panjang

Regangan panjang adalah perbandingan perubahan panjang  $\Delta L$  akibat adanya gaya-gaya yang bekerja terhadap panjang benda yang ditinjau.



Gambar 2.2 Regangan panjang akibat gaya tarik dan tekan

(sumber: Sutarman, 2013)

Dapat dilihat Gambar 2.2 (a), sebuah batang memiliki panjang awal  $L_0$ , setelah mendapat gaya tarik sebesar  $F$  maka panjangnya menjadi  $L_t$ . Sedangkan gambar 2.2 (b) setelah mendapat gaya tekan sebesar  $F$ , panjangnya berkurang menjadi  $L_t$ .

Adanya perubahan dari  $L_0$  menjadi  $L_t$  sebesar  $\Delta L$  yaitu :

#### 1) Akibat gaya tarik

$$\Delta L = L_t - L_0 \dots\dots\dots (2.2)$$

#### 2) Akibat gaya tekan

$$\Delta L = L_0 - L_t \dots\dots\dots (2.3)$$

Rasio antara perubahan panjang  $\Delta L$  terhadap panjang awal disebut regangan  $\varepsilon$ , yang didefinisikan dengan persamaan 2.4 yaitu:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

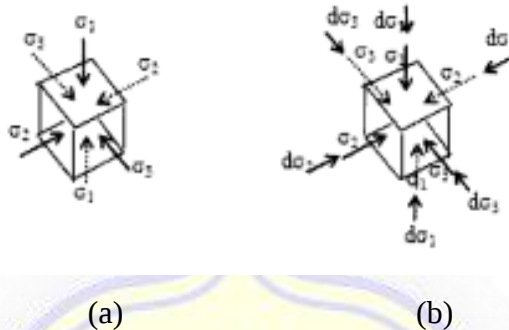
$\varepsilon$  = regangan

$\Delta L$  = perbandingan perubahan panjang (m)

$L_0$  = panjang awal (m)

b) Rengangan volume

Regangan volume yaitu perbandingan perubahan volume  $\Delta V$ , akibat adanya gaya yang bekerja terhadap benda dalam tekanan hidrostatik.



Gambar 2.3 Regangan volume akibat gaya hidrostatik

(sumber: Sutarman, 2013)

Gambar 2.3 (a) sebuah titik volume awal  $V_0$  dalam tekanan  $\sigma$ . Gambar 2.3 (b) titik volume setelah mendapat tambahan tekanan sebesar  $\Delta\sigma$ , volumenya berkurang menjadi  $V_t$ .  $\Delta V$  merupakan perubahan dari  $V_0$  menjadi  $V_t$ .

Rasio antara perubahan volume  $\Delta V$  terhadap volume awal  $V_0$  disebut regangan volume  $\epsilon_{volume}$ . Regangan volume didefinisikan dengan persamaan 2.5 :

$$\epsilon_{volume} = \frac{\Delta V}{V_0} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- $\epsilon_{volume}$  = regangan volume
- $\Delta V$  = perubahan volume
- $V_0$  = volume awal

### 3. Modulus elastisitas

Apabila diplot hubungan tegangan terhadap regangan, akan diperoleh kurva garis lurus pada batas tertentu untuk baja dan beberapa material lainnya. Kurva akan melengkung untuk beton, tanah dan sebagian besar material lainnya yang ditunjukkan oleh gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 karakteristik tegangan-regangan

(sumber: Sutarman, 2013)

Salah satu parameter elastis yang digunakan untuk analisa deformasi dari benda padat diberikan oleh kemiringan dari bagian lurus kurva tegangan - regangan' parameter itu yaitu modulus elastisitas  $E$ , yang merupakan rasio perubahan tegangan  $\Delta\sigma$  terhadap perubahan regangan  $\Delta\epsilon$ .

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

$E$  = modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = tegangan ( $\text{N/m}^2$ )

$\epsilon$  = regangan

Modulus elastisitas beton,  $E_c$  diizinkan untuk dihitung berdasarkan a) atau b) :

a) Untuk nilai  $w_c$  diantara 1400 dan 2560  $\text{kg/m}^3$

$$E_c = w_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'c} \text{ (MPa)} \dots \dots \dots (2.7)$$

b) Untuk beton normal

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \dots \dots \dots (2.8)$$

### 2.2.2 Pembebanan

Pada perencanaan Gedung Covid-19 Rumah Sakit Provinsi Nusa Tenggara Barat digunakan sejumlah acuan standar pembebanan sebagai berikut:

- 1) Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2020
- 2) Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung SNI 1726:2019

Perencanaan suatu struktur gedung harus memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada gedung. Berdasarkan SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019 berikut beban-beban yang bekerja pada struktur umumnya:

#### 1. Beban Mati (D)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. (SNI 1727:2020 pasal 3.1 hal.21).

##### a. Beban Mati Akibat Berat Sendiri Bahan Bangunan

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan konstruksi yang sebenarnya. Berat masing-masing dari bahan yang digunakan dalam pengerjaan suatu struktur dapat dilihat dibawah ini:

**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 <sup>(1)</sup>                               | 2200  | Kg/m <sup>3</sup> |
| 8  | Beton bertulang <sup>(2)</sup>                     | 2400  | Kg/m <sup>3</sup> |
| 9  | Kayu (kelas 1) ( 3 )                               | 1000  | Kg/m <sup>3</sup> |
| 10 | Kerikil, koral (kering udara-lembab, tanpa ayak)   | 1650  | Kg/m <sup>3</sup> |
| 11 | Pasangan batu merah                                | 1700  | Kg/m <sup>3</sup> |
| 12 | Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung.      | 2200  | Kg/m <sup>3</sup> |

| No | Bahan bangunan                                     | Beban | Satuan            |
|----|----------------------------------------------------|-------|-------------------|
| 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 (nasah)                    | 2000  | Kg/m <sup>3</sup> |
| 20 | Timah hitam (timbel)                               | 11400 | Kg/m <sup>3</sup> |

(sumber : SNI 1727:1989, perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung)

b. Berat Mati Akibat Berat Sendiri Komponen Gedung

Berat sendiri komponen gedung merupakan berat dasar masing-masing komponen yang digunakan dalam pengerjaan suatu struktur, adapun jenis berat sendiri kompone gedung antara lain:

**Tabel 2.2** Berat Sendiri Komponen Gedung

| No. | Komponen gedung                                                                                                                                                                                                            | Beban                    | Satuan            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| 1   | Adukan per cm tebal :<br>- Dari semen<br>- Dari kapur, semen merah atau tras                                                                                                                                               | 21<br>17                 | Kg/m <sup>2</sup> |
| 2   | Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal                                                                                                                                                                 | 14                       | Kg/m <sup>2</sup> |
| 3   | Dinding pasangan batu merah :<br>- Satu batu<br>- Setengah batu                                                                                                                                                            | 450<br>250               | Kg/m <sup>2</sup> |
| 4   | Dinding pasangan batako :<br>- Berlubang<br>- Tebal dinding 20 cm (HB 20)<br>- Tebal dinding 10 cm (HB 10 )<br>- Tanpa lubang<br>- Tebal dinding 15 cm<br>- Tebal dinding 10 cm                                            | 200<br>120<br>200<br>300 | Kg/m <sup>2</sup> |
| 5   | Langit-langit dan dinding ( termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdapat dari:<br>- Semen asbes (eternity dan bahan sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm<br>- Kaca dengan tebal 3-4 mm | 11<br>10                 | Kg/m <sup>2</sup> |
| 6   | Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s maksimum 0.80 m                                                                                                                         | 40                       | Kg/m <sup>2</sup> |
| 7   | Penutup atap genteng dengan 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> |

| No. | Komponen gedung                                                                     | Beban | Satuan            |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| 9   | Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gording                                  | 10    | Kg/m <sup>2</sup> |
| 10  | Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton tanpa adukan per cm tebal | 24    | Kg/m <sup>2</sup> |
| 11  | Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)                                                  | 11    | Kg/m <sup>2</sup> |

(sumber: SNI 1727:1989, perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung)

c. Beban Mati Akibat Kolom

pada saat guncangan terjadi akibat tangki air, maka akan terjadi peningkatan tekanan dasar, dimana dinding penahan air akan menerima tekanan lateral hidrodinamik. Pada perhitungan tekanan hidrodinamik yang terjadi akibat pengaruh guncangan gempa. Besarnya tekanan hidrodinamik yang terjadi adalah penambahan dari tekanan implusif, tekanan konveksi dan tekanan inersia dinding.

1 Beban Hidup (L)

Beban hidup merupakan 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 hal.25). Beban hidup pada lantai gedung diambil menurut Tabel 2.3. ke dalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m<sup>2</sup>. Beban-beban berat, misalnya yang disebabkan oleh lemari-lemari arsip dan perpustakaan serta oleh alat-lata, mesin- mesin dan barang-barang tertentu yang sangat berat, harus ditentukan sendiri.

**Tabel 2.3** Beban hidup distribusi merata monimum,  $L_o$  dan beban hidup terpusat minimum

| Hunian atau penggunaan                                                   | Merata, $L_o$ psf<br>(kN/ m <sup>2</sup> )                                                               | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>diizinkan? | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>berlantai<br>banyak<br>diizinkan | Terpusat<br>Ib (kN) |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Apartemen (lihat rumah tanngaa)</b>                                   |                                                                                                          |                                         |                                                               |                     |
| <b>Sistem lantai akses</b>                                               |                                                                                                          |                                         |                                                               |                     |
| Ruang kantor                                                             | 2,4                                                                                                      | Ya                                      | Ya                                                            | 8,9                 |
| Ruang komputer                                                           | 4,79                                                                                                     | Ya                                      | Ya                                                            | 8,9                 |
| <b>Gedung persenjataan dan ruang latihan</b>                             | 7,18                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| Ruang pertemuan                                                          |                                                                                                          |                                         |                                                               |                     |
| Kursi tetap (terikat di lantai)                                          | 2,87                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| Lobi                                                                     | 4,79                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| Kursi dapat dipindahkan                                                  | 4,79                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| Panggung pertemuan                                                       | 4,79                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| Lantai podium                                                            | 7,18                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
|                                                                          | 4,79                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| Tribun penonton stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai) | 2,87                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| Ruang pertemuan lainnya                                                  | 4,79                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| <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                                      | Ya                                                            |                     |
| <b>Jalur untuk akses pemeliharaan</b>                                    | 1,92                                                                                                     | Ya                                      | Ya                                                            | 1,33                |
| <b>Koridor</b>                                                           |                                                                                                          |                                         |                                                               |                     |
| Lantai pertama                                                           | 4,79                                                                                                     |                                         |                                                               |                     |
| Lantai lain                                                              | sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain                                                    | Ya                                      | Ya                                                            |                     |
| <b>Ruang makan dan restoran</b>                                          | 4,79                                                                                                     | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |
| <b>Hunian (lihat rumah tinggal)</b>                                      |                                                                                                          |                                         |                                                               |                     |
| <b>dudukan mesin elevator</b><br>(pada area 2 in x 2 in (50 mm x 50 mm)) |                                                                                                          | -                                       | -                                                             | 1,33                |

| Hunian atau penggunaan                                                                                                                                                                                              | Merata, $L_o$ psf<br>(kN/ m <sup>2</sup> ) | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>diizinkan? | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>berlantai<br>banyak<br>diizinkan | Terpusat<br>Ib (kN)                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Konstruksi pelat lantai finishing</b> ringan (pada area 1 in x 1 in (25 mm x 25 mm))                                                                                                                             |                                            | -                                       | -                                                             | 0,89                               |
| <b>Jalur penyelamatan saat kebakaran</b><br>Hunian satu keluarga saja                                                                                                                                               | 4,79<br>1,92                               | Ya<br>Ya                                | Ya<br>Ya                                                      |                                    |
| Tangga permanen                                                                                                                                                                                                     |                                            | -                                       | -                                                             | Pasal<br>4,5,4                     |
| <b>Garasi /parkir</b> (lihat pasal 4.10)<br>Mobil penumpang saja<br>Truk dan bus                                                                                                                                    | 1,92<br>Pasal 4.10.2                       | Tidak<br>-                              | Ya<br>-                                                       | Pasal<br>4.10.1<br>Pasal<br>4.10.2 |
| <b>Pegangan tangga dan pagar pengaman</b><br>Batang pegangan                                                                                                                                                        | Pasal 4,5,1                                | -                                       | -                                                             | Pasal<br>4.5.1<br>Pasal<br>4.5.2   |
| <b>Helipad</b> (lihat pasal 4.11)<br>Helikopter dengan berat lepas landas 3.000 Ib (13,35 kN) atau kurang<br>Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000 Ib (13,35 kN)                                    | 1,92<br>2,87                               | Tidak<br>Tidak                          | -<br>-                                                        | Pasal<br>4.11.2<br>Pasal<br>2.11.2 |
| <b>Rumah sakit</b><br>Ruang operasi, laboratorium<br>Ruang pasien<br>Koridor di atas lantai pertama                                                                                                                 | 2,87<br>1,92<br>3,83                       | Ya<br>Ya<br>Ya                          | Ya<br>Ya<br>Ya                                                | 4,5<br>4,5<br>4,5                  |
| <b>Hotel (lihat rumah tinggal)</b>                                                                                                                                                                                  |                                            |                                         |                                                               |                                    |
| <b>Perpustakaan</b><br>Ruang baca<br>Ruang penyimpanan<br>Koridor di atas lantai pertama                                                                                                                            | 2,87<br>7,18<br>3,83                       | Ya<br>Tidak<br>Ya                       | Ya<br>Ya<br>Ya                                                | 4,5<br>4,5<br>5,5                  |
| <b>Gedung perkantoran</b><br>Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian<br>Lobi dan koridor lantai pertama<br>Kantor<br>Koridor di atas lantai pertama | 4,79<br>2,40<br>3,83                       | Ya<br>Ya<br>Ya                          | Ya<br>Ya<br>Ya                                                | 8,90<br>8,90<br>8,90               |
|                                                                                                                                                                                                                     |                                            |                                         |                                                               |                                    |

| Hunian atau penggunaan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Merata, $L_o$ psf<br>(kN/ m <sup>2</sup> )                                                                                                           | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>diizinkan?             | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>berlantai<br>banyak<br>diizinkan | Terpusat<br>Ib (kN) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Lembaga hukum</b><br>Blok sel<br>Koridor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,92<br>4,79                                                                                                                                         | Ya<br>Ya                                            | Ya<br>Ya                                                      |                     |
| <b>Tempat rekreasi</b><br>Tempat bowling, billiard, dan<br>penggunaan sejenisnya<br>Ruang dansa dan ballroom<br>Gimnasium                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3,59<br>4,79<br>4,79                                                                                                                                 | Tidak<br>Tidak<br>Tidak                             | Tidak<br>Tidak<br>Tidak                                       |                     |
| <b>Rumah tinggal</b><br>Hunian satu dan dua keluarga<br>Loteng yang tidak dapat dihuni<br>tanpa gedung<br>Loteng yang tidak dapat dihuni<br>dengan gedung<br>Loteng yang dapat dihuni dan<br>ruang tidur<br>Semua ruang kecuali tangga<br>Semua hunian rumah tinggal<br>lainnya<br>Ruang pribadi dan koridornya<br>Ruang publik<br>Koridor ruang publik                                                      | 0,48<br>0,96<br>1,44<br>1,92<br><br>1,92<br>4,79<br>4,79                                                                                             | Ya<br>Ya<br>Ya<br>Ya<br><br>Ya<br>Tidak<br>ya       | Ya<br>Ya<br>Ya<br>Ya<br><br>Ya<br>Tidak<br>ya                 |                     |
| <b>Atap</b><br>Atap datar, berbubung, dan<br>lengkung<br>Atap yang digunakan penghuni<br><br>Atap untuk tempat berkumpul<br>Atap vegetatif dan atap<br>lansekap<br>Atap bukan untuk hunian<br>Atap untuk tempat berkumpul<br>Atap untuk penggunaan lainnya<br><br>Awning dan kanopi<br>Atap konstruksi pabrik yang di<br>dukung oleh struktur rangka<br>kaku ringan<br><br>Rangka penumpang layar<br>penutup | 0,96<br><br>Sama dengan<br>penggunaan<br>yang dilayani<br><br>4,70<br><br>0,96<br>4,79<br><br>Sama dengan<br>penggunaan<br>yang dilayani<br><br>0.24 | Ya<br><br>Ya<br><br>Ya<br><br>Ya<br>Ya<br><br>Tidak | -<br><br>-<br><br>-<br>-<br>-<br>-                            |                     |

| Hunian atau penggunaan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Merata, $L_o$ psf<br>(kN/ m <sup>2</sup> )                                                                      | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>diizinkan? | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>berlantai<br>banyak<br>diizinkan | Terpusat<br>Ib (kN)              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Semua konstruksi lainnya<br>Komponen struktur atap utama,<br>yang terhubung langsung dengan<br>pekerjaan lantai tempat bekerja<br>Titik panel tunggal dari kord<br>bawah rangka batang atap atau<br>suatu titik sepanjang komponen<br>struktur utama pendukung atas di<br>atas pabrik, gudang<br>penyimpanan dan garasi bengkel<br>Semua komponen struktur atap<br>utama lainnya<br>Semua permukaan atap dengan<br>beban pekerja | Berdasarkan<br>area tributari<br>dari atap yang<br>di dukung oleh<br>komponen<br>struktur<br>rangka<br><br>0,96 | Tidak<br><br>Ya<br><br>-<br><br>-       | <br><br><br><br><br>-<br><br>-                                | 0,89<br><br><br>1,33<br><br>1,33 |
| <b>Sekolah</b><br>Ruang kelas<br>Koridor di atas lantai pertama<br>Koridor lantai pertama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,92<br>3,83<br>4,79                                                                                            | Ya<br>Ya<br>Ya                          | Ya<br>Ya<br>Ya                                                | 4,45<br>4,45<br>4,45             |
| <b>Scuttles, rusuk untuk atap<br/>kaca dan langit-langit yang<br/>dapat di akses</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                 |                                         |                                                               | 0,89                             |
| <b>Jalan di pinggir untuk pejalan<br/>kaki, jalan lintas kendaraan,<br/>dan lahan/jalan untuk truk-<br/>truk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 11,97                                                                                                           | Tidak                                   | Ya                                                            | 35,60                            |
| <b>Tangga dan jalan keluar</b><br>Rumah tinggal untuk satu dan<br>dua keluarga saja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4,79<br>1,92                                                                                                    | Ya<br>Ya                                | Ya<br>Ya                                                      | 1,33<br>1,33                     |
| <b>Gudang di atas langit-langit</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0,96                                                                                                            | Ya                                      | Ya                                                            |                                  |
| <b>Gudang penyimpanan dan<br/>pekerja</b><br>(harus dirancang untuk beban<br>lebih berat jika diperlukan)<br>Ringan<br>Berat                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <br>6,00<br>11,97                                                                                               | <br>Tidak<br>Tidak                      | <br>Ya<br>Ya                                                  |                                  |

| Hunian atau penggunaan                                                   | Merata, $L_o$ psf<br>(kN/ m <sup>2</sup> ) | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>diizinkan? | Reduksi<br>beban<br>hidup<br>berlantai<br>banyak<br>diizinkan | Terpusat<br>Ib (kN) |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Toko</b>                                                              |                                            |                                         |                                                               |                     |
| Eceran                                                                   | 4,79                                       | Ya                                      | Ya                                                            | 4,45                |
| Lantai pertama                                                           | 3,59                                       | Ya                                      | Ya                                                            | 4,45                |
| Lantai atasnya                                                           | 6,00                                       | Tidak                                   | Ya                                                            | 4,45                |
| Grosir, di semua lantai                                                  |                                            |                                         |                                                               |                     |
| <b>Penghalang kendaraan</b>                                              |                                            |                                         |                                                               |                     |
| <b>Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)</b> | 2,87                                       | Ya                                      | Ya                                                            | Pasal<br>4.5.3      |
| <b>Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki</b>                          | 4,79                                       | Tidak                                   | Tidak                                                         |                     |

(sumber: SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya )

### 3. Beban Gempa (E)

Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

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

Kategori resiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai dengan Tabel 2.4 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa  $I_e$  menurut Tabel 2.5. khusus untuk struktur bangunan dengan kategori resiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori resiko IV.

**Tabel 2.4** Kategori Resiko Bangunan Gedung 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, peternakan, dan perikanan.</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gedung penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | I               |
| <p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi 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 perbelanjaan/mall</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | II              |
| <p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi 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 risiko IV , yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi 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> | III             |

| Jenis pemanfaatan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kategori resiko |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, ( termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |
| <p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <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 untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah.atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</p> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori risiko</p> | IV              |

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 3)

**Tabel 2.5** Faktor Keutamaan Gempa

| Kategori Risiko | Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$ |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II       | 1,0                           |
| III             | 1,25                          |
| IV              | 1,50                          |

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 4)

b. Klasifikasi Kelas Situs

Dalam hal ini pada Tabel 2.6, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Jika tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 m, maka sifat-sifat tanah harus sesuai diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/izin keahlian dengan menyiapkan laporan penyelidikan tanah berdasarkan kondisi geotekniknya. Apabila sifat tanah yang memadai tidak tersedia untuk penentuan kelas situs, maka kelas situs SE harus digunakan sesuai dengan persyaratan 0, kecuali otoritas yang berwenang atau data geoteknik menunjukkan situs termasuk dalam kelas situs lainnya. Penetapan kelas situs SA dan kelas situs SB tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit fondasi dan permukaan batuan dasar.

**Tabel 2.6** Klasifikasi Situs

| Kelas situs                                                                     | $\bar{v}_s$ (m/detik)                                                                                                                                                                                                                  | $\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$ | $\bar{s}_u$ (kPa) |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras)                                                               | >1500                                                                                                                                                                                                                                  | N/A                           | N/A               |
| SB (batuan)                                                                     | 750 sampai 1500                                                                                                                                                                                                                        | N/A                           | N/A               |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)                                 | 350 sampai 750                                                                                                                                                                                                                         | >50                           | $\geq 100$        |
| SD (tanah sedang)                                                               | 175 sampai 350                                                                                                                                                                                                                         | 15 sampai 50                  | 50 sampai 100     |
| SE (tanah lunak)                                                                | <175                                                                                                                                                                                                                                   | <15                           | <50               |
|                                                                                 | atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:<br>1. Indeks plastisitas $PI > 20$ ,<br>2. Kadar air, $w \geq 40\%$ ,<br>3. Kuat geser niralisir $\bar{s}_u < 25$ kPa              |                               |                   |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis) | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:<br>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah |                               |                   |

| Kelas situs                              | $\bar{v}_s$ (m/detik)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$ | $\bar{s}_u$ (kPa) |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| respons spesifik-situs yang mengikuti 0) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan indeks plasitisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul> Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa |                               |                   |

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 5)

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

#### 1) Parameter Percepatan Perpetakan

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

#### 2) Koefisien-Koefisien Situs Dan Parameter-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ).

Penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  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 ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots (2.9)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots (2.10)$$

**Keterangan:**

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek

$S_I$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Dengan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 2.7 dan Tabel 2.8, jika kelas situs  $SE$  digunakan sebagai kelas situs berdasarkan 0, maka nilai  $F_a$  tidak boleh kurang dari 1,2. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan pasal 0, maka nilai  $F_a$  harus ditentukan sesuai pasal 0 serta nilai  $F_v$ ,  $S_{MS}$ , dan  $S_{M1}$  tidak perlu ditentukan.

**Tabel 2.7** Koefisien Situs,  $F_a$

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

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 6)

**CATATAN :** (a)  $SS$  = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

**Tabel 2.8** Koefisien Situs  $F_v$

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

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 7)

**CATATAN :** (a) SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

### 3) Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain periode pendek ,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan dengan perumusan berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots(2.12)$$

#### c. 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 harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

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

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots(2.13)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

#### **Keterangan:**

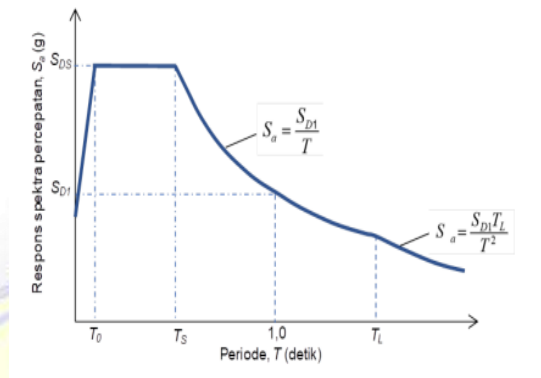
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.17)$$



**Gambar 2.5** spektrum respons desain

(sumber: SNI 1726:2019 Gambar 3 )

d. Kategori Desain Seismik

Struktur dengan kategori risiko I,II,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 seismik-nya 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 2.9 dan Tabel 2.10, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur,  $T$ .

Apabila  $S_1$  lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diizinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 2.9 saja, di mana berlaku semua ketentuan dibawah ini:

1. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan periode fundamnetal struktur,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan 0 adalah kurang dari  $0,8T_s$ , ditentukan sesuai dengan 0
2. Pada masing-masing dua arah ortogonal, periode fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar tingkat adalah kurang dari  $T_s$ .
3. Persamaan (31) digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik,  $C_s$
4. 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.

**Tabel 2.9** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada 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  |
| $0,50 \leq S_{DS}$         | D                  | D  |

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 8)

**Tabel 2.10** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada 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  |
| $0,20 \leq S_{D1}$          | D                  | D  |

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 9)

e. Arah Pembebanan

Arah penerapan beban seismik yang digunakan dalam desain adalah 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.

Pada 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. Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang didesain untuk kategori desain seismik C minimal 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 ini:

1) 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 beban-beban yang ditetapkan berikut; 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.

2) 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.

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 dikenal 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.

#### 4. Kombinasi Pembebanan

Mengacu pada kombinasi pembebanan pada SNI 2847:2019 komponen struktur dan elemen-elemen fondasi yang dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

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

#### 2.2.3 Simpangan Antar Lantai Tingkat Izin

Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) seperti ditentukan dalam 0, atau 0, tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) seperti didapatkan dari Tabel 2.12 untuk semua tingkat

**Tabel 2.11** simpangan antar tingkat izin,  $\Delta_a^{a,b}$

| Struktur                                                                                                                                                                                                                    | Kategori        |               |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                                             | I atau II       | III           | IV            |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. | $0,025h_{xx}^c$ | $0,020h_{xx}$ | $0,015h_{xx}$ |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>                                                                                                                                                                    | $0,010h_{xx}$   | $0,010h_{xx}$ | $0,010h_{xx}$ |
| Struktur dinding geser batu bata lainnya                                                                                                                                                                                    | $0,007h_{xx}$   | $0,007h_{xx}$ | $0,007h_{xx}$ |
| Semua struktur lainnya                                                                                                                                                                                                      | $0,020h_{xx}$   | $0,015h_{xx}$ | $0,010h_{xx}$ |

(sumber: SNI 1726:2019 Tabel 20 hal.88)

**Catatan:**

<sup>a</sup>  $h_{xx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat-x

<sup>b</sup> untuk sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D,E, dan F, simpangan antar tingkat izin harus sesuai dengan persyaratan 0.

<sup>c</sup> tidak boleh ada batasan simpangan antar tingkat untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam 0 tidak diabaikan.

<sup>d</sup> struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikontruksikan sedemikian agar penyaluran momen di antara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

#### 2.2.4 Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Untuk memperkirakan kemungkinan kekuatan penampang tidak mencukupi (*under-strength*) karena perbedaan dimensi dan kekuatan material
2. Untuk memperkirakan ketidaktepatan pada tahap perancangan
3. Untuk merefleksikan ketersediaan daktilitas dan tingkat keandalan yang diperlukan komponen struktur relatif terhadap beban
4. Untuk menyatakan seberapa penting komponen struktur terhadap keseluruhan.

**Tabel 2.12** Faktor Reduksi Kekuatan ( $\phi$ )

| Gaya atau elemen struktur |                                                          | $\phi$                         | Pengecualian                                                                                                                                |
|---------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a.                        | Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial | 0,65-0,90<br>sesuai tabel 2.14 | Di dekat ujung komponen pratarik ( <i>pretension</i> ) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, $\phi$ harus sesuai dengan Tabel 2.15 |
| b.                        | Geser                                                    | 0,75                           | Persyaratan tambahan untuk struktur tahan                                                                                                   |

| Gaya atau elemen struktur |                                                                                                    | $\phi$                    | Pengecualian               |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                           |                                                                                                    |                           | gempa terdapat pada 21.2.4 |
| c.                        | Torsi                                                                                              | 0,75                      | -                          |
| d.                        | Tumpu ( <i>bearing</i> )                                                                           | 0,65                      | -                          |
| e.                        | Zona angkur pascatarik ( <i>post-tension</i> )                                                     | 0,85                      | -                          |
| f.                        | Bracket dan korbel                                                                                 | 0,75                      | -                          |
| g.                        | Strut, ties, zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> 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 sesuai pasal 17 | -                          |

(sumber: SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

**Tabel 2.13** Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) untuk momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial

| Regangan tarik netto ( $\varepsilon_t$ )   | Klasifikasi         | $\phi$                                                                              |    |                                                                                     |    |
|--------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                            |                     | Jenis tulangan transversal                                                          |    |                                                                                     |    |
|                                            |                     | Spiral sesuai 25.7.3                                                                |    | Tulangan lainnya                                                                    |    |
| $\varepsilon_t \leq \varepsilon_{ty}$      | Tekanan terkontrol  | 0,75                                                                                | a. | 0,65                                                                                | b. |
| Regangan tarik netto ( $\varepsilon_t$ )   | Klasifikasi         | $\phi$                                                                              |    |                                                                                     |    |
|                                            |                     | Jenis tulangan transversal                                                          |    |                                                                                     |    |
|                                            |                     | Spiral sesuai 25.7.3                                                                |    | Tulangan lainnya                                                                    |    |
| $\varepsilon_{ty} < \varepsilon_t < 0,005$ | Transisi            | $0,75 + 0,15 \frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0,005 - \varepsilon_{ty})}$ | c. | $0,65 + 0,25 \frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0,005 - \varepsilon_{ty})}$ | d. |
| $\varepsilon_t \geq 0,005$                 | Tegangan terkontrol | 0,90                                                                                | e. | 0,90                                                                                | f. |

(sumber: SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

**Tabel 2.14** Faktor reduksi kekuatan  $\phi$  untuk seksi akhir dari prategang

| Kondisi di dekat ujung komponen            | Tegangan beton akibat beban layan <sup>(1)</sup> | Jarak dari ujung komponen ke penampang yang ditinjau  | $\phi$                                              |    |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----|
| Semua <i>strand</i> terdekat               | Tidak berlaku                                    | $\leq \ell_r$                                         | 0,75                                                | a) |
|                                            |                                                  | $\ell_r$ hingga $\ell_d$                              | Interpolasi linier dari 0,75 ke 0,90 <sup>(2)</sup> | b) |
| Satu atau lebih <i>stand</i> tanpa lekatan | Tarik tidak terhitung                            | $\leq (\ell_{lb} + \ell_r)$                           | 0,75                                                | c) |
|                                            |                                                  | $(\ell_{lb} + \ell_r)$ hingga $(\ell_{lb} + \ell_d)$  | Interpolasi linier dari 0,75 ke 0,90 <sup>(2)</sup> | d) |
|                                            | Tarik terhitung                                  | $\leq (\ell_{lb} + \ell_r)$                           | 0,75                                                | e) |
|                                            |                                                  | $(\ell_{lb} + \ell_r)$ hingga $(\ell_{lb} + 2\ell_l)$ | Interpolasi linier dari 0,75 ke 0,90 <sup>(2)</sup> | f) |

(sumber: SNI 2847:2019 Tabel 21.2.3)

- (1) Tegangan tekan beton akibat gaya prategang efektif setelah semua kehilangan prategang terjadi 0 pada serat terjauh penampang dimana tegangan tarik akibat beban terjadi.
- (2) Diperbolehkan memakai nilai faktor reduksi 0,75.

### 2.2.5 Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang

Adapun dasar perencanaan suatu gedung beton bertulang yaitu sebagai berikut :

#### 1. Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan material yang berpengaruh digunakan pada dunia konstruksi bangunan dibandingkan material lainnya seperti baja dan kayu. Bahan beton sangat mudah didapatkan. Beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari semen, air dan agregat. Beton mengeras efek dari adanya reaksi kimia yang terjadi antara semen portland dan air. Teknologi beton telah berkembang dengan pesat dalam rentang waktu tiga dasawarsa terakhir. Kebutuhan material yang berkualitas, berdaya guna tinggi, memiliki masa layan yang panjang dan tahan terhadap perubahan cuaca menjadi tujuan utama atas berkembangnya teknologi beton di era modern sekarang. Mutu beton atau kualitas dinyatakan dari kuat tekan beton ( $f'_c$ ) yang dimiliki.

Penggunaan beton bertulang pada struktur sudah sangat luas, seperti untuk kontruksi bangunan rumah, gedung, jembatan, stadion,perkerasan jalan, bendungan, dinding penahan tanah, terowongan, jembatan yang melintasi lembah, drainase dan fasilitas irigasi, serta tangki air dan lain sebagainya. Contoh kelebihan material beton dalam struktur adalah dalam pembuatannya yang mudah dibentuk sesuai dengan arsitektur sehingga terlihat lebih estetik. Dalam penggunaannya yang sangat luas dan beragam, struktur beton bertulang telah berkembang menjadi ilmu pengetahuan yang sangat berpengaruh dalam bidang teknik sipil. Sehingga saat ini dilakukan riset beton bertulang, baik analisis/numerik maupun eksperimental seperti perilaku lentur, geser, torsi, pengaruh beban aksial, perilaku dinamik struktur (termasuk struktur tahan gempa.(Antonius,2021).

Materila beton mempunyai banyak kelebihan material beton diantaranya beton lebih murah, mudah dibentuk, tahan terhadap api yang tinggi, memiliki kekakuan yang tinggi, biaya perawatan lebih hemat, dan mudah diperoleh. Namum demikian, material beton memiliki kekurangan dibanding material bangunan lainnya, kekurangannya seperti kekuatan tariknya rendah, membutuhkan bekisting, penumpu sementara selama kontruksi, dan resiko kekuatan terhadap berat yang rendah.

## 2. Struktur untuk Desain Beton Bertulang

Pada dasarnya desain beton bertulang adalah menentukan dimensi setiap elemen struktur seperti:

- a. Plat
- b. Balok
- c. Kolom
- d. Pondasi

Desain beton bertulang ini untuk memperoleh dimensi beton, diameter dan jumlah tulangan yang seefisien mungkin. Besaran dimensi tersebut berdasarkan alur pembebanan terfaktor yang akan diterima struktur yang selanjutnya dilakukan analisis struktur. Dalam analisis struktur akan dihasilkan gaya-gaya dalam atau reaksi yang timbul. Gaya-gaya dalam tersebut yang digunakan untuk acuan utama dalam desain beton bertulang.

### 3. Konsep Perencanaan

Desain struktur pada dasarnya harus memenuhi beberapa kriteria seperti kesesuaian dengan lingkungan sekitar, ekonomis, kuat dalam menahan beban yang direncanakan, memenuhi persyaratan kemampuan layanan, mudah dalam hal perawatan.

Menurut (sudarmoko,1994) dalam menghitung beban terhadap beban lentur atau aksial atau kombinasi dari beban lentur dan aksial, diasumsikan yang diperlukan dalam perencanaan:

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

boleh diambil kurang dari 0,65 MPa. Ketentuan ini dijelaskan pada persamaan di tabel berikut ini:

**Tabel 2.15** Faktor  $\beta_1$  untuk distribusi tegangan beton persegi ekuivalen

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

(sumber: SNI-2847-20119 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

### 2.2.6 Pondasi

Pondasi merupakan konstruksi yang memiliki fungsi meneruskan beban-beban bangunan atas ketanah yang mampu mendukungnya. Berdasarkan fungsi pondasi sebagai penyaluran beban, pondasi dibagi menjadi dua yaitu, Pondasi dangkal dan Pondasi dalam.

Secara umum pondasi yang biasanya digunakan untuk bangunan gedung tingkat tinggi adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi dalam yang diperuntukan untuk bangunan dengan kondisi tanah tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung struktur atau bangunan bila lapisan kuat atau lapisan tanah keras terletak sangat dalam. Daya dukung pada tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung / memikul beban.

#### 1. Kemampuan tiang terhadap kekuatan bahan tiang

berdasarkan buku Sardjono (1991), Kemampuan tiang terhadap kekuatan bahan tiang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{P}_{\text{tiang}} = \bar{\sigma}_{\text{bahan}} \times A_{\text{tiang}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

$\bar{P}_{\text{tiang}}$  = kekuatan yang diizinkan pada tiang pancang (Kg)

$\bar{\sigma}_{\text{bahan}}$  = tegangan tekan izin pada tiang (Kg/cm<sup>2</sup>)

$A_{\text{tiang}}$  = luas penampang tiang pancang (cm<sup>2</sup>)

## 2. Kemampuan tiang terhadap kekuatan tanah

Menurut Sardjono (1991), untuk menghitung kemampuan tiang terhadap tanah dilakukan dengan cara sebagai berikut:

### a. Berdasarkan konus

$$\bar{Q}_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times \rho}{3} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

$\bar{Q}_{\text{tiang}}$  = daya dukung keseimbangan tiang (kg)

$\rho$  = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm<sup>2</sup>)

3 = faktor keamanan

Nilai konus yang dipakai untuk menentukan daya dukung tiang ini sebaiknya diambil rata-rata dari nilai konus pada kedalaman 4 D di atas ujung bawah tiang dan 4 D di bawah ujung bawah tiang, dimana D diameter tiang.

### b. Dengan perumusan Terzaghi

$$\bar{Q}_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times q}{3} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$\bar{Q}_{\text{tiang}}$  = daya dukung keseimbangan tiang (kg)

$A_{\text{tiang}}$  = luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>)

G = daya dukung keseimbangan tanah (kg/cm<sup>2</sup>)

3 = faktor keamanan

## 3. Penulangan tiang pancang

Penulangan tiang pancang dihitung menurut kebutuhan pada waktu pengangkatan.

$$M1 = \frac{1}{2} g \cdot a^2 \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

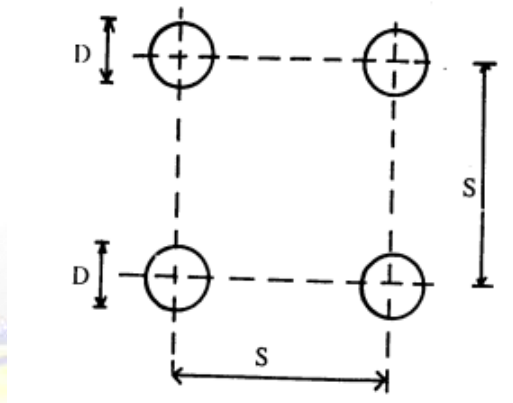
M1 = Momen 1 (kg/m)

g = berat tiang pancang (kg/m)

$$M2 = \frac{1}{8} g (\ell - 2a)^2 - \frac{1}{2} g \cdot a \dots\dots\dots(2.22)$$

#### 4. Jarak antar tiang dalam kelompok

Berlandaskan pada perhitungan, daya dukung tanah oleh Ditjen Bina Marga Departemen P.U.T.L disyaratkan bahwa:



**Gambar 2.6** Jarak antar tiang pancang

(sumber: Sardjono,1991)

$$S > 2,5 D \dots\dots\dots (2.23)$$

$$S > 3D \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

S = jarak masing-masing tiang dalam kelompok (*spacing*)

D = diameter tiang

Jarak antar 2 tiang dalam kelompok tiang biasanya,y disyaratkan yaitu sebagai berikut:

Minimum = 0,60 meter

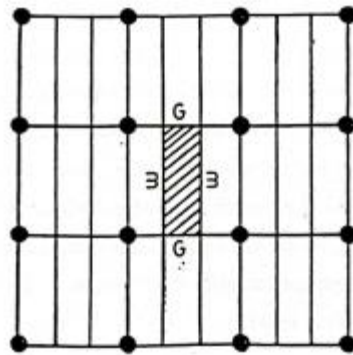
Maksimum = 2,0 meter

#### 2.2.7 Pelat Lantai konvensional

Pelat merupakan struktur bidang (permukaan) yang lurus, (datar atau melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensi yang lain. Dimensi pelat bisa dibatasi oleh suatu garis lurus atau garis lengkung. Pelat digunakan pada struktur arsitek, jembatan, struktur hidrolik, perkerasan jalan, bandara,, kapal dan lain sabagianya. Pada umumnya pelat pada suatu gedung dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok pelat yaitu sebagai berikut:

1. Pelat satu arah

Pelat satu arah pada bangunan-bangunan beton bertulang, suatu jenis lantai yang umum dan dasar adalah tipe konstruksi pelat balok induk (gelagar). Seperti pada Gambar 2.8, permukaan pelat yang diarsir dibatasi oleh dua balok yang bersebelahan pada sisi dan dua gelagar pada kedua ujung. Sistem pelat satu arah bisa terjadi pada pelat tunggal ataupun pelat menerus, dimana persyaratan perbandingan panjang bentang kedua sisi pelat terpenuhi.



**Gambar 2.7 Pelat Satu Arah**

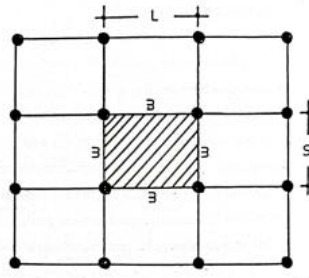
(sumber:sudarmoko,1996)

2. Pelat dua arah

Pelat dua arah dapat juga terjadi pada pelat bentang tunggal maupun bentang menerus dimana persyaratannya terpenuhi. Persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang ( $L$ ) terhadap bentang pendek ( $S$ ) kurang dari pada dua, lihat Gambar 2.9. beban pelat lantai pada pelat dua arah disalurkan ke empat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama plat diperlukan pada kedua sisi pelat. Permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda.

Jenis sistem pelat dua arah secara umum ada tiga macam yaitu:

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



**Gambar 2.8 Pelat Dua Arah**

(sumber:sudarmoko,1996)

### 3. Pelat rusuk

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

Pada proses pembangunan suatu gedung terdapat standar yang menjadi referensi persyaratan, dalam hal ini acuannya adalah SNI 2847:2019 persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya.

#### a. Tebal minimum pelat

##### 1. Pelat satu arah

Peraturan SNI 2847:2019 terdapat beberapa batasan dalam desain pelat satu arah:

- Ketebalan minimum untuk beton normal adalah  $f_y = 420$  MPa, jika ketebalan minimumnya lebih dari 420 MPa, maka persamaan pada Tabel 2.16 harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y / 700)$ .

**Tabel 2.16 Ketebalan minimum**

| Kondisi Tumpuan     | $h$ Minimum |
|---------------------|-------------|
| Tumpuan sederhana   | $\ell/20$   |
| Satu ujung menerus  | $\ell/24$   |
| Kedua ujung menerus | $\ell/28$   |
| kantilever          | $\ell/10$   |

(sumber:SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1)

- Batasasan lendutan harus diperhitungkan dan tidak boleh melebihi batas lendutan, sesuai pada SNI 2847:2019 Tabel 2.17 berikut:

**Tabel 2.17** Perhitungan Lendutan Izin Maksimum

| Jenis Komponen Struktural | Kondisi                                                                                                             |                                               | Lendutan yang Diperhitungkan                    | 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 | $\ell/180$     |
| Lantai                    |                                                                                                                     |                                               | Lendutan seketika akibat $L$                    | $\ell/360$     |
| Atap atau lantai          | Memikul momen atau disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural                                                     | Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar | $\ell/180$                                      | $\ell/480$     |
|                           |                                                                                                                     | Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar   |                                                 | $\ell/240$     |

(sumber: SNI 2847:2019 Tabel 24.2.2)

- Pada SNI 2847:2019 untuk selimut beton memiliki persyaratan tentang ketebalan selimut beton komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat seperti berikut:

**Tabel 2.18** 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                    |
|                                                  | Balok, kolom, pandestal dan batang tarik | Batang D36 dan yang lebih kecil                                         | 20                    |
|                                                  |                                          | Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, sepikal dan sengkang pengekang | 40                    |

(sumber: SNI 2847:2019 Tabel 20.6.1.3.1)

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

## 2. Pelat dua arah

Dalam SNI 2847:2019 pasal 8.2.4 drop panel pada plat nonprategang yang digunakan untuk mengurangi ketebalan perlu minimum sesuai pasal 8.3.1.1 atau jumlah tulangan ulir momen negatif pada tumpuan yang sesuai 8.5.2.2, harus memenuhi sebagai berikut:

- 1) Drop panel harus menjorok di bawah pelat paling sedikit seperempat tebal pelat bersebelahan.
- 2) Drop panel harus diteuskan disetiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

Pelat nonprategang tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, ketebalan pelat keseluruhan  $h$  tidak boleh kurang dari batasan pada Tabel 2.19. dan memiliki nilai terkecil antara  $a$  dan  $b$ , kecuali batasan lendutan yang dihitung pada 8.3.2 dipenuhi:

- pelat tanpa drop panel 125 mm
- pelat dengan drop panel 100 mm

**Tabel 2.19** Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah

| $f_y$ , MPa | Tanpa drop panel <sup>(3)</sup> |                   |                | Dengan drop panel <sup>(3)</sup> |                   |                |
|-------------|---------------------------------|-------------------|----------------|----------------------------------|-------------------|----------------|
|             | Panel eksterior                 |                   | Panel interior | Panel eksterior                  |                   | Panel interior |
|             | Tanpa balok tepi                | Dengan balok tepi |                | Tanpa balok tepi                 | Dengan balok tepi |                |
| 280         | $\ell_n/33$                     | $\ell_n/36$       | $\ell_n/36$    | $\ell_n/36$                      | $\ell_n/40$       | $\ell_n/40$    |
| 420         | $\ell_n/30$                     | $\ell_n/33$       | $\ell_n/33$    | $\ell_n/33$                      | $\ell_n/36$       | $\ell_n/36$    |
| 520         | $\ell_n/28$                     | $\ell_n/31$       | $\ell_n/31$    | $\ell_n/31$                      | $\ell_n/34$       | $\ell_n/34$    |

(sumber: SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.1)

$\ell_n$  merupakan jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm), untuk  $f_y$  dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear dan pelat dengan balok diantara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika  $a_f$  kurang dari 0,8. Nilai  $a_f$  untuk balok tepi harus dihitung sesuai pasal 8.10.2.7.

**Tabel 2.20** Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Dengan Balok Di Antara Tumpuan Pada Semua Sisinya

| $a_{fm}$                | $h$ minimum, mm |                                                                                  |
|-------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $a_{fm} \leq 0,2$       | 8.3.1.1 berlaku |                                                                                  |
| $0,2 < a_{fm} \leq 2,0$ | Terbesar dari:  | $\frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(a_{fm} - 0,2)}$ |
|                         |                 | 125                                                                              |
| $a_{fm} > 2,0$          | Terbesar dari:  | $\frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$               |
|                         |                 | 90                                                                               |

(sumber: SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.2)

## b. Tulangan Pelat

### 1. Spasi Tulangan Geser

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

#### a) Luas Minimum Tulangan Geser

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

#### b) 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:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan:  $A_v$  = tulangan geser

Kuat geser nominal beton untuk komponen struktur yang dikenai gaya geser dan lentur, maka ninali kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh beton seperti terdapat pada persamaan (2.26).

$$V_c = 0,17 \partial \sqrt{f'c} b_w.d \dots\dots\dots (2.26)$$

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

### 2. Tulangan Utama (lapangan maupun tumpuan)

Rasio tulangan utama mencakup tumpuan maupun lapangan yang digunakan tidak boleh melebihi rasio maksimum ataupun kurang dari rasio minimum yang telah ditetapkan. Perhitungan rasio yang digunakan adalag sebagai berikut:

$$p_b = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot p_b \dots\dots\dots(2.28)$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } p_{\min} = 0,0025 \dots\dots\dots(2.29)$$

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

$$M = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \dots\dots\dots(2.30)$$

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

### 2.2.8 Balok

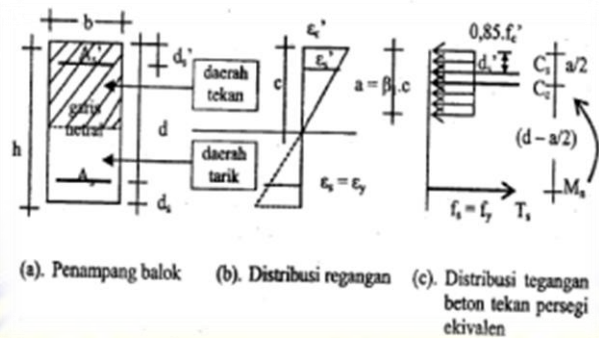
Balok adalah salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, beban yang bekerja pada balok berupa beban lentur, beban geser maupun torsi atau biasa disebut dengan momen puntir, sehingga diperlukan baja tulangan untuk menahan beban tersebut. Tulangan yang digunakan berupa tulangan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

Pada praktik lapangan jarang ditemukan balok dengan tulangan tunggal melainkan selalu dipasang tulangan rangkap. Balok beton dengan tulangan rangkap adalah balok yang diberi tulangan pada penampang beton di daerah tarik dan tekan. Dipasanganya tulangan di daerah tarik dan tekan bertujuan untuk menerima beban yang terjadi berupa momen lentur. Untuk balok yang menahan momen lentur besar tulangan tarik dipasang lebih banyak daripada tulangan tekan, kondisi ini

disebabkan oleh kekuatan beton pada daerah tarik yang diabaikan, sehingga semua beban tarik ditahan oleh tulangan longitudinal tarik.

## 1. Distribusi Regangan dan Tegangan Balok

Regangan dan regangan yang terjadi pada balok dengan penampang beton bertulang rangkap seperti pada Gambar 2.10 berikut ini:



**Gambar 2.9** Distribusi Regangan Dan Tegangan Pada Balok Bertulang Rangkap

(sumber: Ali Asroni, 2010)

Pada perencanaan beton bertulang, regangan tulangan tarik selalu diperhitungkan sudah leleh, yaitu  $\varepsilon_s = \varepsilon_y$  dengan  $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$  atau  $\varepsilon_y = \frac{f_y}{200000}$ . Sedangkan untuk tulangan tekan, regangan tulangan tekan ( $\varepsilon_s'$ ) belum tentu leleh. (Ali Asroni, 2010).

Nilai regangan tulangan tekan  $\varepsilon_s'$  dapat dihitung atau ditentukan dari distribusi regangan pada Gambar 2.10 (b), dengan penjabaran rumus sebagai berikut:

$$\frac{c}{\varepsilon_{cu}'} = \frac{c - d_s'}{\varepsilon_{cu}'} \dots \dots \dots (2.31)$$

Tegangan tekan baja tulangan  $f_s'$  dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$f_s' = \frac{a - \beta_1 d_s'}{a} \times 600 \dots \dots \dots (2.32)$$

## 2. Momen Nominal dan Rencana Balok

Pada balok bertulang rangkap bagian atas bekerja dua buah gaya tekan ke kiri, sedangkan penampang balok bagian bawah bekerja satu gaya tarik ke kanan.

Gaya tekan dan gaya tarik tersebut sama besar dan bekerja berlawanan arah, sehingga menimbulkan momen yang disebut dengan momen minimal aktual ( $M_n$ ) yang dapat dilihat pada persamaan dibawah ini:

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \dots\dots\dots(2.33)$$

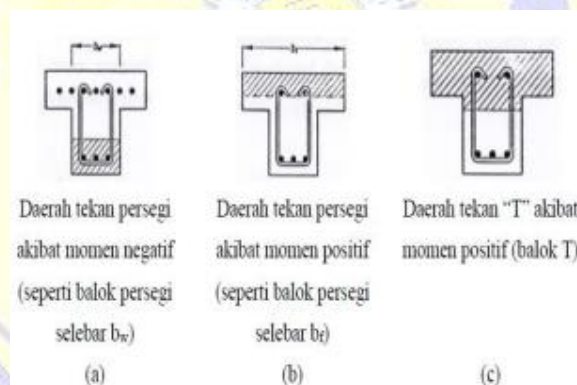
$$M_{nc} = C_c.(d - \frac{a}{2}) \text{ dengan } C_c = 0.85.f'_c.a.b \dots\dots\dots(2.34)$$

$$M_{ns} = T_s.(d - d') \text{ dengan } T_s = A_s f'_s \dots\dots\dots(2.35)$$

$$M_r = \phi.M_n. \text{ dengan } \phi = 0,9 \dots\dots\dots(2.36)$$

### 3. Kontruksi Balok T

Apabila momen yang bekerja pada penampang adalah momen negatif, maka balok T akan berperilaku sebagai 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut:



**Gambar 2.10** Bagian Tekan pada Balok T

(sumber: Simanjuntak, 2016)

Jika momen yang bekerja pada penampang merupakan 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.

Berdasarkan SNI 2847:2019 untuk balok nonprategang yang tidak bertumpuh atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan seluruh pelat  $h$  tidak boleh kurang dari batas minimum yang dijelaskan pada Tabel 2.21 berikut:

**Tabel 2.21** Tinggi Minimum Balok

| Kondisi perlekan     | Minimum $h$ |
|----------------------|-------------|
| Perletakan sederhana | $\ell/16$   |
| Menerus satu sisi    | $\ell/18,5$ |
| Menerus dua sisi     | $\ell/21$   |
| kantilever           | $\ell/8$    |

(sumber:SNI 2847:2019)

Untuk  $f_y$  lebih besar dari 420 MPa, maka persamaan pada Tabel 2.21 harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ . Untuk balok nonprategang yang terbuat dari beton ringan dengan  $w_c$  berkisaran antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, persamaan pada Tabel 2.21 harus dikalikan dengan nilai terbesar dari (a) dan (b) berikut:

- (a)  $1,65 - 0,0003 w_c$
- (b) 1,09

### 2.2.9 Kolom

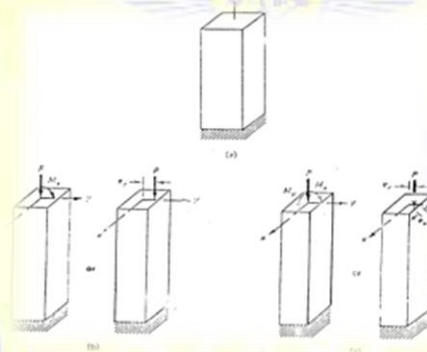
Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi (Sudarmoko,1994). Kekuatan kolom dalam memikul beban berlandaskan pada kekuatannya memikul kombinasi beban aksial ( $P_u$ ) dan momen ( $M_u$ ) secara bersamaan. Perencanaan kolom suatu struktur bangunan didasarkan pada kekuatan dan kekakuan penampang lintangnya terhadap aksi beban aksil dan momen lentur. Diagram interaksi digunakan untuk mengetahui kekuatan penampang kolom, yaitu grafik daerah batas yang menunjukkan kombinasi beban aksial dan momen yang dapat ditahan oleh kolom secara aman (Wahyudi,1997).

## 1. Jenis-jenis kolom

Kolom beton bertulang umumnya terdiri dari baja tulangan longitudinal dan ditunjukkan oleh macam dari penguatan lateral tulangan yang diberikan. Jenis-jenis kolom dapat di klasifikasi dengan beberapa elemen struktur kolom beton bertulang yaitu sebagai berikut:

### a) Berdasarkan beban yang bekerja

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



**Gambar 2.11** jenis kolom berdasarkan beban yang bekerja :

- (a) kolom dengan beban aksial, (b) Beban aksial dengan momen satu sumbu, (c) Beban aksial ditambah momen dua sumbu.

(sumbe: Edward G. Nawy, 1998 hal:309)

b) Berdasarkan panjangnya

Berdasarkan panjang kolom dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

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

c) Berdasarkan bentuk penampang kolom dapat dibedakan diantaranya:

1) Bentuk persegi panjang

Kolom bentuk persegi panjang adalah kolom yang sering digunakan dalam konstruksi bangunan. Kolom persegi panjang atau kolom persegi jauh lebih mudah di bangun dibandingkan yang melingkar, karena bekistingnya lebih memudahkan untuk menghindari dari keruntuhan karena tekanan.

2) Bentuk sirkular/kolom bulat

Kolom bentuk sirkular merupakan kolom khusus yang dirancang sebagian besarnya dipergunakan pada tiang pancang dan bangunan dengan ketinggian tertentu. Bekisting yang digunakan untuk membuat kolom sirkular dibuat khusus yang lebih sulit.

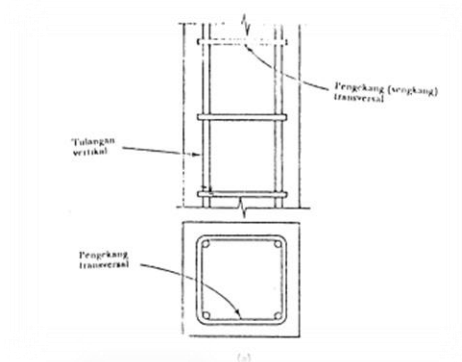
3) Bentuk L

Kolom berbentuk L adalah kolom yang digunakan pada sudut-sudut dinding bangunan dan memiliki karakteristik yang sama dari kolom persegi panjang atau persegi. Kolom bentuk L memiliki daya tahan lebih baik terhadap gaya lateral.

d) Berdasarkan jenis tulangan sengkang

1) Kolom dengan pengikat sengkang lateral

Jenis kolom ini adalah kolom beton yang mempunyai besi tulangan pokok memanjang dan memiliki besi pengikat (sengkang) arah lateral sepanjang kolom dengan spasi tertentu.

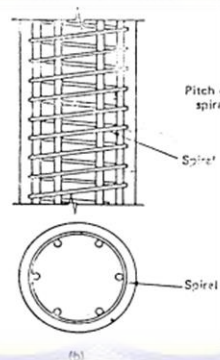


**Gambar 2.12** kolom bersengkang

(sumbe:Edward G. Nawy, 1998 hal:310)

## 2) Kolom dengan pengikat spiral

Kolom dengan jenis ini memiliki besi tulangan pokok memanjang yang dibalut keliling membentuk heliks pada sepanjang kolom. Pengikat spiral berfungsi dapat membantu kemampuan kolom untuk menyerap deformasi yang cukup besar saat kondisi bangunan sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah redistribusi momen dan tegangan pada seluruh struktur bangunan sebelum kondisi runtuh.



**Gambar 2.13** kolom berspiral

(sumbe:Edward G. Nawy, 1998 hal:310)

## 1. Kekuatan Desain

Berdasarkan SNI 2847:2019 untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang ditetapkan, kekuatan desain pada semua penampang harus memenuhi  $\phi S_n \geq U$ , termasuk (a) sampai (d). interaksi antara efek beban harus dipertimbangkan:

(a).  $\phi p_n \geq p_u$

(b).  $\phi M_n \geq M_u$

(c).  $\phi V_n \geq V_u$

(d).  $\phi T_n \geq T_u$

## 2. Batasan Tulangan

Batasan tulangan ditentukan untuk rasio tulangan longitudinal minimum dan maksimum,  $f_{pe} < 1,6$  MPa, luas tulangan longitudinal harus sekurang-kurangnya  $0,01 A_g$ , namun tidak boleh melebihi  $0,08 A_g$ .

### A. Tulangan geser minimum

Luas minimum tulangan geser  $A_v$  minimum harus disediakan di semua wilayah diaman  $V_u > 0,5 \phi V_c$ . Tulangan geser diperlukan,  $A_{v,min}$  harus lebih besar dari (a) dan (b):

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

(b)  $0,35 \frac{b_w s}{f_{yt}}$

Jika diperlukan, tulangan geser harus menggunakan sengkang ikat, sengkang pengeang, atau sengkang spiral. Spasi maksimum tulangan geser harus sesuai dengan Tabel 2.22 berikut:

**Tabel 2.22** Persyaratan Spasi Maksimum Tulangan Geser

| $V_s$                         | Spasi 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 beton struktural untuk bangunan gedung)

### 3. Penampang kolom dengan keruntuhan seimbang (*Balanced*)

Kondisi keruntuhan *balanced* tercapai apabila tulangan tarik leleh dan beton mengalami batas regangan dan mulai hancur. Kondisi seimbang terjadi penampang kolom ketika beban  $P_b$  bekerja pada penampang, yang akan menghasilkan regangan sebesar 0,003 pada serat tekan beton, dan pada saat yang bersamaan dengan baja mengalami leleh, atau regangannya mencapai  $\varepsilon_y = f_y/E_s$ . Apabila beban eksentris yang bekerja lebih besar daripada  $P_b$ , maka kolom yang mengalami keruntuhan tekan. Sedangkan apabila beban eksentris yang bekerja lebih kecil daripada  $P_b$ , kolom akan mengalami keruntuhan tarik. Analisis keruntuhan kolom pada keruntuhan seimbang (*balanced*) di lakukan sebagai berikut:

- a. Misalkan  $c$  adalah jarak dari serat tekan beton terluar ke sumbu netral, maka dari diagram regangan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{c_b}{d} = \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{E_s}} \dots\dots\dots (2.37)$$

Untuk nilai  $E_s = 200000$  MPa, maka diperoleh persamaan (2.38):

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.38)$$

Tinggi balok tegangan ekuivalen, diperoleh persamaan berikut:

$$a_b = \beta_1 c_b = \beta_1 d \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.39)$$

Dengan  $\beta_1 = 0,85$  untuk  $f'_c \leq 30$  MPa, dan berkurang 0,05 setiap kenaikan  $f'_c$  sebesar 7 MPa.

- b. Dari kesetimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh:

$$\sum H = 0 \quad P_b - C_C - C_S + T = 0 \dots\dots\dots (2.40)$$

Dengan:

$$C_C = 0,85.f'_c.a_b.b$$

$$T = A_s.f_y$$

$$C_S = A'_s (f'_s - 0,85.f'_c)$$

Nilai  $f'_s$  diambil sama dengan  $f_y$  apabila tulangan tekan sudah leleh, maka diperoleh persamaan (2-30):

$$f'_s = 600 \left( \frac{c_b - d'}{c_b} \right) \leq f_y \dots\dots\dots (2.41)$$

sehingga persamaan keseimbangan gaya dalam arah horizontal dapat ditulis kembali menjadi persamaan (2-31).

$$P_{nb} = 0,85.f'_c . a_b b + A's (f'_s - 0.85..f'_c) - A_s.f_y \dots\dots\dots (2.42)$$

c. Nilai eksentrisitas  $e_b$ , diukur dari pusat berat plastis, sedangkan  $e'$  diukur dari pusat tulangan tarik ( $e' = e + d''$ ) dengan  $d''$  adalah jarak dari pusat berat plastik kepusat tulangan tarik. Nilai  $e_b$  ditentukan dengan mengambil jumlahan momen terhadap pusat berat plastik. Maka diperoleh persamaan (2.43) dan (2.44).

$$P_b e_b = C_c \left( d - \frac{a}{2} - d'' \right) + C_s (d - d' - d'') + T d'' \dots\dots\dots (2.43)$$

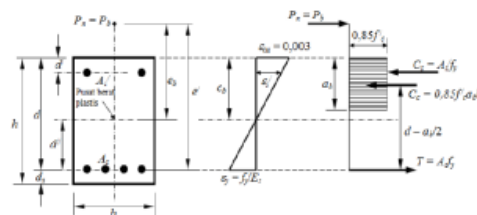
Atau:

$$P_b e_b = M_b = 0,85f'_c a_b b \left( d - \frac{a}{2} - d'' \right) + A's (f_y - 0.85..f'_c)(d - d' - d'') + A_s f_y d'' \dots\dots\dots (2.44)$$

Nilai eksentrisitas pada kondisi seimbang diperoleh dari persamaan (2.45).

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} \dots\dots\dots (2.45)$$

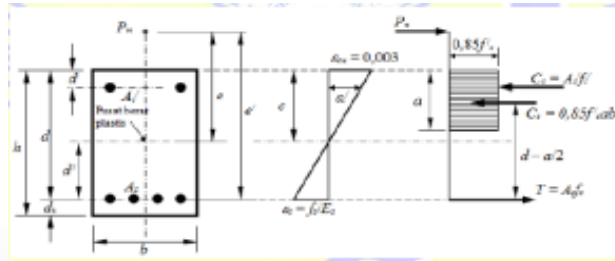
Untuk penampang kolom yang bukan persegi, dapat diterapkan prosedur yang serupa, namun luas penampang beton dalam daerah tekan harus diperhitungkan secara berbeda. Nilai faktor reduksi  $\phi$  pada kondisi seimbang, untuk  $f_y = 400$  MPa dapat diambil sebesar  $\phi = 0,65$  (atau 0,75 untuk sengkang spiral). Hal ini dikarenakan  $\varepsilon_s = \varepsilon_t = \frac{f_y}{E_s} = 0,002$  (dapat dilihat pada Gambar 2.13)



**Gambar 2.14** kondisi keruntuhan seimbang penampang kolom persegi  
(Sumber: Agus setiawan, 2016 hal.162)

#### 4. Penampang kolom dengan beban eksentris

Terdapat dua kasus keruntuhan kolom yaitu keruntuhan tekan atau keruntuhan tarik. Guna melakukan analisis terhadap dua kasus tersebut, maka dapat digunakan dua buah persamaan dasar yaitu: jumlah gaya dalam arah horizontal atau vertikal = 0, dan jumlah momen terhadap sembarang sumbu = 0.



**Gambar 2.15** penampang kolom persegi dengan beban eksentris

(Sumber: Agus setiawan, 2016 hal:164)

Mengacu pada Gambar 2.14, maka dapat dituliskan beberapa persamaan berikut:

$$a. \sum H = 0 \quad P_n - C_c - C_s + T = 0 \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

Dengan:

$$C_c = 0,85.f'_c.a_b.b$$

$$T = A_s.f_y \quad \text{(jika tulangan tarik leleh, } f_s = f_y)$$

$$C_s = A'_s(f'_s - 0,85.f'_c) \quad \text{(jika tulangan tekan leleh, } f'_s = f_y)$$

b. Ambil momen terhadap  $A_s$ :

$$P_n e' - \left(d - \frac{a}{2}\right) C_c - C_s(d - d') = 0 \quad \dots\dots\dots (4.47)$$

Dengan  $e' = e + d''$ , dan  $e' = e + d - \frac{h}{2}$  untuk penampang dengan tulangan simetris ( $d''$  adalah jarak dari pusat berat plastik ke pusat tulangan tarik). Maka diperoleh persamaan:

$$P_n = \frac{1}{e'} \left[ C_c \left(d - \frac{a}{2}\right) - C_s(d - d') \right] \quad \dots\dots\dots (4.48)$$

c. Ambil momen terhadap  $C_c$ :

$$P_n \left[ e' - \left(d - \frac{a}{2}\right) \right] - T \left(d - \frac{a}{2}\right) - C_s \left(\frac{a}{2} - d'\right) = 0 \quad \dots\dots\dots (2.49)$$

$$P_n = \frac{T \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s \left(\frac{a}{2} - d'\right)}{e' + \frac{a}{2} - d} \quad \dots\dots\dots (2.50)$$

Apabila  $A_s = A's$  dan  $f_s = f's = f_y$ , maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$P_n = \frac{A_s f_y (d-d')}{(e' + \frac{a}{2} - b)} = \frac{A_s f_y (d-d')}{(e - \frac{h}{2} + \frac{a}{2})} \dots\dots\dots (2.51)$$

$$A_s = A's = \frac{P_n (e - \frac{h}{2} + \frac{a}{2})}{f_y (d-d')} \dots\dots\dots (2.52)$$

## 5. Keruntuhan tarik

Apabila penampang kolom diberi beban eksentris dengan eksentrisitas yang besar, maka akan terjadi keruntuhan tarik. Kolom akan mengalami keruntuhan akibat lelehnya tulangan baja dan hancurnya beton pada saat regangan tulangan baja melampaui  $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ . Dalam kasus ini kuat tekan nominal penampang  $P_n$ , akan lebih kecil daripada  $P_b$ , atau eksentrisitas  $e = \frac{M_n}{P_n}$  lebih besar daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang  $e_b$ . Untuk prediksi awal apakah terjadi keruntuhan tarik atau tekan, maka apabila  $e > d$ , dapat diasumsikan terjadi keruntuhan tarik.

Prosedur analisis dapat dilakukan sebagai berikut:

- Bila terjadi keruntuhan tarik, maka tulangan tarik leleh, dan tegangannya  $f_s = f_y$ . Asumsikan bahwa tegangan pada tulangan tekan adalah  $f's = f_y$ .
- Evaluasi  $P_n$  dari kondisi kesetimbangan persamaan (2.46).
- Hitung  $P_n$  dengan mengambil jumlah momen terhadap  $A_s$  (persamaan 2.47).
- Samakan  $P_n$  dari langkah b dan c:

$$C_c + C_s - T = \frac{1}{e'} \left[ C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right] \dots\dots\dots (2.53)$$

Persamaan ini akan menghasilkan persamaan kuadrat untuk  $a$ . substitusikan  $C_c, C_s$  dan  $T$  untuk mendapatkan nilai  $a$

- Persamaan pada langkah d, maka persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi:

$$Aa^2 + Ba + C = 0 \dots\dots\dots (2.54)$$

Dengan :

$$A = 0,425 f'_c b$$

$$B = 0,85 f'_c b (e' - d) = 2A(e' - d)$$

$$C = A's(f_y - 0,85fc')(e' - d + d') - A_sf_ye'$$

Selesaikan  $a$ , dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$a = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \dots\dots\dots (2.55)$$

f. Substitusikan nilai  $a$  kedalam persamaan pada langka b untuk mendapatkan  $P_n$ . Momen  $M_n$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

g. Periksa apakah tulangan tekan sudah leleh seperti yang diasumsikan. Jika  $\epsilon'_s \geq \epsilon_y$ , maka tulangan sudah leleh, jika tidak, maka  $f'_s = E_s \epsilon'_s$ . Ulangi kembali b hingga e. sebagai catatan,  $\epsilon'_s = [(c - d')c]0,003$ ,  $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$  dan  $c = \frac{a}{\beta_1}$ .

h. Berdasarkan regangan pada tulangan baja tarik  $\epsilon_b$ , maka dapat ditentukan besarnya faktor reduksi  $\phi$ , yang besarnya bervariasi antara 0,65 ( atau 0,70) dan 0,90.

#### 6. Keruntuhan tekan

Apabila gaya tekan  $P_n$ , melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang  $P_b$ , atau apabila eksentrisitas  $e = M_n/P_n$ , lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang  $e_b$ . Maka penampang kolom akan mengalami keruntuhan tekan. Pada kasus ini regangan pada beton akan mencapai 0,003, sedangkan regangan pada tulangan baja akan kurang dari  $\epsilon_y$ . Sebagian besar penampang beton akan berada dalam keadaan tekan. Sumbu netral akan bergerak mendekati tulangan tarik, menambah luas daerah tekan beton, sehingga jarak sumbu netral dari serat tekan beton akan melebihi jaraknya pada kondisi seimbang ( $c > c_b$ ). Beban tekan nominal  $P_n$ , dapat dihitung dengan prinsip-prinsip dasar kesetimbangan gaya. Analisis penampang kolom yang mengalami keruntuhan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.46) dan (2.47).

Prosedur analisis dapat dilakukan sebagai berikut:

- Hitung jarak sumbu netral untuk penampang pada kondisi seimbang  $C_b$  (Persamaan 2-41).
- Evaluasi  $P_n$  dari kondisi kesetimbangan (Persamaan 2.46).

- c. Hitung  $P_n$  dengan mengambil jumlah momen terhadap  $A_s$  (Persamaan 2.47)
- d. Asumsikan suatu  $c$  sehingga  $c > c_b$ . Sehingga  $\alpha = \beta_1 c$ . Asumsikan  $f_s' = f_y$ .
- e. Hitung nilai  $f_s$  berdasarkan nilai asumsi nilai  $c$ .
- f. Hitung  $P_{n1}$  dengan menggunakan persamaan dari langkah (b), dan hitung  $P_{n2}$  dengan menggunakan persamaan pada langkah (c). Apabila  $P_{n1}$  cukup dekat dengan  $P_{n2}$ , maka nilai  $P_n$  diambil nilai terkecil dari  $P_{n1}$  dan  $P_{n2}$  atau rerata keduanya. Jika  $P_{n1}$  dan  $P_{n2}$  tidak cukup dekat, maka asumsikan nilai  $c$  dan  $a$  yang baru dan ulangi perhitungan dari langkah (d) hingga  $P_{n1}$  cukup dekat dengan  $P_{n2}$  (kurang lebih 1%)
- g. Periksa apakah tulangan tekan benar sudah leleh sesuai dengan asumsi semula, dengan menghitung  $\epsilon_s'$  dan membandingkannya dengan  $\epsilon_y$ . Bila  $\epsilon_s'$  lebih besar dari  $\epsilon_y$  tulangan tekan sudah leleh, jika belum, maka hitung  $f_s'$ .
- h. Regangan tulangan tarik  $\epsilon_b$  pada kondisi keruntuhan tekan, biasanya kurang dari 0,002 sehingga faktor reduksi dapat diambil sama dengan 0,5 atau 0,75 untuk penampang kolom dengan sengkang spiral.

#### 7. Analisis kekuatan kolom langsing

Apabila angka kelangsingan kolom melebihi batas untuk kolom pendek maka kolom tersebut akan mengalami tekuk sebelum mencapai batas limit kegagalan material. Kolom tersebut adalah jenis kolom langsing yang mengalami momen tambahan akibat efek  $P - \Delta$  dimana  $P$  adalah beban aksial dan  $\Delta$  adalah defleksi akibat kolom tertuk pada penampang yang ditinjau. Kolom langsing yang dibebani  $P$  dengan eksentrisitas  $e$ . Momen yang terjadi pada ujung kolom terdapat pada Persamaan (2.56).

$$M_e = P \times e \dots\dots\dots(2.56)$$

Akibat beban  $P$  tersebut, kolom langsing mengalami perpindahan lateral (defleksi) sebesar  $\Delta$  yang meningkatkan besarnya momen yang terjadi disepanjang tinggi kolom. besar kecilnya nilai  $\Delta$  yang dihasilkan bergantung pada kelangsingan kolom ; semakin langsing kolom, semakin besar nilai  $\Delta$

yang dihasilkan. Pada lokasi defleksi maksimum (ditengah tinggi kolom) besarnya momen yang terjadi dapat dilihat pada Persamaan (2.46).

$$M_e = P (e + \Delta) \dots\dots\dots(2.57)$$

Jadi ada peningkatan momen akibat defleksi  $\Delta$ , yaitu tambahan momen akibat kelangsingan kolom atau pengaruh  $P - \Delta$ . Tambahan momen ini tentu saja akan mempengaruhi diagram interaksi aksial lentur yang dihasilkan.

#### 8. Tekuk pada kolom elastik

Berdasarkan teori mekanika, beban tekuk Euler terhadap sumbu penampang yang tegak lurus arah tekuk untuk kolom dengan tumpuan sendi-sendi dapat dilihat pada persamaan (2.58).

$$Pe = \pi^2 EI / l^2 \dots\dots\dots(2.58)$$

Dimana :

$E$  = Modulus elastisitas bahan.

$I$  = Momen inersia penampang terhadap sumbu penampang yang tegak lurus arah tekuk yang ditinjau.

$l$  = Tinggi kolom.

Beban tekuk untuk kolom dengan kondisi restraint (kekangan) ujung yang berbeda dapat dinyatakan secara umum dalam Persamaan (2.59).

$$Pe = \pi^2 EI / (klu)^2 \dots\dots\dots(2.59)$$

Dimana :

$k$  = faktor panjang efektif kolom, yang nilainya bergantung pada kondisi restraint di ujung-ujung kolom. Nilai  $k = 1$  untuk kolom yang ujung-ujungnya sendi

untuk struktur portal dengan kondisi kekangan tersebut, SNI Beton memberikan persamaan untuk menghitung nilai  $K$ , yaitu:

##### a. Komponen struktur tekan pada rangka tak bergoyang

Faktor panjang efektif  $k$  untuk komponen struktur tekan pada rangka tak bergoyang dapat diambil dari nilai terkecil antara Persamaan (2.60) dan (2.61)

$$k = 0,7 + 0,05 (\psi A + \psi B) \leq 1,0 \dots\dots\dots(2.60)$$

$$k = 0,85 + 0,005\psi \min \leq 1,0 \dots\dots\dots(2.61)$$

Dimana  $\psi_A$  dan  $\psi_B$  adalah  $\psi$  pada ujung kolom dan  $\psi_{min}$  adalah yang terkecil dari kedua harga tersebut. Faktor  $\psi$  didefinisikan sebagai jumlah rasio kekakuan komponen-komponen struktur tekan terhadap jumlah 64 kekuatan komponen-komponen struktur lentur yang bertemu pada salah satu ujung komonen struktur tekan dan di hitung dalam bidang rangka yang ditinjau yaitu dapat dilihat pada Persamaan (2.62).

$$\psi = \frac{\sum E_c l_c / l_{uc}}{\sum E_b l_b / l_b} \dots\dots\dots (2.62)$$

Dimana :

$l_{uc}$  = Panjang bebas kolom tanpa penampang lateral.

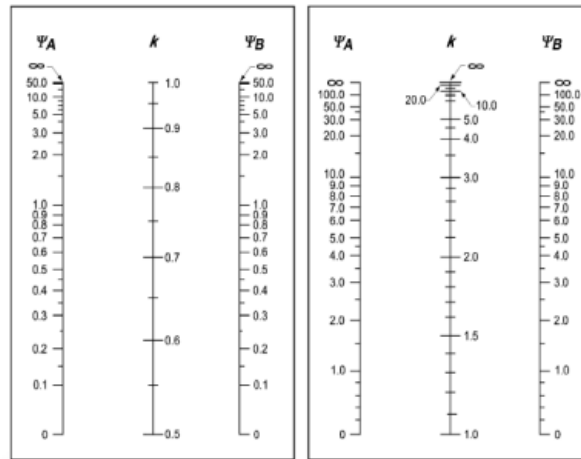
$l_b$  = Panjang komponen struktur lentur diukur dari pusat ke pusat join.

- b. Komponen struktur tekan pada rangka dengan kondisi sendi disalah satu ujungnya.

Faktor panjang efektif  $k$  untuk komponen struktur tekan pada rangka bergoyang dan dengan kondisi sendi di salah satu ujungnya dapat dihitung dengan Persamaan (2.63).

$$k = 2,0 + 0,3\psi \dots\dots\dots (2.63)$$

Gambar 2.16 memperlihatkan diagram Jackson dan Morelend yang dapat digunakan untuk mengestimasi faktor panjang efektif  $k$  secara grafis untuk 65 kolom dengan penampang prismatis pada suatu rangka portal dengan bentang banyak (Sumber : Purwono dkk, 2007). Berdasarkan Gambar 2.16 nilai  $k$  adalah perpotongan antara garis lurus yang menghubungkan nilai-nilai  $\psi$  dikedua ujung kolom dan sumbu  $k$ .



Gambar 2.16 Faktor panjang efektif  
(sumber: SNI 2847:2019)

9. Pembesaran momen untuk portal tak bergoyang

Pembesaran momen  $M_c$  dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (2.64)$$

Dimana:

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1,0 \quad (2.65)$$

$$P_c = \pi^2 EI / (k l_u)^2 \quad (2.66)$$

$$E = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d} \text{ atau } EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_d} \quad (2.67)$$

$I_{se}$  = momen inersia tulangan terhadap sumbu pusat penampang.

$$C_m = 0,6 + 0,4 M_1 / M_2 \geq 0,4 \quad (2.68)$$

Momen terfaktor  $M_2$  pada persamaan diatas tidak boleh diambil kurang dari Persamaan (2.69)

$$M_{2-\min} = P_u (15,24 + 0,03 h) \quad (2.69)$$

Jika ternyata  $M_{2-\min} > M_2$ , maka nilai  $C_m = 1$  atau dihitung berdasarkan rasio momen ujung aktual. Selain itu nilai  $C_m$  ditetapkan sama dengan 1 jika ada beban transversal yang bekerja diantara kedua tumpuan kolom. Kolom langsing selanjutnya harus didesain penulangannya terhadap kombinasi  $P_u$  dan momen yang telah diperbesar, yaitu  $M_c$ .

10. Pembesaran momen untuk portal bergoyang

Pembesaran momen ujung  $M_1$  dan  $M_2$  untuk kolom portal bergoyang dapat dilihat pada Persamaan (2.70) dan Persamaan (2.71)

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad (2.70)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad (2.71)$$

Dimana : ns = non-sway atau tidak bergoyang

$M_{ns}$  pada persamaan diatas ditentukan berdasarkan pembesaran yang tidak menimbulkan goyangan pada struktur yang nilainya melebihi  $l/500$  hi .

Suku  $\delta_s M_s$  pada persamaan diatas dapat dihitung berdasarkan analisis orde kedua dengan menggunakan nilai  $I$  yang mereduksi untuk dihitung berdasarkan analisis orde kesatu menggunakan Persamaan (2-107).

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1-Q} = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum P_u \Delta O}{V_{ulc}}} \geq M_s \dots\dots\dots (2.72)$$

Atau :

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq M_s \dots\dots\dots (2.73)$$

Persamaan pertama hanya dapat digunakan bila  $\delta_s \leq 1,5$ . Bila nilai  $\delta_s > 1,5$  maka harus digunakan kedua atau analisis orde kedua.

#### 11. Metode kontur beban *Bresler*

Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah:

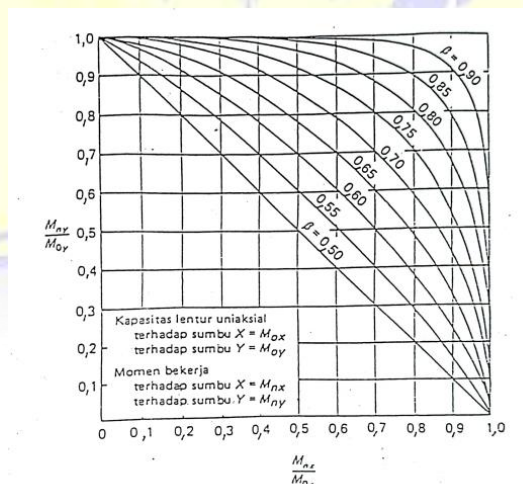
$$\text{Jika } \left( \frac{M_{ny}}{M_{0y}} \right) > \left( \frac{M_{nx}}{M_{0y}} \right), \text{ maka } \left( \frac{M_{ny}}{M_{0y}} \right) + \left( \frac{M_{nx}}{M_{0x}} \right) \left( \frac{1-\beta}{\beta} \right) \dots\dots\dots (2.74)$$

$$\text{Jika } \left( \frac{M_{ny}}{M_{0y}} \right) < \left( \frac{M_{nx}}{M_{0y}} \right), \text{ maka } \left( \frac{M_{nx}}{M_{0x}} \right) + \left( \frac{M_{ny}}{M_{0y}} \right) \left( \frac{1-\beta}{\beta} \right) \dots\dots\dots (2.75)$$

Untuk keperluan desain, nilai  $\beta$  dapat diambil sebesar 0,65. Apabila pada penampang kolom persegi, tulangan memanjang didistribusikan secara seragam pada keempat sisinya, maka rasio  $M_{0y}/M_{0x}$  akan mendekati rasio  $b/h$  dengan  $b$  adalah lebar penampang dan  $h$  adalah tinggi penampang. Sehingga Persamaan (2.76) dan (2.77) menjadi.

$$M_{ny} + M_{nx} \left( \frac{b}{h} \right) \left( \frac{1-\beta}{\beta} \right) \approx M_{0y} \dots\dots\dots (2.76)$$

$$M_{nx} + M_{ny} \left( \frac{b}{h} \right) \left( \frac{1-\beta}{\beta} \right) \approx M_{0x} \dots\dots\dots (2.77)$$



Gambar 2.17 Hubungan Interaksi untuk Lentur Biaksial dinyatakan dalam  $\beta$ 1  
(Sumber : sudarmoko, 1994)

## 12. Langkah-Langkah Desain Kolom

### A. Desain Kolom Metode Uniaksial

#### 1. Kolom Pendek

Langkah-langkah dalam perencanaan yang dapat diikuti dan analisis apabila perilaku kolom tersebut ditentukan oleh kegagalan material:

- Hitung beban aksial luar rencana  $P_u$  dan momen rencana  $M_u$ , serta hitung juga eksentrisitas  $e = M_u / P_u$ .
- Asumsikan ukuran penampang kolom. Dimensi kolom yang berupa (bukan bilangan bulat) sebaiknya dihindari.
- Asumsikan angka penulangan  $\rho$  antara 1% - 8% dan diperoleh luas tulangan.
- Hitung  $e_b$  untuk penampang yang diasumsikan ini akan tentukan jenis keruntuhan, apakah diawali dengan lelehnya tulangan tarik atau dengan hancurnya beton tertekan.
- Periksa analisis apakah penampang tersebut sudah memenuhi atau belum. Apabila penampang tersebut tidak dapat memikul beban rencana atau terlalu besar, maka ukuran kolomnya di ubah dan tulangannya kemudian ulangi langkah d) dan e).

#### 2. Kolom Panjang

Langkah-langkah berikut ini dapat diikuti untuk perencanaan dan analisis apabila perilaku kolom tersebut ditentukan oleh pengaruh tekuk (langsing):

- Tentukan apakah kolom dari rangka (*frame*) yang didesain dan di analisis diperkaku terhadap goyangan lateral atau tidak. Kemudian asumsikan ukuran penampang kolom.
- Hitung eksentrisitas dengan menggunakan yang terbesar dari momen ujung dan cek apakah sudah lebih besar dari eksentrisitas minimumnya. Apabila lebih kecil dari batas minimumnya gunakan harga minimum tersebut.
- Hitung angka kelangsingan kolom  $kl_u / r$  dan tentukan apakah termasuk kolom langsing ataukah kolom pendek. Apabila kolom langsing dan kelangsingannya tidak melebihi 100. Hitunglah momen yang diperbesar

$M_{c..}$  dengan menggunakan momen ini hitunglah eksentrisitas ekuivalen yang dapat digunakan untuk merancang dan menganalisis kolom langsing ini seperti pada kolom pendek. Apabila  $kl_u / r$  lebih besar dari 100, digunakan analisis orde kedua.

- d) Diagram alir mengenai urutan perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran.

## B. Desain Kolom Metode Biaksial

### 1. Kolom Pendek

Langkah-langkah yang dapat digunakan sebagai petunjuk dalam desain dan analisis kolom pendek yang mengalami lentur pada arah x dan y :

- Hitung momen lentur ekuivalen dengan menganggap banyaknya tulangan pada masing-masing sisi sama. Asumsikan faktor konstan interaksi  $\beta$  antara 0,5 dan 0,7. Serta asumsikan juga perbandingan  $b/h$ . Angka perbandingan ini dapat didekati dengan  $M_{ny}/M_{nx}$ . Tentukan momen uniaksial ekuivalen yang diperlukan  $M_{0x}$  atau  $M_{0y}$ . Apabila  $M_{nx}$  lebih besar dari  $M_{ny}$  gunakan  $M_{0x}$  untuk perencanaan dan analisis begitu pula sebaliknya.
- Asumsikan ukuran penampang melintang kolom dan angka penulangan  $\rho = \rho'$  pada setiap dua sisi yang sejajar dengan sumbu lentur atau momen uniaksial ekuivalen yang terbesar. Tentukan penulangan perencanaan dan hitung pula kapasitas  $P_n$  penampang yang telah diasumsikan sebelumnya. Hasil akhir memberikan jumlah tulangan memanjang yang dipakai pada keempat sisi harus sama.
- Hitung kekuatan momen nominal aktual  $M_{0xn}$  untuk momen lentur uniaksial ekuivalen terhadap sumbu x, dimana  $M_{0y} = 0$ . Besarnya tidak boleh lebih kecil dari kekuatan momen yang diperlukan  $M_{0x}$ .
- Hitung kekuatan momen nominal aktual untuk momen lentur uniaksial ekuivalen terhadap sumbu y, dimana  $M_{0x} = 0$ .
- Carilah  $M_{ny}$  dengan menggunakan  $M_{nx}/M_{0x}$  dan  $\beta$ .
- Lakukan coba-coba dan penyesuaian berikutnya dengan memperbesar harga  $\beta$  apabila  $M_{ny}$  yang diperoleh dari diagram lebih kecil daripada  $M_{ny}$  hasil hitungan

melebihi atau sama dengan  $M_{ny}$  yang diperlukan baik dengan cara mengubah-ubah harga  $\beta$  maupun penampang dan tulangnya.

## 2. Kolom Panjang

Langkah-langkah berikut ini dapat dipakai sebagai acuan dalam desain dan analisis kolom panjang yang mengalami lentur pada arah x dan y :

- a) Tentukan apakah kolom dari rangka (*frame*) yang didesain dan dianalisis, diperkaku terhadap goyangan lateral atau tidak serta tentukan beban-beban yang bekerja dan ukuran penampang.
- b) Hitung eksentrisitas akibat beban gravitasi dengan menggunakan momen yang terbesar pada arah x dan y. Periksa bahwa eksentrisitas yang terjadi lebih besar daripada eksentrisitas minimum atau tidak. Apabila eksentrisitas lebih kecil maka gunakan harga minimum tersebut.
- c) Klasifikasi kolom tersebut dengan menghitung angka kelangsingannya. Jika berupa kolom panjang dan angka kelangsingannya tidak melebihi 100 hitunglah momen yang diperbesar  $M_u$  pada arah x ( $M_{ux}$ ) dan pada arah y ( $M_{uy}$ ). Hitung juga beban aksial rencana  $P_u$  yang sudah merupakan beban kombinasi.
- d) Selanjutnya dengan harga-harga yang diperoleh ini, desain dan analisislah kolom panjang tersebut seperti pada kolom pendek akibat beban biaksial.

### 2.2.10 Analisis Menggunakan Software SAP2000 V.22

Structural Analysis Program (SAP2000) merupakan aplikasi analisis struktur yang lengkap dan mudah digunakan. SAP2000 memiliki beberapa fungsi yaitu:

- Dapat menghitung momen mekanika struktur sederhana ataupun rumit
- Digunakan untuk menganalisis struktur beton
- Menganalisis struktur baja

Aplikasi SAP2000 dikembangkan oleh perusahaan *software* Computers and Structures Incorporated (CSI), yang didirikan oleh Ashraf Habibullah di Barkeley, California, Amerika Serikat. Sebelum adanya SAP2000, terdapat aplikasi terdahulu yaitu SAP80 dan SAP90. SAP2000 adalah aplikasi versi terakhir yang paling lengkap dibanding dengan aplikasi sebelumnya. Dimana versi SAP2000 ini hampir setiap tahunnya terdapat *update* atau pembaharuan pada aplikasinya, semakin

terbaru versinya, maka fitur-fitur SAP2000 ikut berkembang. Pembaharuan tersebut meliputi adanya penambahan standar analisis, *update* karakteristik material sesuai dengan penelitian terbaru, *update* perhitungan yang lebih terperinci dan penambahan lainnya.

#### 1. Sistem koordinat

Pada SAP2000 sistem koordinat model struktur ditentukan dengan mematuhi sistem koordinat X-Y-Z, dan setiap bagian dari model seperti join atau frame, mempunyai koordinat lokal 1-2-3. Sistem koordinat semuanya ditunjukkan dengan sumbu 3 dimensi yang mengikuti atauran tangan kanan dan menggunakan sistem Cartesian. SAP2000 mengasumsikan sumbu Z adalah sumbu Vertikal, dengan Z+ mengarah ke atas yang digunakan sebagai bantuan untuk menentukan sistem koordinat lokal.

#### 2. Beban pada struktur

Pada bangunan struktur pasti terdapat pembebanan baik itu beban dari berat sendiri struktur tersebut. Dalam menentukan pembebanan pada *software* SAP2000 beban-beban yang ada harus didefinisikan terlebih dahulu. Baik beban terbagi rata maupun beban terpusat. Beban yang bekerja pada suatu struktur dibagi menjadi beberapa diantaranya berat sendiri struktur, beban yang bekerja pada elemen, beban yang bekerja pada join dan beban dinamik.

#### 3. Join

Join merupakan sebagai titik kumpul yang menghubungkan antar elemen, dan juga titik kumpul pada struktur yang displacementnya diketahui atau dihitung. Komponen displacement pada joint terdiri dari beberapa macam yaitu ada translasi atau rotasi, dan disebut dengan derajat kebebasan atau DOF (*Degree Of Freedom*)

#### 4. Output gaya-gaya dalam

Gaya-gaya dalam pada elemen frame merupakan gaya dan momen yang dihasilkan dari penjumlahan tegangan pada potongan penampang elemen. Gaya dalam tersebut yaitu:

- a. P, gaya aksial
- b. V2, gaya geser pada bidang 1-2

- c. V3, gaya geser pada bidang 1-3
  - d. T, momen torsi aksial
  - e. M2, momen pada bidang 1-3 (momen terhadap sumbu 2)
  - f. M3, momen pada bidang 1-2 (momen terhadap sumbu 3)
5. Langkah-langkah umum dalam menggunakan *software* SAP2000

Langkah-langkah dalam analisis struktur menggunakan SAP2000 sebagai berikut:

- a. Tentukan geometrik struktur
- b. Tentukan material dan section
- c. Tentukan properti elemen
- d. Tentukan load case
- e. Tentukan beban joint dan elemen
- f. Desain struktur concrete atau steel
- g. Analisis model
- h. Menampilkan bentuk deformasi model
- i. Menampilkan gaya-gaya elemen
- j. Kontrol tegangan elemen
- k. Redesain elemen
- l. Modifikasi elemen
- m. Simpan input dan output model struktur

## BAB III

### METODE PERENCANAAN

#### 3.1 Deskripsi Model Struktur

Gedung Covid -19 dan Trauma Center merupakan gedung yang difungsikan sebagai gedung pelayanan pasien yang terkena Covid-19 dan sebagai rumah sakit rujukan yang menunjang perhelatan Moto GP di Mandalika. Yang terdiri dari 6 lantai dengan luas bangunan 2.641,80 m<sup>2</sup> yang terletak Gedung IGD yang sudah ada. Struktur bangunan ini dirancang dengan menggunakan konstruksi beton. Gedung covid-19 ini berada di Jl.Prabu Rangkasari, Dasan Cermen, Kec.Sandubaya, Kota Mataram,Nusa Tenggara Barat. Adapun lokasi pembangunan Gedung Covid-19 dan Trauma Center dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi pembangunan Gedung Covid-19 dan Trauma Center

(sumber: Google Maps)

## 3.2 Pengumpulan Data

### 3.2.1 Data Umum Bangunan

1. Nama gedung : COVID-19 dan Trauma center RSUP NTB
2. Fungsi bangunan : Pelayanan Medis
3. Jumlah lantai : 6 (enam) lantai
4. Zona gempa : wilayah 5
5. Struktur utama : Struktur Beton Bertulang
6. Sistem pelat : pelat konvensional

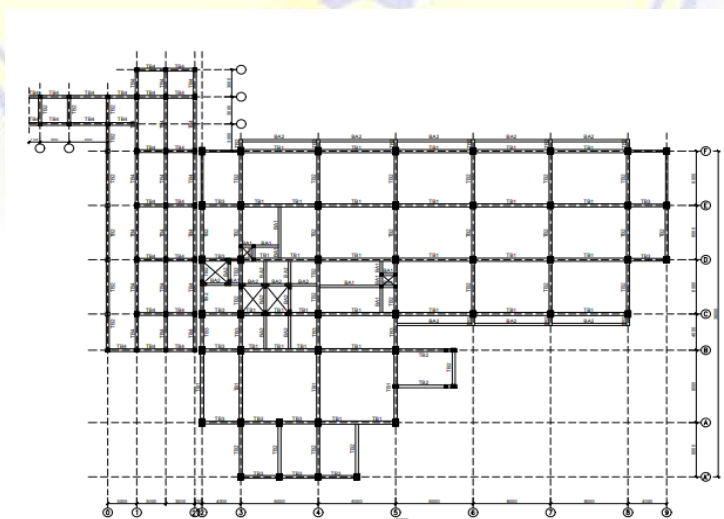
### 3.2.2 Data Teknis

1. Mutu beton yang digunakan ( $f'_c$ ) : 25 MPa
2. Mutu baja tulangan polos ( $f_y$ ) : 240 MPa
3. Mutu baja tulangan ulir ( $f_y$ ) : 400 MPa
4. Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $25 \text{ MPa} = 4700 \sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$
5. Letak bangunan berada di tanah sedang (SD)

### 3.2.3 Gambar Gerja Dan Desain Gedung

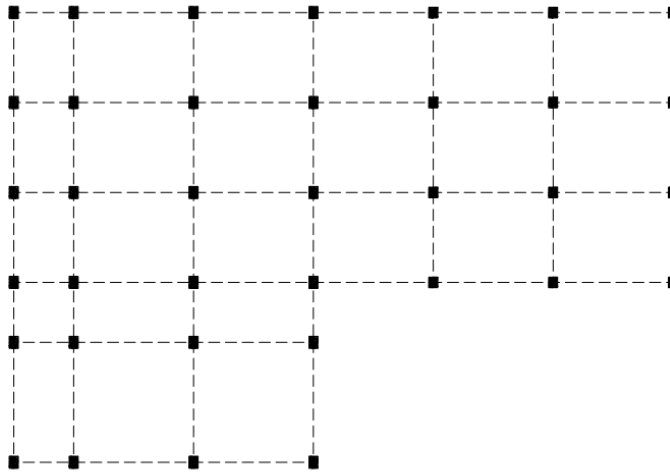
Adapun gambar kerja yang terlampir yaitu:

1. Denah balok dan kolom gedung Covid-19 dan Trauma Center
  - a. Gambar denah balok



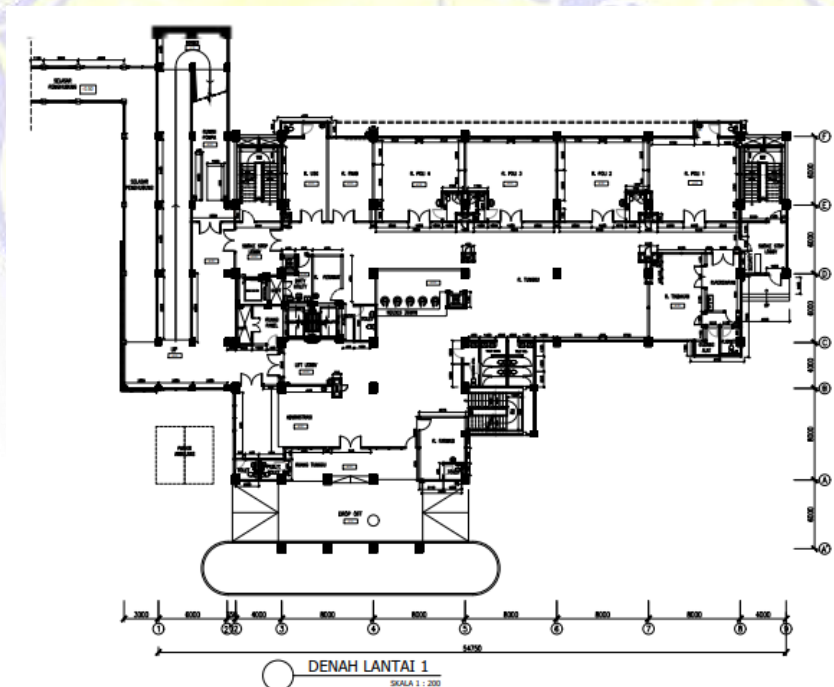
**Gambar 3.2** Denah balok lantai 1-6

b. Gambar denah kolom



**Gambar 3.3** denah kolom lantai 1-6

2. Denah lantai 1 sampai 6 gedung Covid-19 dan Trauma Center.



**Gambar 3.4** Denah lantai 1

### 3.2.4 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur gedung Covid-19 dan Trauma Center ini terdapat beberapa acuan peraturan sebagai berikut :

- 1) SNI 1726:2019 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung)
- 2) SNI 1727:2020 (Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain)

### 3.2.5 Analisa Struktur dengan SAP 2000 V.23

Adapun proses analisa struktur dengan menggunakan *software* SAP 2000 V.23 yang dilakukan pada gedung Covid-19 dan Trauma Center RSUD Provinsi NTB yaitu sebagai berikut :

#### 1. Proses *input* data

Proses input data untuk perencanaan struktur dengan pengoperasian program SAP 200 V.23 terdiri dari beberapa tahapan, yaitu permodelan struktur, pembuatan *Grid Lines* (Geometri Struktur), pendefinisian material struktur, perencanaan dimensi elemen struktur, pembebanan struktur, dan analisis struktur.

#### 2. Proses *output* data

Proses output adalah membuat tabulasi dari hasil analisis struktur yang dilakukan pada struktur bangunan. Dari hasil analisa struktur akan digunakan dalam merencanakan analisa dalam mendesain struktur kolom yang aman sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Sebelum merencanakan elemen struktur, sebelumnya harus memenuhi hasil dari analisis struktur yang akan di tabulasi. Jika belum memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam SNI yang digunakan sebagai acuan, maka akan berlaku dilakukan analisis ulang.

### **3.3 Perencanaan Struktur**

Adapun beberapa perencanaan struktur pada Gedung covid-19 dan Trauma center sebagai berikut:

#### **3.3.1 Perencanaan pelat**

Tahapan-tahapan perencanaan pelat konvensional pada gedung Covid-19 dan Trauma center sebagai berikut:

- 1) Menentukan jarak antar pelat
- 2) Menentukan dimensi pelat
- 3) Menghitung pembebanan pada pelat
- 4) Menghitung penulangan pelat.

#### **3.3.2 Perhitungan Statika**

Perhitungan statika yang dilakukan untuk menganalisa struktur gedung Covid-19 dan Trauma Center sebagai berikut :

1. Beban mati (D)
2. Beban hidup (L)
3. Beban gempa (E)

#### **3.3.3 Perencanaan Balok**

Langkah-langkah perencanaan balok pada gedung Covid-19 dan Trauma center sebagai berikut:

- 1) Menentukan jarak antar balok
- 2) Menentukan dimensi balok
- 3) Menghitung pembebanan pada balok
- 4) Menghitung statika balok dengan menggunakan *software* SAP 2000 V.22
- 5) Menghitung penulangan balok akibat momen lentur dan kombinasi momen geser dan torsi.

### 3.3.4 Perencanaan Kolom

Langkah-langkah perencanaan kolom uniaksial dan biaksial pada gedung Covid-19 dan Trauma center sebagai berikut:

1. Perencanaan kolom uniaksial
  - a) Menghitung dimensi kolom
  - b) Menghitung pembebanan kolom
  - c) Menghitung statika dengan *software* SAP 2000 V.22
  - d) Menghitung luas tulangan kolom
2. Perencanaan kolom biaksial
  - a) Menghitung dimensi kolom
  - b) Menghitung pembebanan kolom
  - c) Menghitung statika dengan *software* SAP 2000 V.22
  - d) Menghitung luas tulangan kolom

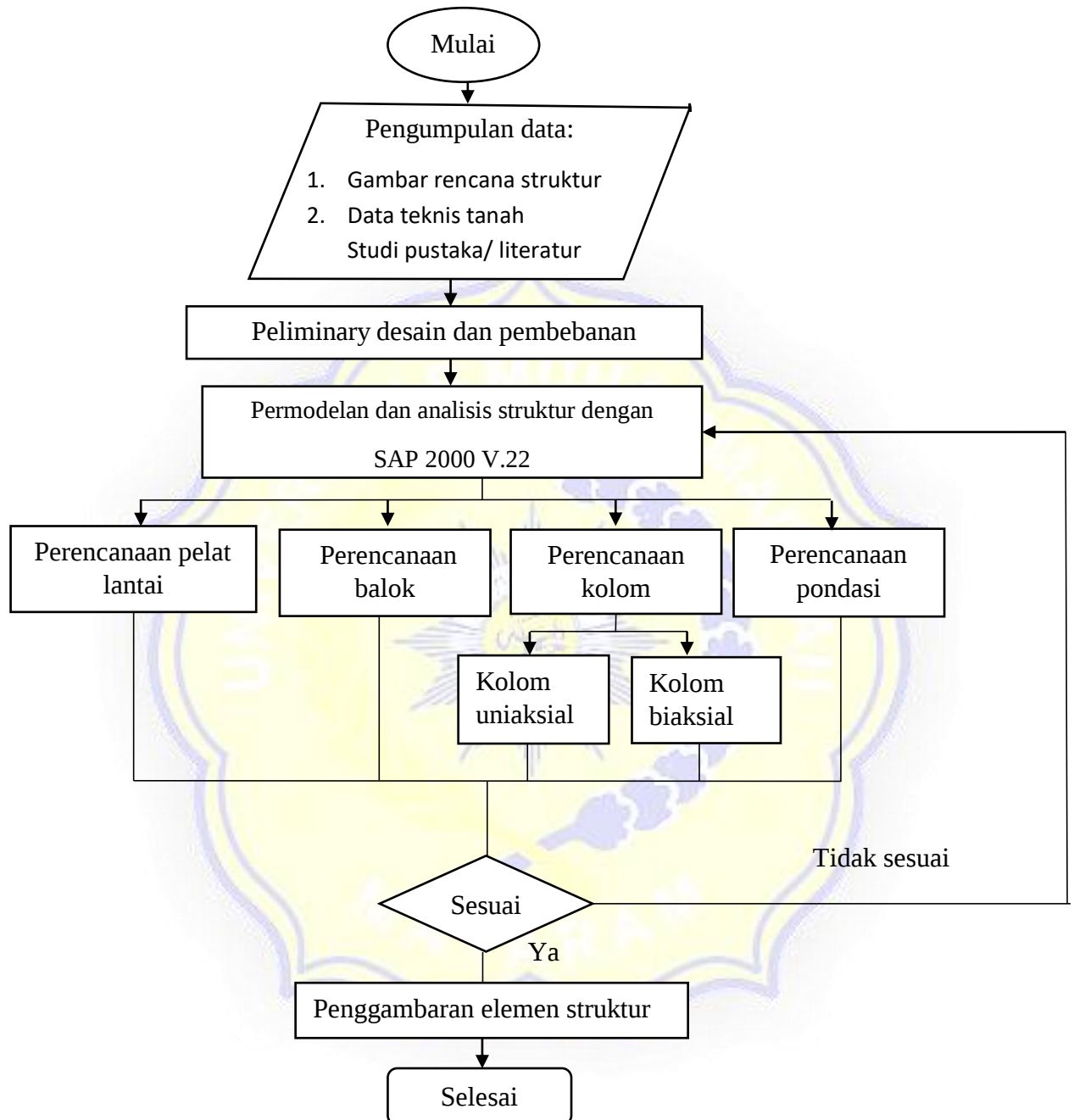
### 3.3.5 Perencanaan Pondasi

Langkah-langkah perencanaan pondasi pada gedung Covid-19 dan Trauma center sebagai berikut:

- 1) Menganalisa karakteristik tanah
- 2) Menghitung pembebanan untuk menentukan daya dukung tanah
- 3) Menghitung dimensi tiang borepile
- 4) Menentukan jarak antar tiang dan jumlah tiang borepile
- 5) Merencanakan tulangan kepala tiang/pilecap

### 3.4 Bagan Alir Perencanaan

Bagan alir perencanaan yang dilakukan sesuai dengan Gambar 3.2 berikut:



**Gambar 3.5** Bagan Alir Perencanaan