

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS STRUKTUR ATAS GEDUNG 12 LANTAI PADA PROYEK**  
**PEMBANGUNAN KANTOR PUSAT BPD JAMBI MENGGUNAKAN**  
**APLIKASI SAP2000**



Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kurikulum  
Program S-1 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Batanghari

Disusun Oleh :

**BIMA NANDO VIRANTO**

NPM 1700822201025

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI**

**2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**ANALISIS STRUKTUR ATAS GEDUNG 12 LANTAI PADA**  
**PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR PUSAT BPD JAMBI**  
**MENGGUNAKAN APLIKASI SAP2000**




Disusun Oleh :

**BIMA NANDO VIRANTO**

**NPM : 1700822201025**

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari menyatakan Proposal Tugas Akhir dengan judul dan penyusunan sebagaimana diatas telah disetujui sesuai prosedur, ketentuan dan kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan dalam Ujian Komprehensif Tugas Akhir Program Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Pembimbing I

  
Suhendra, ST, MT

Jambi

2023

Pembimbing II

  
Ria Zulfiati, ST, MT

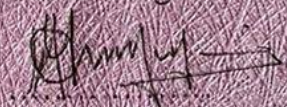




## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS STRUKTUR ATAS GEDUNG 12 LANTAI PADA PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR PUSAT BPD JAMBI MENGGUNAKAN APLIKASI SAP2000

Tugas Akhir dengan judul seperti tersebut diatas telah dipertahankan dihadapan panitia penguji Tugas Akhir Komprehensif Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama : BIMA NANDO VIRANTO  
Npm : 1700822201025  
Pada Hari : Jumat  
Tanggal : 17 Juni 2022  
Jam : 08.30 s/d selesai  
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

#### PANTIA PENGUJI

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Dr. Ir. H. Amsori, M. Das. M. Eng	
2	Sekretaris	Ria Zulfiati, ST, MT	
3	Anggota	Suhendra, ST, MT	
4	Anggota	Ir. H. Azwarman, MT	
5	Anggota	Wari Dony, ST, MT	

Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME

Kepala Prodi Teknik Sipil



Elvira Handayani, ST, MT

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Struktur Atas Gedung 12 Lantai Pada Proyek Pembangunan Kantor Pusat BPD Jambi Menggunakan Aplikasi SAP2000”** dapat penulis selesaikan. Karena penulis percaya, jika sesuatu pekerjaan itu terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari karunia tuhan, dan juga interaksi antara doa dan ikhtiar dengan ketekunan yang tinggi akan membuahkan hasil yang memuaskan, apapun pekerjaan yang dilakukan.

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan akademis yang harus diselesaikan mahasiswa guna memenuhi persyaratan kurikulum pada program sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari. Tugas Akhir ini terselesaikan tidak terlepas dari dorongan dan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, baik moril maupun materil, untuk itu Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Ir.H.Fakhrul Rozi Yamali,ME (Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi)
2. Bapak Drs.G.M.Saragih,Msi (Sebagai Wakil Dekan I)
3. Bapak Ir.H.Azwarman,MT (Sebagai Wakil Dekan II)
4. Bapak Ir.H.Myson,MT (Sebagai Wakil Dekan III)
5. Ibu Elvira Handayani,ST,MT (Sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi)
6. Bapak Suhendra,ST,MT (Sebagai Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi sekaligus Dosen Pembimbing I)

7. Ibu Ria Zulfiati,ST,MT (Sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi sekaligus Dosen Pembimbing II)
8. Kepada kedua orang tua dan adik tercinta yang telah memberikan doa dan dukungan dalam melaksanakan studi dan kerja praktek ini.
9. Kepada rekan-rekan dan sahabat-sahabat saya yang telah membantu dan memberikan semangat dalam pelaksanaan Proposal Tugas Akhir.

Semoga bantuan dan doa serta bimbingan yang telah diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung dapat menjadi amal ibadah yang baik diterima Allah SWT. Akhir kata Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk bahan pembelajaran maupun sebagai tambahan ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Dan penulis mohon maaf, apabila dalam penulisan ataupun penyusunan Tugas Akhir ini dapat kekeliruan, serta penulis mohon kepada Allah SWT Semoga selalu dilimpahkan taufik dan hidayahnya kepada kita semua, aamiin.

Jambi,

2022

Bima Nando Viranto

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir .....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Umum.....	7
2.2 Beton Bertulang.....	7
2.2.1 Kolom .....	10
2.2.2 Balok .....	11
2.2.3 Pelat .....	14
2.3 Konsep Struktur Gedung Tahan Gempa .....	15
2.4 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa.....	16

2.4.1 Perencanaan Kapasitas .....	17
2.4.2 Struktur Rangka Pemikul Momen.....	17
2.5 Pembebanan.....	26
2.5.1 Beban Mati ( <i>Dead Loads</i> ).....	27
2.5.2 Beban Hidup ( <i>Live Loads</i> ) .....	27
2.5.3 Beban Gempa ( <i>Earthquake loads</i> ).....	31
2.6 Kombinasi Pembebanan .....	35
2.7 Kekuatan Desain.....	36
2.8 Penelitian Terdahulu.....	37
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Lokasi Penelitian .....	41
3.2 Spesifikasi Bangunan .....	42
3.3 Metode Perhitungan .....	61
3.4 Bagan Aliran ( <i>Flowchart</i> ) Tugas Akhir.....	61
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Perhitungan Dimensi .....	63
4.1.1 Balok .....	63
4.1.2 Pelat.....	65
4.1.3 Kolom .....	85
4.2 Pembebanan.....	88
4.2.1 Pelat.....	88
4.3 Perhitungan Beban Gempa.....	89
4.3.1 Respon Spektrum Desain .....	89
4.3.2 Kategori Desain Seismik (KDS).....	93

4.3.3 Analisa Beban Gempa.....	93
4.3.3.1 Perhitungan Berat Struktur .....	94
4.3.3.2 Distribusi Beban Gempa Lateral Ekuivalen .....	129
4.4 Permodelan Struktur.....	135
4.5 Kontrol Dan Analisis Struktur.....	151
4.5.1 Pemeriksaan Berat Struktur .....	151
4.5.2 Pemeriksaan Partisipasi Massa Rasio .....	151
4.5.3 Pemilihan Jenis Ragam .....	152
4.5.4 Perbandingan Geser Dasar Statis Dan Geser Dasar Dinamis .....	153
4.5.5 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai.....	155
4.5.6 Pengecekan Ketidakberaturan.....	156
4.5.6.1 Ketidakberaturan Horizontal .....	157
4.5.6.2 Ketidakberaturan Vertikal .....	163
4.5.7 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta.....	170
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	176
5.2 Saran.....	177
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lebar efektif maksimum balok lebar ( wide beam) dan persyaratan tulangan transversal

Gambar 2.2 Contoh Sengkang Tertutup (hoop) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal

Gambar 2.3 Geser Desain untuk balok dan kolom

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Gambar 3.2 Bagan Aliran (*flowchart*) Tugas Akhir

Gambar 4.1 Dimensi Balok

Gambar 4.2 Denah Pelat Lantai

Gambar 4.3 Denah Pelat Lantai Bagian I

Gambar 4.14 Denah Pelat Lantai Bagian II

Gambar 4.15 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian II

Gambar 4.16 Letak Garis Netral Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian II

Gambar 4.17 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian II

Gambar 4.18 Letak Garis Netral Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian II

Gambar 4.4 Balok *Eksterior* Pelat Lantai Bagian 1

Gambar 4.5 Letak Garis Netral Balok *Eksterior* Pelat Lantai Bagian 1

Gambar 4.19 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah y Bagian 1I

Gambar 4.20 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah x Bagian 1I

Gambar 4.21 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah y Bagian 1I

Gambar 4.22 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah x Bagian 1I

Gambar 4.23 Rasio kekakuan Lentur Balok Terhadap Tebal Pelat Lantai 1I

Gambar 4.24 Denah Pelat Lantai Bagian III

Gambar 4.25 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian III

Gambar 4.26 Letak Garis Netral Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian III

Gambar 4.27 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian III

Gambar 4.28 Letak Garis Netral Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian III

Gambar 4.29 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah y Bagian III

Gambar 4.30 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah x Bagian III

Gambar 4.31 Rasio kekakuan Lentur Balok Terhadap Tebal Pelat Lantai III

Gambar 4.32 Denah Kolom Yang Mewakili Perhitungan

Gambar 4.33 Denah Kolom

Gambar 4.34 Dimensi Kolom

Gambar 4.36 Respon Spektrum Desain

Gambar 4.37 Nilai Respon Spektrum Desain

Gambar 4.38 Distribusi Beban Gempa Arah X

Gambar 4.39 Distribusi Beban Gempa Arah Y

Gambar 4.40 Template SAP2000

Gambar 4.41 Input Data Grid Bangunan

Gambar 4.42 Edit Data Dimensi Bangunan

Gambar 4.43 Input Material Property Data

Gambar 4.44 Input Material Property Data Kolom

Gambar 4.45 Input Dimensi Kolom

Gambar 4.46 Reinforcement Kolom

Gambar 4.46 Reinforcement Balok

Gambar 4.47 Input Dimensi Pelat

Gambar 4.48 Pilihan Section Property Kolom

Gambar 4.48 Pilihan Section Property Balok

Gambar 4.49 Pilihan Section Property Pelat

Gambar 4.50 Menentukan Lokasi Perletakan

Gambar 4.51 Menentukan Jenis Perletakan

Gambar 4.52 Menentukan Tipe beban

Gambar 4.53 Memodelkan beban

Gambar 4.54 Menentukan Jenis Beban dan Besaran Pada Pelat

Gambar 4.55 Pengaturan fungsi Spektrum Desain

Gambar 4.56 Input Kurva Spektrum Respons Desain

Gambar 4.57 Tipe Beban Gempa Statis

Gambar 4.58 Modify Seismic Load Pattern

Gambar 4.59 Beban Respons Spektrum

Gambar 4.60 Tipe Beban Dinamis

Gambar 4.61 Kombinasi Pembebanan

Gambar 4.62 Pilihan Program Analisis

Gambar 4.63 Pilihan Menjalankan Program



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinggi minimum balok nonprategang

Tabel 2.2 Kasus dimana  $A_{v,min}$  tidak diperlukan jika  $0,5 \phi V_c < V_u \leq V_c$

Tabel 2.3 Kebutuhan  $A_{v,min}$

Tabel 2.4 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang

Tabel 2.5  $A_s,min$  untuk pelat satu arah nonprategang

Tabel 2.6 Tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul  
momen khusus

Tabel 2.7 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum  $L_o$  dan Beban Hidup  
Terpusat Minimum

Tabel 2.8 Klasifikasi Situs

Tabel 2.9 Faktor Reduksi Kekuatan

Tabel 2.10 Faktor Reduksi Kekuatan maksimum yang diizinkan

Tabel 4.1 Beban Mati Pada Lantai

Tabel 4.2 Beban Hidup Pada Lantai

Tabel 4.3 Beban Hidup Pada Atap

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Respon Spektrum

Tabel 4.6 Koefisien Parameter dan Periode

Tabel 4.7 Berat Sendiri Lantai 1

Tabel 4.8 Berat Sendiri Kolom Lantai 1

Tabel 4.9 Beban Mati Tambahan Lantai 1

Tabel 4.10 Berat Sendiri Pelat Lantai 1

Tabel 4.11 Beban Hidup Lantai 1

Tabel 4.12 Berat Sendiri Lantai 2

Tabel 4.13 Berat Sendiri Kolom Lantai 2

Tabel 4.14 Beban Mati Tambahan Lantai 2

Tabel 4.15 Berat Sendiri Pelat Lantai 2

Tabel 4.16 Beban Hidup Lantai 2

Tabel 4.17 Berat Sendiri Lantai 3

Tabel 4.18 Berat Sendiri Kolom Lantai 3

Tabel 4.19 Beban Mati Tambahan Lantai 3

Tabel 4.20 Berat Sendiri Pelat Lantai 3

Tabel 4.20 Berat Sendiri Pelat Lantai 3

Tabel 4.17 Berat Sendiri Lantai 4

Tabel 4.23 Berat Sendiri Kolom Lantai 4

Tabel 4.24 Beban Mati Tambahan Lantai 4

Tabel 4.25 Berat Sendiri Pelat Lantai 4

Tabel 4.26 Beban Hidup Lantai 4

Tabel 4.27 Berat Sendiri Lantai 5

Tabel 4.28 Berat Sendiri Kolom Lantai 5

Tabel 4.29 Beban Mati Tambahan Lantai 5

Tabel 4.30 Berat Sendiri Pelat Lantai 5

Tabel 4.31 Beban Hidup Lantai 5

Tabel 4.32 Berat Sendiri Lantai 6

Tabel 4.33 Berat Sendiri Kolom Lantai 6

Tabel 4.34 Beban Mati Tambahan Lantai 6

Tabel 4.35 Berat Sendiri Pelat Lantai 6

Tabel 4.36 Beban Hidup Lantai 6

Tabel 4.37 Berat Sendiri Lantai 7



Tabel 4.38 Berat Sendiri Kolom Lantai 7

Tabel 4.39 Beban Mati Tambahan Lantai 7

Tabel 4.40 Berat Sendiri Pelat Lantai 7

Tabel 4.41 Beban Hidup Lantai 7

Tabel 4.42 Berat Sendiri Lantai 8

Tabel 4.43 Berat Sendiri Kolom Lantai 8

Tabel 4.44 Beban Mati Tambahan Lantai 8

Tabel 4.45 Berat Sendiri Pelat Lantai 8

Tabel 4.46 Beban Hidup Lantai 8

Tabel 4.47 Berat Sendiri Lantai 9

Tabel 4.48 Berat Sendiri Kolom Lantai 9

Tabel 4.49 Beban Mati Tambahan Lantai 9

Tabel 4.50 Berat Sendiri Pelat Lantai 9

Tabel 4.51 Beban Hidup Lantai 9

Tabel 4.52 Berat Sendiri Lantai 10

Tabel 4.53 Berat Sendiri Kolom Lantai 10

Tabel 4.54 Beban Mati Tambahan Lantai 10

Tabel 4.55 Berat Sendiri Pelat Lantai 10

Tabel 4.56 Beban Hidup Lantai 10

Tabel 4.57 Berat Sendiri Lantai 11

Tabel 4.58 Berat Sendiri Kolom Lantai 11

Tabel 4.59 Beban Mati Tambahan Lantai 11

Tabel 4.60 Berat Sendiri Pelat Lantai 11

Tabel 4.61 Beban Hidup Lantai 11



Tabel 4.62 Berat Sendiri Lantai 12

Tabel 4.63 Berat Sendiri Kolom Lantai 12

Tabel 4.64 Beban Mati Tambahan Lantai 12

Tabel 4.65 Berat Sendiri Pelat Lantai 12

Tabel 4.66 Beban Hidup Lantai 12

Tabel 4.67 Berat Sendiri Lantai Atap

Tabel 4.68 Beban Mati Tambahan Lantai Atap

Tabel 4.65 Berat Sendiri Pelat Lantai Atap

Tabel 4.66 Beban Hidup Lantai Atap

Tabel 4.67 Distribusi Beban Gempa

Tabel 4.68 Perhitungan Berat Struktur Output SAP2000

Tabel 4.69 Perhitungan Partisipasi massa rasio

Tabel 4.70 Waktu Getar Alami

Tabel 4.71 Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis Output SAP2000

Tabel 4.72 Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis Output SAP2000 setelah diberi skala gaya

Tabel 4.73 Simpangan Antarlantai Izin

Tabel 4.74 Pemeriksaan Simpangan Antarlantai

Tabel 4.75 Ketidakberaturan horizontal pada Struktur

Tabel 4.76 Perhitungan ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah X

Tabel 4.77 Perhitungan ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah Y

Tabel 4.78 Perhitungan ketidakberaturan Sudut Dalam

Tabel 4.79 Perhitungan ketidakberaturan Diskontinuitas diafragma

Tabel 4.80 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur

Tabel 4.81 Perhitungan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak Arah X

Tabel 4.82 Perhitungan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak Arah Y

Tabel 4.83 Perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan Arah X

Tabel 4.84 Perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan Arah Y

Tabel 4.85 Perbandingan Berat Antarlantai

Tabel 4.86 Perhitungan Ketidakberaturan Geometri Vertikal

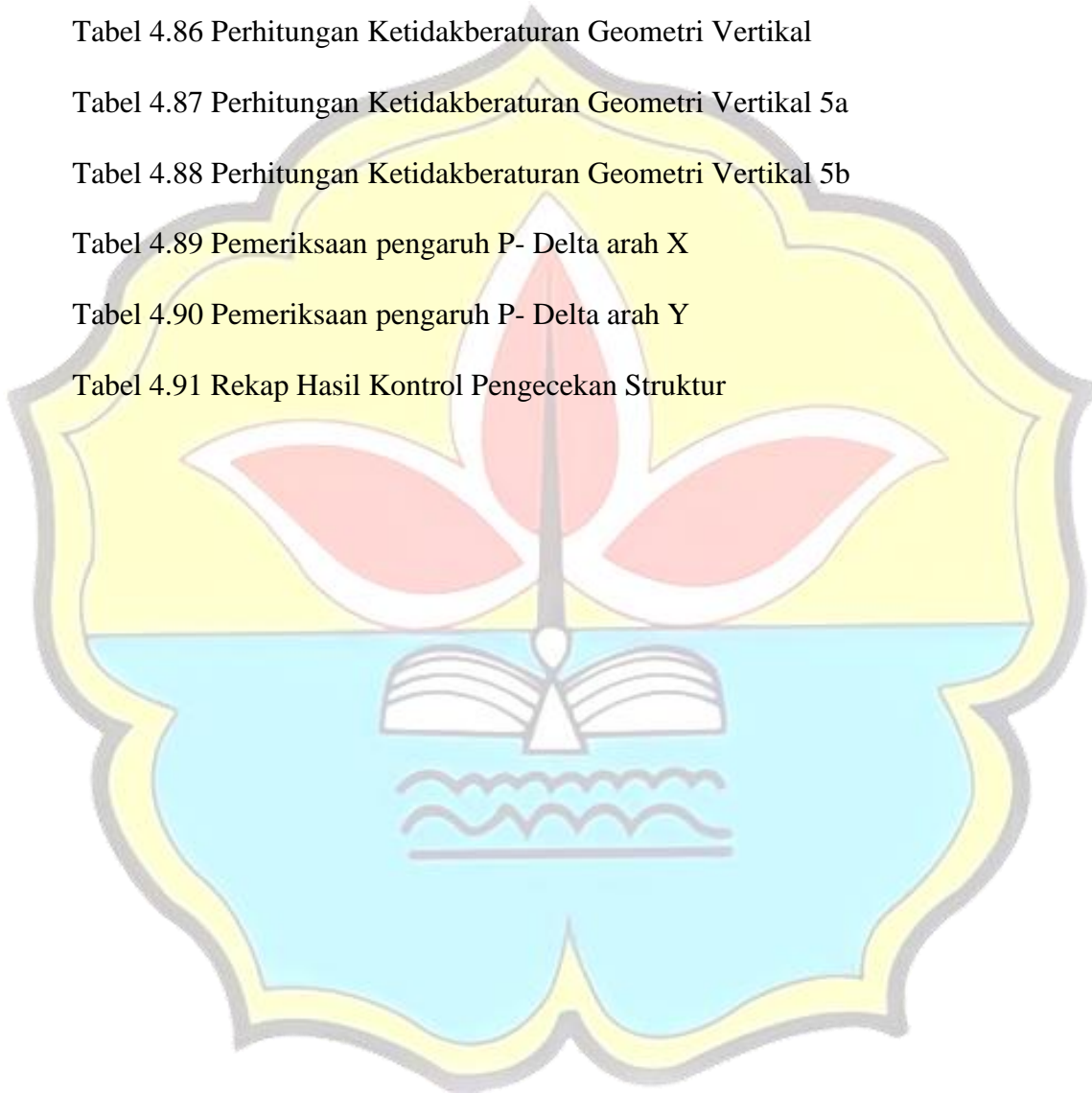
Tabel 4.87 Perhitungan Ketidakberaturan Geometri Vertikal 5a

Tabel 4.88 Perhitungan Ketidakberaturan Geometri Vertikal 5b

Tabel 4.89 Pemeriksaan pengaruh P- Delta arah X

Tabel 4.90 Pemeriksaan pengaruh P- Delta arah Y

Tabel 4.91 Rekap Hasil Kontrol Pengecekan Struktur





## DAFTAR NOTASI

**$f_c'$**  = Kuat Tekan

**$f_t$**  = Kuat Tarik

**$f_y$**  = Kuat Leleh

**$h$**  = Tinggi

**$b$**  = Lebar

**$h_{min}$**  = tinggi minimal

**$b_w$**  = Lebar badan, tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran, mm

**$d$**  = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal, mm

**$A_v$**  = luas tulangan geser dalam spasi  $S_l$ , mm<sup>2</sup>

**$V_c$**  = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N

**$V_u$**  = gaya geser terfaktor penampang, N

**$\emptyset$**  = Diameter

**$A_s$**  = luas tulangan tarik longitudinal nonprategang, mm<sup>2</sup>

**$A_g$**  = luas bruto penampang beton, mm<sup>2</sup>. Untuk penampang berlubang,  $A_g$  adalah luas beton saja dan tidak termasuk luas lubang

**$A_f$**  = luas tulangan dalam braket atau korbel yang menahan momen desain terfaktor, mm<sup>2</sup>

**$P_u$**  = gaya aksial terfaktor; diambil sebagai positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N

**$V_e$**  = gaya geser desain untuk kombinasi pembebanan termasuk pengaruh gempa, N

**$H_x$**  = spasi horizontal ikat silang atau kaki sengkang pengekang (hoop) pusat ke pusat maksimum pada semua muka kolom, mm

- $\gamma$**  = berat jenis
- $E$**  = pengaruh gaya gempa horizontal dan vertikal
- $DL$**  = beban mati
- $LL$**  = beban hidup
- $kN$**  = faktor efektifitas pengekangan
- $L_o$**  = panjang, yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus harus disediakan, mm
- $S_s$**  = deviasi standar contoh uji, MPa
- $S_I$**  = parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen; didefinisikan dalam 6.1.2
- $SA$**  = batuan keras
- $SB$**  = batuan
- $SC$**  = tanah keras, sangat padat dan batuan lunak
- $SD$**  = tanah sedang
- $SE$**  = tanah lunak
- $SF$**  = tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti
- $F_a$**  = Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek
- $F_v$**  = Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili periode 1 detik
- $S_{ds}$**  = parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 6.3
- $S_{d1}$**  = parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 6.3

- T*** = periode fundamental bangunan seperti ditentukan dalam 7.8.2
- R*** = koefisien modifikasi respons, lihat Tabel 12, Tabel 23, Tabel 27, atau Tabel 28
- V*** = geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau, seperti ditentukan menggunakan prosedur dalam 8.8.1
- C<sub>s</sub>*** = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai 7.8.1.1 dengan mengasumsikan dasar struktur fleksibel pada pertemuan tanah-struktur sesuai 14.1
- W*** = berat seismik efektif bangunan (lihat 7.7.2). Dalam perhitungan untuk bangunan dengan isolasi dasar, *W*, didefinisikan sesuai dengan Pasal 14
- T<sub>a</sub>*** = periode fundamental pendekatan (lihat Pasal 7.8.2.1)
- U*** = kekuatan perlu untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang terkait dengan kombinasinya
- L<sub>r</sub>*** = pengaruh beban hidup atap layan
- I*** = faktor keutamaan gempa, momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm<sup>4</sup>
- L<sub>y</sub>*** = panjang pelat diukur dari as balok
- L<sub>x</sub>*** = lebar pelat diukur dari as balok
- A*** = Luas Penampang
- Y<sub>1</sub>*** = jarak dari titik pusat penampang 1 ke sumbu terbawah
- Y<sub>2</sub>*** = jarak dari titik pusat penampang 2 ditambah *Y<sub>1</sub>*
- G<sub>n</sub>*** = letak garis netral antar 2 penampang
- L<sub>n</sub>*** = lebar bersih pelat
- S<sub>a</sub>*** = respons spektra percepatan

- $C_t$**  = koefisien parameter dan perioda momen tabel 18 SNI 1726:2019
- $C_u$**  = koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
- $F_x$**  = gaya seismik lateral (kN) di level- $x$  sebagaimana dijelaskan pada Persamaan (14)
- $V_x$**  = geser seismik desain di tingkat  $x$
- $C_s$**  = koefisien respons seismik
- $K$**  = eksponen yang terkait dengan periode struktur
- $F$**  = beban gempa terhadap berat struktur
- $I_e$**  = faktor keutamaan gempa
- $P_x$**  = total beban rencana vertikal tidak terfaktor pada dan di atas tingkat- $x$ , seperti yang digunakan dalam
- $C_d$**  = faktor pembesaran simpangan lateral, seperti yang diberikan pada Tabel 12 hsx
- $\Delta_x$**  = simpangan antar tingkat yangizinkan
- $SRSS$**  = pemilihan jenis ragam menggunakan metode akar kuadrat jumlah kuadrat
- $CQC$**  = pemilihan jenis ragam menggunakan metode kombinasi kuadrat lengkap
- $\theta$**  = koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta seperti yang ditentukan dalam 7.8.7
- $\beta$**  = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat  $x$  dan  $x-1$



# Analisis Struktur Atas Gedung 12 Lantai Pada Proyek Pembangunan Kantor Pusat BPD Jambi Menggunakan Aplikasi SAP2000

<sup>1</sup>Bima Nando Viranto, <sup>2</sup>Suhendra, <sup>3</sup>Ria Zulfiati.

<sup>1,2,3</sup>Teknik Sipil Univ. Batanghari

Correspondence email: [domas573@gmail.com](mailto:domas573@gmail.com)

**Abstrak.** Saat ini perkembangan mengenai teknologi *software* perancangan maupun analisis struktur sudah banyak diciptakan. Salah satunya *software* SAP2000, suatu program komputer yang diciptakan oleh Prof. Edward L. Wilson, guru besar *University Of California, Berkeley, California USA*. Kegunaan SAP 2000 yaitu menghitung gaya-gaya dalam mekanika teknik pada struktur bangunan, menghitung konstruksi beton dan baja (kolom, balok, dan pelat lantai). Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain; yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau tampilan. Penelitian ini menganalisis struktur gedung 12 lantai menggunakan *Software* SAP2000. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mendapatkan perhitungan struktur atas bangunan gedung 12 lantai dengan *Software* SAP2000 dan pemeriksaan hasil analisis model struktur terhadap *Standard* dan persyaratan yang berlaku berdasarkan SNI. Metode perhitungan mengacu pada SNI 1727:2020 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain), serta berpedoman berdasarkan SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung), dan SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung). Hasil perhitungan kontrol dan analisis struktur, pada pemeriksaan berat struktur terdapat perbedaan 0,34 % dari hitungan manual dengan *Software*, pada pemeriksaan partisipasi massa rasio didapatkan massa ragam terkombinasi sebesar 98%, pemilihan jenis ragam menggunakan metode SRSS, perbandingan geser statis dan dinamis telah memenuhi syarat 100%, pemeriksaan antar lantai tidak melebihi batas yang diizinkan, pada pemeriksaan ketidakberaturan horizontal dan vertikal, didapat beberapa ketidakberaturan pada struktur, dan pada pemeriksaan P-Delta tidak perlu diperhitungkan karena  $\theta \leq 0,1$ . Simpulan penelitian ini bangunan termasuk kategori resiko II, dan kategori desain seismik (KDS) bangunan adalah D. Maka dalam hal ini analisis struktur sudah benar, dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)

**Kata kunci:** Analisis Struktur, SAP2000, SRPMK, Perancangan Gedung, Beton Bertulang



## **Analysis of the Upper Structure of a 12-Floor Building in the Jambi BPD Head Office Development Project Using the SAP2000 Application**

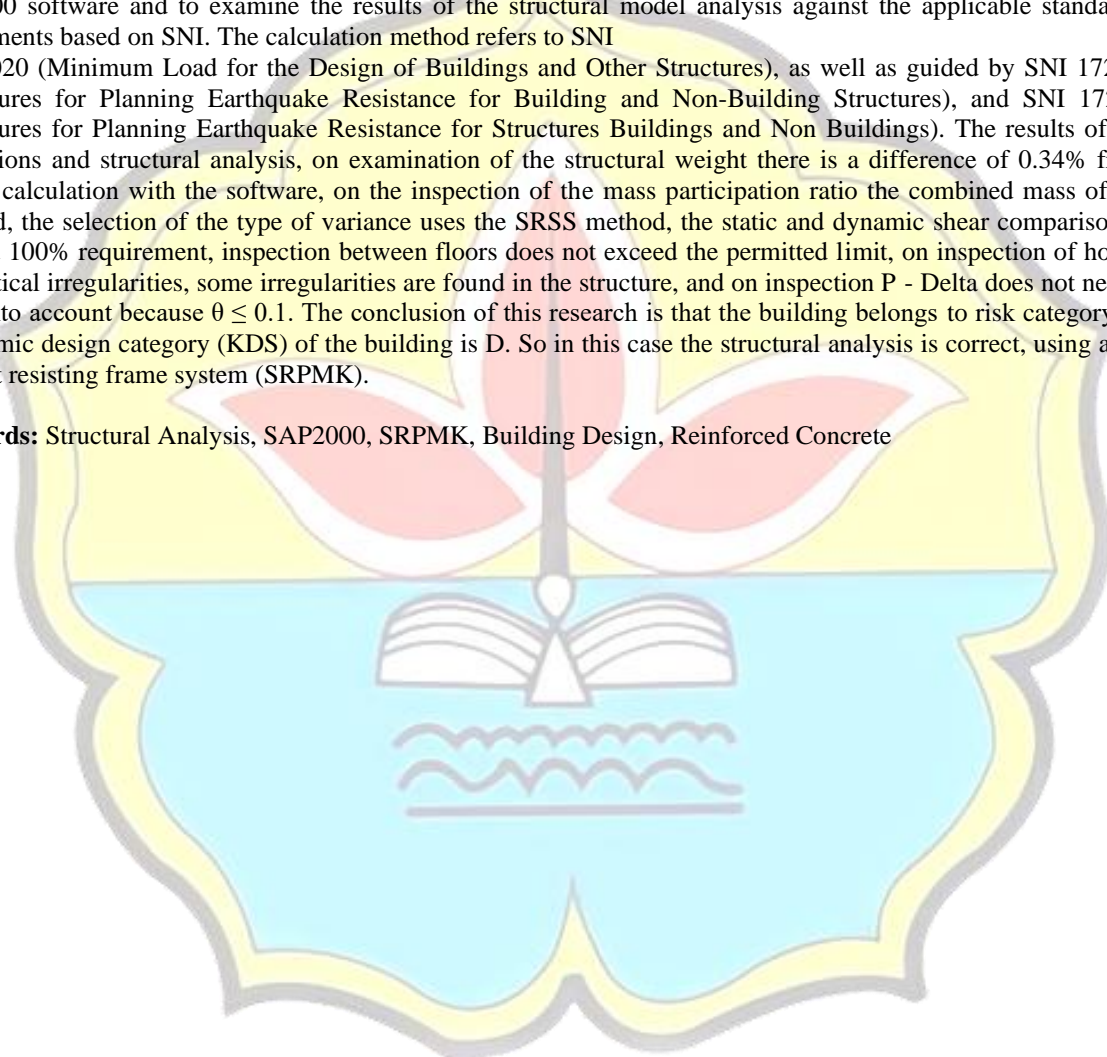
**1Bima Nando Viranto, 2Suhendra, 3Ria Zulfiati.**

1,2,3 Civil Engineering Univ. Batanghari  
Email correspondence: domas573@gmail.com

**Abstract.** Currently, many developments regarding design software technology and structural analysis have been created. One of them is the SAP2000 software, a computer program created by Prof. Edward L. Wilson, professor at the University of California, Berkeley, California USA. The use of SAP 2000 is to calculate the forces in engineering mechanics on building structures, calculate concrete and steel construction (columns, beams and floor slabs). The main principles of using this program are structural modeling, analysis execution, and design checking or optimization; which is all done in one step or view. This study analyzes the structure of a 12-storey building using SAP2000 software. The purpose of this research is to obtain the calculation of the upper structure of a 12-storey building using SAP2000 software and to examine the results of the structural model analysis against the applicable standards and requirements based on SNI. The calculation method refers to SNI

1727:2020 (Minimum Load for the Design of Buildings and Other Structures), as well as guided by SNI 1726:2019 (Procedures for Planning Earthquake Resistance for Building and Non-Building Structures), and SNI 1726:2019 (Procedures for Planning Earthquake Resistance for Structures Buildings and Non Buildings). The results of control calculations and structural analysis, on examination of the structural weight there is a difference of 0.34% from the manual calculation with the software, on the inspection of the mass participation ratio the combined mass of 98% is obtained, the selection of the type of variance uses the SRSS method, the static and dynamic shear comparisons have fulfilled 100% requirement, inspection between floors does not exceed the permitted limit, on inspection of horizontal and vertical irregularities, some irregularities are found in the structure, and on inspection P - Delta does not need to be taken into account because  $\theta \leq 0.1$ . The conclusion of this research is that the building belongs to risk category II, and the seismic design category (KDS) of the building is D. So in this case the structural analysis is correct, using a special moment resisting frame system (SRPMK).

**Keywords:** Structural Analysis, SAP2000, SRPMK, Building Design, Reinforced Concrete



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam era pembangunan, semakin banyak bangunan bertingkat yang telah dibangun untuk memenuhi kebutuhan manusia. Bangunan bertingkat dibangun sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi kepadatan lahan pembangunan yang semakin lama semakin terbatas dikarenakan banyaknya pembangunan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti pembangunan perkantoran, mall, sekolah, perumahan, hotel dan lain-lain. Bangunan gedung perkantoran merupakan tempat untuk melaksanakan aktifitas perekonomian.

Pekerjaan dalam perkantoran yang utama adalah dalam kegiatan penanganan informasi dan kegiatan manajemen maupun pengambilan keputusan berdasarkan informasi tersebut. Hal tersebut akan mengakibatkan terjadinya variasi ukuran kantor berdasarkan manajemen, struktur organisasi dan teknologinya. Oleh karena itu dalam merencanakan gedung perkantoran perlu perencanaan yang matang ditinjau dari segi keamanan, biaya, kegunaan, bentuk, arsitektur, struktur, maupun jasa yang tersedia. Mengenai kekuatan struktur, komponen seperti kolom, balok, dan pelat, masing-masing diperlukan analisa struktur pembebanan dan dimensi yang akurat. Struktur merupakan sarana untuk menyalurkan beban dan akibat penggunaan atau kehadiran bangunan ke dalam tanah.

Pemilihan kualitas material yang tepat diperlukan untuk membuat struktur, seperti persentase agregat, pasir, dan semen, jenis pembersihan serta



ukuran penampang. Sehingga secara keseluruhan perlu dihitung dan dianalisis untuk membuat suatu bangunan yang kuat dari segi struktural.

Untuk mendesain bangunan bertingkat sangat penting untuk memperhatikan kekuatan dari elemen struktur kolom yang menopang keseluruhan bangunan. Sederhananya, kolom dalam suatu struktur bangunan portal/*frame* bertingkat adalah elemen struktur menopang balok, seluruh beban lantai, dan beban-beban lain di atasnya, sedangkan balok hanya elemen struktur yang menopang dan mendistribusikan beban-beban dilantai tersebut menuju ke kolom-kolom. Sehingga jika kolom runtuh, maka semua sistem struktur yang ada di atasnya ikut runtuh juga. Tapi jika balok yang mengalami keruntuhan lebih dulu maka kerusakan hanya terjadi pada bagian balok itu kemudian menjalar ke elemen balok yang lainnya sampai struktur benar-benar runtuh total saat beban yang bekerja tidak lagi mampu ditahan keseluruhan struktur.

SAP 2000 merupakan salah satu program untuk perhitungan kekuatan struktur khususnya bangunan-bangunan bertingkat tinggi dan jembatan. SAP2000 dikembangkan berdasarkan program SAP pada sekitar tahun 1975. Program SAP adalah suatu program komputer yang diciptakan oleh Prof. Edward L. Wilson, guru besar University of California, Berkeley, California, USA. Pada tahun 1975, versi komersial dari program tersebut dilansir oleh perusahaan Computer and Structure Inc. (CSI) pimpinan Ashraf Habibullah.

Kegunaan SAP 2000 yaitu menghitung gaya-gaya dalam mekanika teknik pada struktur bangunan, menghitung konstruksi beton dan baja (kolom, balok, dan pelat lantai). Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain; yang semuanya dilakukan

dalam satu langkah atau tampilan. Tampilan berupa model 2D maupun 3D sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pemodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun hasilnya akurat. Beberapa kemampuan program ini yaitu, analisis yang cepat dan akurat, sistem koordinat ganda untuk bentuk geometri struktur yang kompleks dan model pembebanan yang lebih lengkap baik berupa static maupun dynamic. Setelah adanya program ini dapat mempercepat hasil dari analisis

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik untuk menganalisa struktur Kantor Pusat BPD Jambi dengan menggunakan aplikasi SAP2000 dengan judul “ANALISIS STRUKTUR ATAS GEDUNG 12 LANTAI PADA PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR PUSAT BPD JAMBI MENGGUNAKAN APLIKASI SAP2000”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang dapat dijadikan landasan dalam analisa perhitungan struktur atas KANTOR PUSAT BPD JAMBI sebagai berikut:

1. Bagaimana cara perhitungan struktur atas bangunan gedung 12 lantai dengan menggunakan aplikasi SAP2000.
2. Bagaimana hasil analisis struktur atas bangunan gedung 12 lantai berdasarkan SNI 1726:2019.

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan perhitungan struktur atas bangunan gedung 12 lantai dengan aplikasi SAP2000.

2. Pemeriksaan hasil analisis model struktur terhadap standard dan persyaratan yang berlaku berdasarkan SNI 1726:2019.

#### 1.4 Batasan Masalah

Pada penyusunan Tugas Akhir diperlukan batasan-batasan masalah agar tidak melebarnya pembahasan dari Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut;

1. Struktur yang akan dianalisa adalah Kantor Pusat BPD Jambi 12 lantai dan 1 lantai semi basement di Jl Jendral Ahmad Yani No. 18 Telanaipura, Kota Jambi, Provinsi Jambi;
2. Struktur yang dianalisa hanya struktur atas yaitu beton bertulang saja yang mana terdiri dari pelat lantai, balok, dan kolom,
3. Pada desain balok menggunakan balok persegi (*Rectangular*);
4. Peraturan dan pedoman yang akan digunakan digunakan adalah:
  - a. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020);
  - b. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019);
  - c. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019);
5. Sistem Struktur yang akan direncanakan adalah sistem Struktur Rangka Pemikul Momen;
6. Nilai respon spektra desain didapat menggunakan aplikasi desain spektra Indonesia <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>;
7. Analisa pembebanan, gaya-gaya dalam, perhitungan struktur dan lainnya menggunakan bantuan struktur Program SAP2000 3 dimensi;

8. Gambar-gambar perencanaan yang terdapat dalam penulisan Tugas Akhir ini digambar menggunakan Program AutoCad 2018;
9. Spesifikasi bahan material yang akan digunakan dalam perencanaan adalah:
  - a. Tie Beams  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
  - b. Balok dan Pelat Lantai  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
  - c. Kolom  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
  - d. Baja tulangan yang digunakan dalam perencanaan struktur adalah jenis baja tulangan ulir BJTS-420B dengan kuat leleh bahan,  $f_y = 420 \text{ Mpa}$ .
10. Pada penelitian kali ini analisis struktur hanya sampai kontrol dan analisis model apakah struktur memiliki ketidakberaturan horizontal dan vertikal tidak sampai merencanakan desain tulangan kolom, balok, dan pelat lantai.

### **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Dengan adanya Tugas Akhir ini dapat menambah ilmu dan wawasan penulis dibidang struktur;
2. Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan dapat dijadikan referensi bagi masyarakat luas yang ingin mengetahui ilmu dibidang struktur, terutama mahasiswa teknik sipil dan untuk penelitian lebih lanjut.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun untuk mempermudah dan memahami dalam susunan penulisan Tugas Akhir ini maka digunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

**BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian Tugas Akhir, dan sistematika penulisan.

**BAB II : LANDASAN TEORI**

Berisi tentang umum, beton bertulang, konsep struktur gedung tahan gempa, sistem struktur beton bertulang penahan gempa, pembebanan, kombinasi pembebanan, dan kekuatan desain.

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang deskripsi struktur penelitian, lokasi penelitian, spesifikasi perhitungan, metode perhitungan, dan bagan alir (*Flowchart*) Tugas Akhir.

**BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang perhitungan struktur (beban yang diperhitungkan, dimensi, perhitungan pembebanan, analisa gempa rencana), prarencana (pemodelan struktur), dan, perhitungan struktur diantaranya penentuan perioda gempa, berat struktur.

**BAB V : PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dan saran.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Umum**

Untuk bangunan bertingkat banyak, pada dasarnya mempunyai kesamaan dengan kantilever namun dalam bentuk vertikal yang menerima beban aksial akibat gravitasi dan beban melintang akibat gempa. Beban gravitasi ini pertama kali akan diterima oleh lantai yang kemudian ditransfer secara horizontal pada kolom dan diteruskan pada pondasi. Sedangkan untuk beban horizontal akan membebani setiap tingkat pada bangunan tinggi.

Struktur bangunan dapat dirancang dengan mudah apabila beban-beban yang bekerja pada bangunan bisa ditentukan dengan pasti. Kapasitas bangunan dapat ditentukan sesuai dengan penggunaan bangunan yang bersangkutan, sehingga beban hidup dan beban mati dapat dihitung sesuai kapasitas rencana. Tetapi beban akibat bencana alam yang mempengaruhi bangunan seperti angin, gempa yang tidak dapat dengan pasti diidentifikasi sehingga dalam rancang bangun harus diperhatikan agar struktur tidak runtuh pada kondisi beban maksimal.

#### **2.2 Beton Bertulang**

Menurut Jack C. McCormac (2004) beton adalah campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan.

Sedangkan beton Bertulang adalah suatu kombinasi antar beton dan baja dimana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton, Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga digunakan pada kolom dan berbagai kondisi. Sedangkan menurut SNI 2847:2019 Beton (*Concrete*) merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*Admixturs*).

Menurut Jack C. McCormac, 2004, kelebihan beton bertulang sebagai suatu bahan struktur, yaitu :

1. Beton memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
5. Dibandingkan dengan bahan lain, beton memiliki usia layak yang sangat panjang. Dalam kondisi-kondisi normal, struktur beton bertulang dapat digunakan sampai kapan pun tanpa kehilangan kemampuannya untuk menahan beban. Ini dapat dijelaskan dari kenyataan bahwa kekuatan beton tidak berkurang dengan berjalannya waktu bahkan semakin lama semakin

bertambah dalam hitungan tahun, karena lamanya proses pemadatan pasta semen.

6. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi tapak, dinding basement, tiang tumpuan jembatan, dan bangunan-bangunan semacam itu.
7. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya dicetak menjadi bentuk yang sangat beragam, mulai dari pelat, balok, dan kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
8. Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.
9. Keahlian buruh yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja struktur.

Selanjutnya, Jack C. McCormac, 2004, juga menyatakan kelemahan beton bertulang sebagai bahan struktur, yaitu :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton ditempatnya sampai beton tersebut mengeras. Selain itu, penopang atau penyangga sementara mungkin diperlukan untuk menjaga agar bekisting tetap berada pada tempatnya, misalnya pada atap dinding, dan struktur-struktur sejenis, sampai bagian-bagian beton ini cukup



kuat untuk menahan berat sendirinya. Bekisting sangat mahal, Di Amerika Serikat, biaya bekisting berkisar antara sepertiga hingga dua pertiga dari total biaya struktur beton bertulang, dengan nilai rata-rata sekitar 50%. Sudah jelas bahwa mengurangi biaya dalam pembuatan suatu struktur beton bertulang, hal utama yang harus dilakukan adalah mengurangi biaya bekisting.

3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang-bentang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.
4. Seperti pada no. 3, rendahnya kekuatan persatuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentuk panjang.
5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi-campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bias ditangani seteliti seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja struktur dan kayu lapis.

### **2.2.1 Kolom**

Berdasarkan SNI 2847:2019 Kolom (Column) adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melampaui 3 yang digunakan terutama untuk menumpu beban tekan aksial. Untuk komponen struktur dengan perubahan dimensi lateral, dimensi lateral terkecil adalah rata-rata dimensi atas dan bawah sisi yang lebih kecil. Menurut Ali Asroni (2010) kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial

dengan/tanpa momen lentur. Kolom dapat dibedakan menjadi beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, letak atau posisi beban aksial, serta menurut ukuran panjang-pendeknya kolom.

Menurut subpasal 21.6.1 SNI 2847:2019 komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi dari poin 1 dan 2 berikut :

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

### **2.2.2 Balok**

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen puntir), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut (Ali Asroni, 2010). Balok merupakan elemen struktur yang menyalurkan beban-beban tributary dari Slab lantai ke kolom penyangga vertikal, dan pada umumnya elemen balok dicor secara monolit dengan slab, dan secara struktural ditulangi di bagian bawah, atau dibagian atas dan bawah (Edward G. Nawi, 1998). Penentuan tipe balok sesuai dengan SNI 2847-2019 tabel 2.1 tinggi minimum balok nonprategang adalah sebagai berikut

Tabel 2.1 Tinggi minimum balok nonprategang

Kondisi perlekatan	Minimum $h^{[1]}$
Perlekatan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

<sup>[1]</sup> Rumusan dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420. Untuk kasus lain, minimum  $h$  harus dimodifikasi sesuai dengan 9.3.1.1.1 hingga 9.3.1.1.3, sebagaimana mestinya.

Sumber : SNI 2847 : 2019, Tabel 9.3.1.1

Penulangan lentur minimum pada balok nonprategang mengikuti pasal 9.6.1.2 sebagai berikut :

**9.6.1.2**  $A_{s,min}$  harus lebih besar dari a) dan b), kecuali disediakan 9.6.1.3. Untuk balok statis tertentu dengan sayap dalam keadaan tarik, nilai  $b_w$  harus lebih kecil dari  $b_f$  dan  $2b_w$ .

$$a) \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$b) \frac{1,4}{f_y} b_w d$$

Sumber : SNI 2847 : 2019, Pasal 9.6.1.2

Penulangan geser minimum pada balok nonprategang mengikuti ketentuan SNI 2847-2019 tabel 2.2 dan tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kasus dimana  $A_v,min$  tidak diperlukan jika  $0,5 \phi V_c < V_u \leq V_c$ 

Tipe balok	Kondisi
Balok tipis	$h \leq 250 \text{ mm}$
Menyatu dengan pelat	$h \leq$ terbesar dari $2,5t_f$ atau $0,5b_w$ dan $h \leq 600 \text{ mm}$
Dibangun dengan beton bobot normal bertulangan serat baja sesuai 26.4.1.5.1(a), 26.4.2.2(d), dan 26.12.5.1(a) dan dengan $f_c' \leq 40 \text{ MPa}$	$h \leq 600 \text{ mm}$ dan $V_u \leq \phi 0,17\sqrt{f_c'} b_w d$
Sistem pelat berusuk satu-arah	Sesuai dengan 9.8

Sumber : SNI 2847:2019, Tabel 9.6.3.1

Tabel 2.3 Kebuthan  $A_{v,min}$ 

Jenis balok	$A_{v,min}/s$		
Nonprategang dan prategang	Ter-besar	$0,062\sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}}$	(a)
dengan $A_{ps}f_{se} < 0,4(A_{ps}f_{pu} + A_s f_y)$	dari:	$0,35 \frac{b_w}{f_{yt}}$	(b)
Prategang dengan $A_{ps}f_{se} \geq 0,4(A_{ps}f_{pu} + A_s f_y)$	Ter-kecil dari:	Terbesar dari:	$0,062\sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}}$ (c)
			$0,35 \frac{b_w}{f_{yt}}$ (d)
			$\frac{A_{ps}f_{pu}}{80f_{yt}d} \sqrt{\frac{d}{b_w}}$ (e)

Sumber : SNI 2847:2019, Tabel 9.6.3.3

Penulangan torsi minimum pada balok nonprategang mengikuti ketentuan SNI 2847-2019 pasal 9.6.4.2 dan pasal 9.6.4.3 sebagai berikut :

**9.6.4.2** Jika tulangan torsi diperlukan, tulangan transversal minimum  $(A_v + 2A_t)_{min}/s$  harus lebih besar dari a) atau b):

$$a) 0,062\sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}}$$

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

**9.6.4.3** Jika tulangan torsi diperlukan, tulangan longitudinal minimum  $A_{t,min}$  harus lebih kecil dari a) dan b):

$$a) 0,42\sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}}{f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$b) 0,42\sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}}{f_{yt}} - \left(\frac{0,175b_w}{f_{yt}}\right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

Sumber : SNI 2847 : 2019, Pasal 9.6.4.2 dan 9.6.4.3

Untuk balok anak (Beams) menggunakan pendekatan L/16, balok induk (Girders) menggunakan pendekatan L/12, dan balok kantilever menggunakan pendekatan L/8.

### 2.2.3 Pelat

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan dari bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya.

Menurut Jack C. McCormac (2004) pelat beton bertulang adalah pelat datar besar yang ditopang oleh balok, dinding, atau kolom beton bertulang, oleh dinding bata, oleh balok atau kolom baja struktur, atau oleh tanah.

Sedangkan menurut Ali Asroni (2010) pelat adalah struktur tipis yang terbuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran sistem portal.

Berdasarkan SNI 2847-2019 tabel 2.4. ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang ditentukan sebagai berikut :

**Tabel 2.4 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang**

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

<sup>[1]</sup>Angka ini berlaku untuk beton berat normal dan  $f_y = 420$  MPa. Untuk kasus lain, ketebalan minimum harus dimodifikasi sesuai 7.3.1.1.1 hingga 7.3.1.1.3.

Sumber: SNI 2847:2019, Tabel 7.3.1.1

Tulangan lentur minimum pelat nonprategang berdasarkan SNI 2847-2019 tabel 2.5 adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.5  $A_{s,min}$  untuk pelat satu arah nonprategang**

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

Sumber: SNI 2847:2019, Tabel 7.6.1.1

### 2.3 Konsep Struktur Gedung Tahan Gempa

Menurut Suharjanto (2013) Struktur gedung tahan gempa direncanakan mempunyai konsep dasar:

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat;
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki;
3. Membatasi ketidak nyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika

terjadi gempa ringan sampai sedang;

4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan beban gempa antara lain:

1. Bangunan kaku (*Rigid*) atau bahan kaku seperti *Rigid Wall* (tembok kokoh) akan lebih mendistribusikan beban dari pada elemen-elemen yang lebih lentur seperti rangka penahan momen;
2. Bahan berat seperti genteng beton akan menyebabkan beban lebih besar dari pada bahan yang lebih ringan;
3. Zona Wilayah Gempa dan jarak bangunan dari pusat gempa sangat berpengaruh pada perancangan beban gempa;
4. Tipe lapisan dasar bangunan (*Subgrade Type*), tanah dasar, sedang dan keras (bebatuan/*Rock* dll) berpengaruh dalam perhitungan beban gempa;
5. Bahan yang lemah dan rapuh/getas, sambungan yang kurang baik, dan kesalahan dalam perencanaan dapat mengurangi kemampuan bangunan dalam menahan beban horizontal akibat gempa;
6. Pada saat terjadi gempa sedang hingga besar, kerusakan diijinkan dengan syarat tidak runtuh walaupun mengalami kerusakan. Sangat tidak praktis dan mahal perancangan bangunan yang tidak akan rusak sedikitpun saat gempa sedang hingga besar. Hal ini sangat terkait dengan daktilitas bangunan.

#### **2.4 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa**

Acuan perencanaan struktur penahan gempa di Indonesia adalah SNI 1726:2019 yang merupakan pedoman utama perencanaan struktur penahan

gempa di Indonesia, berdasarkan pedoman tersebut maka struktur yang mampu menahan gempa harus di desain menggunakan:

#### 2.4.1 Perencanaan Kapasitas

Untuk mendapatkan sistem struktur yang daktail, maka disarankan untuk merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan cara perencanaan kapasitas. Menurut Iswandi Imran dan Fajar Hendrik (2010), struktur bangunan tahan gempa pada umumnya didesain terhadap gaya gempa yang lebih rendah dari pada gaya gempa rencana, hal ini dimungkinkan karena struktur didesain untuk mengalami kerusakan atau berperilaku plastis, melalui pembentukan sendi-sendi plastis pada elemen strukturnya pada saat menahan beban gempa rencana. Mekanisme lentur tarik, lentur tekan, geser, tarik diagonal, perilaku angkur, perilaku lekatan tulangan, tekanan aksial dan lain-lainnya.

#### 2.4.2 Struktur Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan SNI 2847:2019 rangka momen yang ditetapkan sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa bisa dikategorikan sebagai berikut:

##### 1. Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Persyaratan dari pasal R18.6.1 berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus terdiri dari balok horizontal dan kolom vertikal yang saling berhubungan oleh joint balok-kolom.

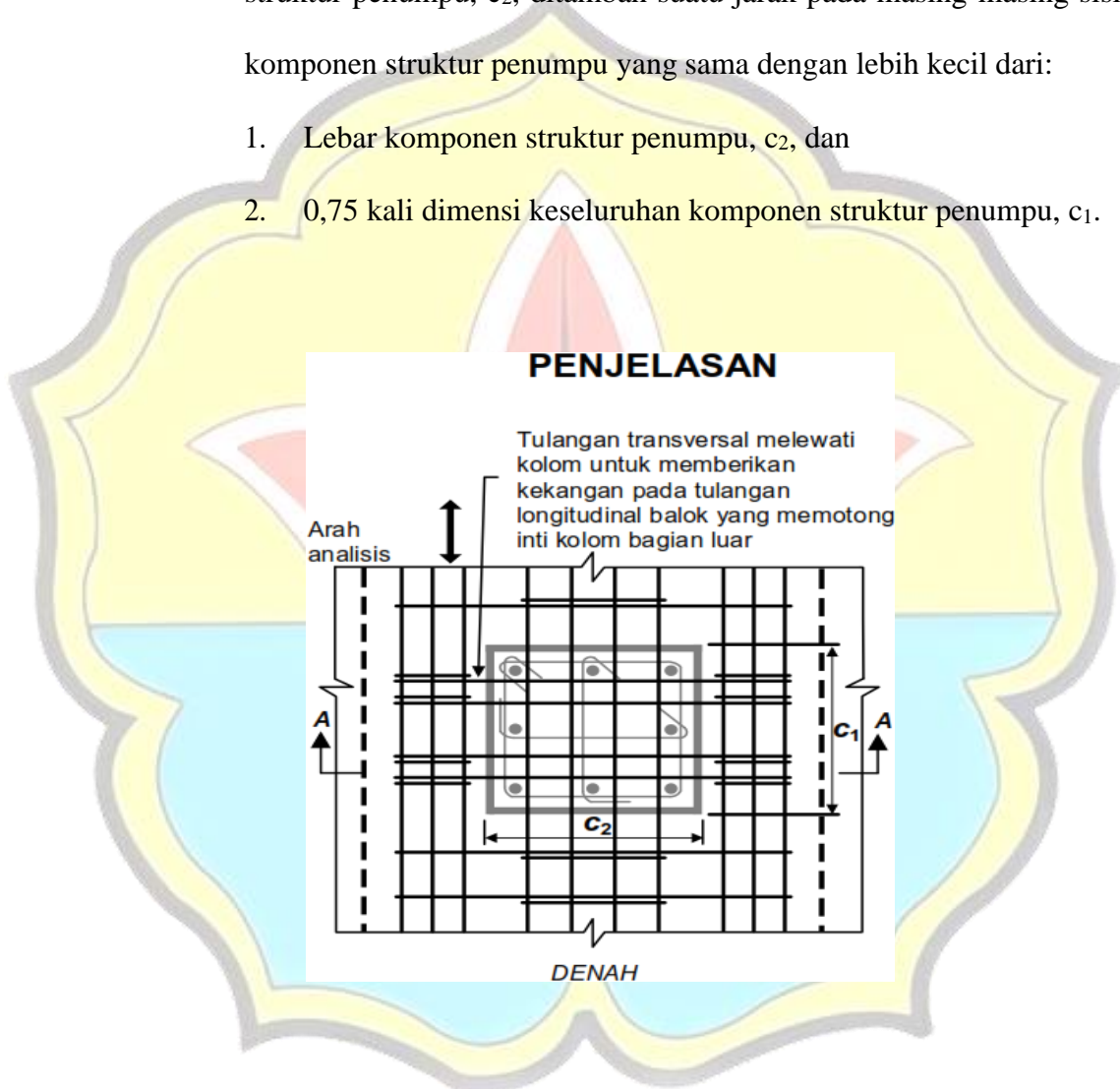
##### a. Batasan Dimensi

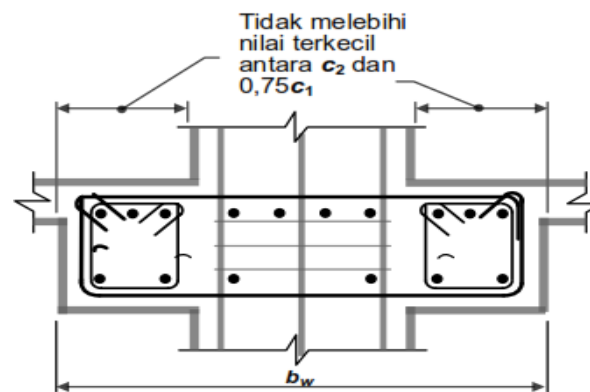
##### 1. Balok

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur,  $P_u$  tidak boleh melebihi  $A_g \cdot f_c / 10$ ;



- b. Bentang bersih komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya;
- c. Lebar komponen struktur,  $b_w$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari  $0,3h$  dan  $250 \text{ mm}$ ;
- d. Lebar komponen struktur,  $b_w$ , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu,  $c_2$ , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan lebih kecil dari:
  1. Lebar komponen struktur penumpu,  $c_2$ , dan
  2.  $0,75$  kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu,  $c_1$ .





Catatan:  
Tulangan transversal kolom di atas dan di bawah *joint* balok-kolom tidak ditampilkan untuk kejelasan

POTONGAN A-A

**Gambar 2.1 Lebar efektif maksimum balok lebar ( wide beam) dan persyaratan tulangan tranversal**

Sumber: SNI 2847:2019 Gambar R18.6.2 *Batasan dimensi*

## 2. Tulangan Longitudinal

Balok-balok harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus pada sisi atas dan bawah penampang. Pada sebarang penampang, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan 9.6.1.2, dan rasio tulangan, tidak boleh melebihi 0,025, Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah;

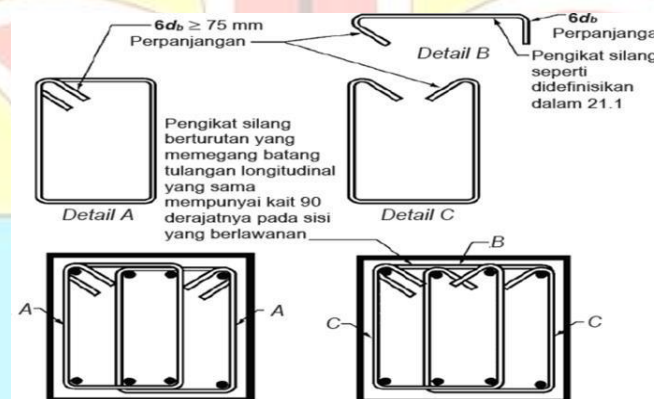
- a. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari  $\frac{1}{2}$  momen negatifnya yang disediakan pada muka joint tersebut. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang komponen struktur tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu *joint*;
- b. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi

tulangan *transversal* yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatkan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari  $d/4$  dan 100 mm, sambungan lewatkan tidak boleh digunakan :

1. Dalam joint;
2. Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka *joint*;
3. Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral melampaui perilaku elastik.

### 3. Tulangan *Transversal*

- a. Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka seperti gambar 2.2 :



**Gambar 2.2 Contoh Sengkang Tertutup (hoop) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal**

Sumber: SNI 2847:2019 Gambar R18.6.4

1. Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah

- bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur;
2. Sepanjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.
  3. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
    - a.  $d/4$
    - b. Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal yang disyaratkan.
    - c. 150 mm;
  4. Bila sengkang tertutup diperlukan, batang tulangan lentur utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan harus mempunyai tumpuan lateral yang memenuhi. Spasi batang tulangan lentur yang tertumpu secara transversal tidak boleh melebihi 350 mm.
  5. Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujung harus disasikan dengan jarak tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang komponen struktur.
  6. Sengkang atau pengikat yang diperlukan untuk menahan geser harus berupa sengkang sepanjang panjang komponen struktur dalam poin a;
  7. Sengkang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan, sebuah sengkang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat seilang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang sama harus mempunyai kait

gempa 90 derajat pada sisi komponen struktur lentur yang berlawanan. Jika batang tulangan memanjang yang diamankan oleh pengikat silang yang dikeang oleh slab hanya pada satu sisi komponen struktur lentur, kait pengikat silang 90 derajat harus ditempatkan pada sisi tersebut.

## 2. Persyaratan Kekuatan Geser

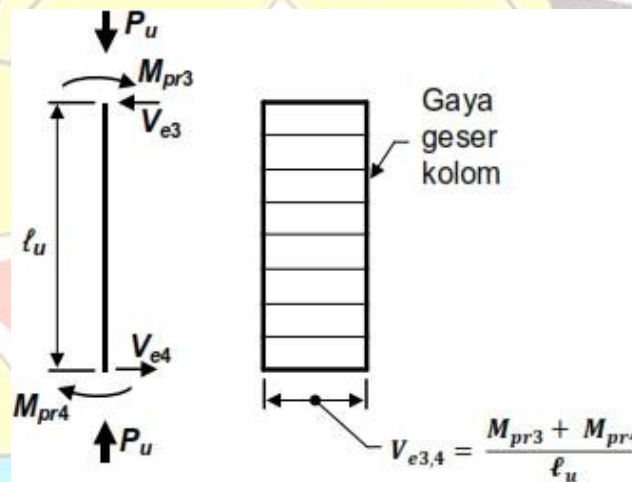
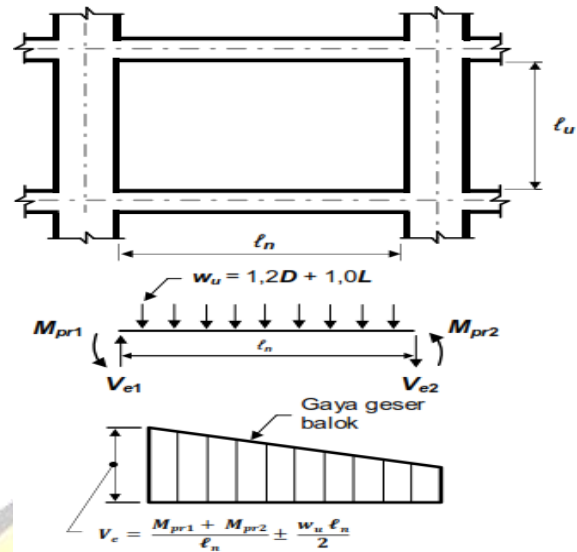
### a. Gaya Desain

Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.

### b. Tulangan Transversal

Tulangan Transversal sepanjang-panjang yang diidentifikasi dalam poin a di Tulangan Transversal harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan  $V_c = 0$  bila mana keduanya terjadi:

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan gaya geser desain mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut;
8. Gaya tekan aksial terfaktor  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g \cdot f'_c / 20$



**Gambar 2.3 Geser Desain untuk balok dan kolom**

Sumber: SNI 2847:2019 Gambar R18.6.5

**a. Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**

1. Lingkup

Persyaratan dari subpasal ini berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya didesain untuk menahan gaya lentur, geser, dan aksial. :

Batasan Dimensi :

- a. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometrik, tidak boleh kurang dari 300 mm;
- b. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

## 2. Tulangan Longitudinal

- a. Luas tulangan memanjang  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari 0,01  $A_g$  atau lebih dari 0,06  $A_g$ ;
- b. Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6;
- c. Sambungan mekanis harus memenuhi pasal 18.2.7 yaitu  $1,25f_y$  dan sambungan las harus memenuhi 18.2.8 yaitu  $1,25f_y$ . Sambungan lewatan diizinkan hanya dalam  $\frac{1}{2}$  pusat panjang komponen struktur, harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus dilingkupi dalam tulangan *transversal* yang tidak boleh melebihi 350 mm dari pusat kepusat.

## 3. Tulangan *Transversal*

Tulangan *transversal* yang diisyaratkan dalam point b sampai point d tulangan *transversal* harus dipasang sepanjang panjang  $l_o$  dari setiap muka *joint* dan pada kedua sisi seberang penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastik rangka. Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesardari poin :

1. Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelepasan lentur sepertinya terjadi;
  2. Seperenam tinggi bersih kolom;
  3. 450 mm;
- Tulangan *transversal* harus terdiri dari spiral tunggal atau saling tumpang(overlap), sengkang bulat atau sengkang persegi dengan atau tanpa pengikat silang.
  - Setiap tekukan ujung sengkang pengekan persegi dan ikat silang harus mengait batang tulangan longitudinal terluar
  - Ikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau lebih kecil dari diameter sengkang pengekan diizinkan sesuai batasan 25.7.2.2. Ikat silang yang berurutan harus diselang-seling ujungnya sepanjang tulangan longitudinal dan sekeliling perimeter penampang.
  - Jika digunakan sengkang pengekan persegi ataupun ikat silang, tulangan transversal tersebut harus berfungsi sebagai tumpuan lateral untuk tulangan longitudinal sesuai 25.7.2.2. dan 25.7.2.3.
  - Tulangan harus diatur sedemikian sehingga spasi  $h_x$  antara tulangan-tulangan longitudinal di sepanjang perimeter penampang kolom yang tertumpu secara lateral oleh sudut ikat silang atau kaki-kaki sengkang pengekan atau tidak boleh melebihi 350 mm.
  - Ketika  $P_u > 0,3A_g f_c'$  atau  $f_c' > 70 \text{ Mpa}$  pada kolom dengan sengkang pengekan, setiap batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan



oleh sudut dari sengkang pengekok ataupun oleh kait gempa, dan nilai  $h_x$  tidak boleh lebih dari 200 mm.  $P_u$  harus merupakan gaya tekan terbesar yang konsisten dengan kombinasi beban terfaktor termasuk  $E$ .

**Tabel 2.6 Tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus**

Tulangan transversal	Kondisi	Persamaan yang berlaku
$A_{sh}/s_b c$ untuk sengkang pengekok persegi	$P_u \leq 0,3 A_g f_c$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (a) dan (b) $0,3 \left( \frac{A_g - 1}{A_{ch}} \right) \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (a) $0,09 \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (b)
	$P_u > 0,3 A_g f_c$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (a), (b) dan (c) $0,2 k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (c)
$\rho_s$ untuk spiral ataupun sengkang lingkaran	$P_u \leq 0,3 A_g f_c$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (d) dan (e) $0,45 \left( \frac{A_g - 1}{A_{ch}} \right) \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (d) $0,12 \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (e)
	$P_u > 0,3 A_g f_c$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (d), (e) dan (f) $0,35 k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (f)

Sumber : SNI 2847:2019, Tabel 1.7.5.4

## 2.5 Pembebanan

Beban-beban pada struktur gedung dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban air, dan beban khusus lainnya, seperti beban getaran mesin, beban kejut listrik, dan lain-lain.

Beban-beban yang direncanakan akan bekerja dalam struktur gedung tergantung dari fungsi ruangan, lokasi, bentuk, kekakuan, massa, dan ketinggian gedung itu sendiri.

Jenis beban yang akan dipakai pada Tugas Akhir ini adalah beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gempa (E), dan beban angin (W). Adapun penjelasan dari beban-beban tersebut yaitu :

### 2.5.1 Beban Mati (*Dead Loads*)

Menurut SNI 1727:2020 beban mati adalah berat seluruh bahan bangunan gedung terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan system pengangkut material. Pada perhitungan struktur menggunakan *software* SAP2000 *versi student* yang mana berat mati dari material dihitung secara otomatis berdasarkan input data material dan dimensi material yang digunakan.

### 2.5.2 Beban Hidup (*Live Loads*)

Menurut SNI 1727:2020 beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Di dalam peraturan pembebanan telah ditetapkan bahwa fungsi suatu ruangan di dalam gedung akan membuat beban yang berbeda. Adapun tabel beban hidup terdistribusi merata minimum dan terpusat minimum yang disajikan pada tabel 2.2.

**Tabel 2.7 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat (lb/kN)
Apartemen (lihat Rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	

Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	60 (2,87) 100 (4,79) 100 (4,79) 100 (4,79) 150 (7,18) 100 (4,79) 60 (2,87)	
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai) Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Koridor - Lantai pertama - Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. (50 mm x 50 mm )		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in. x 1 in. (25 mm x 25 mm)		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran hunian satu rumah saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5.4	
Garasi/parker Mobil penumpang saja Truk dan bus	Lihat pasal 4.10 40 (1,92) Lihat Pasal 4.10.2	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	
Helipad (Lihat Pasal 4.11) Helikopter dengan berat lepas landas Sebesar 3000 lb (13,35 kN) atau Kurang	40 (1,92)	
Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	
Rumah Sakit Ruang operasi, Laboratorium Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan - Ruang baca - Ruang penyimpanan - Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Pabrik - Ringan - Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2000 (8,90) 3000 (13,4)

Sumber: Tabel 4.3-1 SNI 1727:2020

**Tabel 2.7 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

Gedung perkantoran : - Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hokum - Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi - Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	
Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	
Gimnasium	100 (4,79)	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) <sup>a,k</sup>	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) <sup>a,k</sup>	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) - Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tingga lainnya - Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap Atap datar, berhubung dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Atap yang digunakan untuk berkumpul	100 (4,79)	
Atap vegetatif dan atap lansekap	20 (4,79)	
Atap bukan untuk hunian	100 (4,79)	
Atap untuk tempat berkumpul	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Atap untuk penggunaan lainnya		
Awning dan kanopi - Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka	5 (0,24)	
- Kaku ringan		
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24)	
	berdasarkan area tributari dari	

	atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	
--	--------------------------------------------------	--

**Tabel 2.7 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum Lo dan Beban Hidup**

**Terpusat Minimum**

Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	20 (0,96)	
- Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik panel sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi bengkel		2000 (8,9)
- Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja Pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah		
- Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
- Koridor dilantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 (1,33)
- Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 (1,33)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengencer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
- Ringan	125 (6,00)	
- Berat	250 (11,97)	
Toko Eceran		
- Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
- Lantai diatasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
- Grosir disemua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5.3	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	

Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	
------------------------------------------	------------	--

Sumber: Tabel 4.3-1 SNI 1727:2020

### 2.5.3 Beban Gempa (*Earthquake Loads*)

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum yaitu :

#### 1. Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai pasal 4.1.2 SNI-03-1726-2019 tabel 3 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I tabel 4.

#### 2. Parameter Percepatan Gempa

Parameter batuan dasar pada periode pendek ( $S_s$ ) dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik ( $S_1$ ) harus ditetapkan masing-masing dari respon spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Menentukan  $S_s$  dan  $S_1$  dengan melihat peta gempa, ditunjukkan pada <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>.

#### 3. Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs maka situs diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, SF yang mengikuti pasal 5.3 SNI-03-1726-2019. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas dan tidak bisa ditentukan situsnya maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali pemerintah atau dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

Tabel 2.8 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 : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		
	- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 5- Klasifikasi Situs

#### 4. Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 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 periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektral respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan sesuai pasal 6.2 SNI-03-1726-2019 berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots 2.13$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek.

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik.

Koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  akan mengikuti tabel 6 dan tabel 7 SNI-03-1726-2019.

5. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan sesuai pasal 6.3 SNI-03-1726-2019 sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots 2.15$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots 2.16$$

6. Spektral Respons Desain

Kurva spektral respons desain harus dikembangkan dengan mengacu gambar 3 pasal 6.4 SNI-03-1726-2019. Ketentuan dalam membuat kurva diatur sebagai berikut :

a. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektral respons percepatan desain, yaitu  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots\dots\dots 2.17$$

b. Untuk periode antara  $T_0$  dan  $T_s$ ,

$$S_a = S_{DS} \dots\dots\dots 2.18$$

c. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ ,

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots 2.19$$

Dimana :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 2.20$$



$$T_s = \frac{SD1}{SDS} \dots\dots\dots 2.21$$

7. Kategori Desain Seismik

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risiko (pasal 4.1.2 SNI-03-1726-2019 tabel 3) dan parameter respons spektral percepatan desainnya,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ , sesuai pasal 6.3 SNI-03-1726-2019. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah dengan mengacu pada tabel 8 dan tabel 9 pasal 6.5 SNI-03-1726-2019.

8. Koefisien Modifikasi Respons

Koefisien modifikasi respons ( $R$ ) bisa dilihat pada tabel 12 pasal 7.2.2 SNI-03-1726-2019.

9. Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik  $V$  dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.1 SNI-03-1726-2019.

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots 2.22$$

$$C_s = \frac{SDS}{\left[\frac{R}{I}\right]} \dots\dots\dots 2.23$$

Keterangan :

$C_s$  = koefisien respons seismik yang ditentukan pada pasal 7.8.1.1.

$W$  = berat bangunan.

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

$R$  = faktor modifikasi respons.

$I$  = faktor keutamaan gempa.

10. Periode Fundamental Pendekatan

Menurut SNI-03-1726-2012 pasal 7.8.2.1 periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) harus ditentukan dengan persamaan :

$$T_a = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots 2.24$$

Sebagai alternatif, diizinkan untuk periode fundamental ( $T_a$ ), dari persamaan berikut, untuk struktur tidak lebih dari 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3m.

$$T_a = 0,1 \times N \dots\dots\dots 2.25$$

Periode fundamental dari 2 cara tersebut tidak boleh melebihi  $C_u \times C_t \times h_n^x$ , dimana koefisien  $C_u$  didapat dari tabel 17 SNI-03-1726-2019.

## 2.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan adalah kekuatan perlu yang dibutuhkan suatu komponen struktur untuk menahan beban terfaktor yang bekerja dengan berbagai kombinasi efek beban disebutkan kuat perlu ( $U$ ), kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dengan gaya dalam, faktor keamanan kombinasi pembebanan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2019 adalah:

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

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

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

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.29$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \dots\dots\dots 2.30$$

$$U = 0,9D + 1,0W \dots\dots\dots 2.31$$

$$U = 0,9D + 1,0E \dots\dots\dots 2.32$$

Keterangan :

U = Kuat perlu

D = Beban mati

L = Beban hidup

Lr = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

## 2.7 Kekuatan Desain

kekuatan desain adalah kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan, kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$ .

**Tabel 2.9 Faktor Reduksi Kekuatan**

Gaya atau elemen Struktur	Nilai $\phi$	Pengecualian
Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65-0,90 sesuai 21.2.2	Di dekat ujung komponen pratarik (pretension) dimana strand belum sepenuhnya bekerja, $\phi$ harus sesuai dengan 21.2.4
Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
Torsi	0,75	
Tumpu ( bearing)	0,65	

Zona angkur pasca tarik (post-tension)	0,85	
Bracket dan korbel	0,75	
Strut, ties, zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan strut-and-tie di pasal 23	0,75	
Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90	
Beton polos	0,60	
Angkur dalam elemen beton	0,45-0,75 sesuai pasal 17	

Sumber : SNI 2847:2019

**Tabel 2.10 Faktor Reduksi Kekuatan maksimum yang diizinkan**

Kekuatan	Klasifikasi	Tulangan transversal	Maksimum izin $\phi$
Lentur, aksial, atau keduanya	Terkontrol tarik	Semua kasus	1,0
	Terkontrol tekan	Spiral <sup>[1]</sup>	0,9
lainnya		0,8	
Geser, torsi, atau keduanya			0,8
	Tumpu		0,8

<sup>[1]</sup>Tulangan spiral harus memenuhi 10.7.6.3, 20.2.2 dan 25.7.3.

Sumber : SNI 2847:2019

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam kajian pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagai berikut:

1. Hasil Penelitian Rinda Fitri Nabhillah, Gati Annisa Hayu. (2020)

Penelitian Rinda Fitri Nabhillah, Gati Annisa Hayu (2020), Berjudul “*Analisis Perilaku Struktur Perkantoran Tahan Gempa Menggunakan Metode Pushover Analysis*”. Penelitian tentang analisis struktur gedung perkantoran

delapan lantai akibat beban gempa dan mengidentifikasi tingkat kinerja struktur yang mengacu pada ATC-40. Konsep Performance Based Seismic Evaluation (PBSE) digunakan untuk rekayasa gempa dengan menggunakan salah satu metode yaitu Pushover Analysis untuk mengevaluasi struktur. Metode ini sengaja menerapkan beban lateral statis yang meningkat ke struktur sampai kegagalan terjadi pada elemen struktur dan perpindahan struktural yang ditargetkan tercapai. Penentuan target displacement mengacu pada ATC-40, FEMA 365, dan FEMA 440. Hasil menunjukkan nilai target displacement sebesar 0,015 m untuk arah X dan Y serta total drift yang diperoleh sebesar 0,0066 m untuk X arah dan 0,00273 m untuk arah Y. Menurut deformasi struktural dan kriteria dari ATC-40, tingkat kinerja struktur adalah Segera Dihuni (IO).

## 2. Hasil Penelitian Soelarso Baehaki. (2015)

Penelitian Soelarso Baehaki (2015), Berjudul "*Analisis Struktur Beton Bertulang SRPMK Terhadap Beban Gempa Statik Dan Dinamik Dengan Peraturan SNI 1726 2012*". Gempa bumi merupakan getaran yang terjadi akibat pelepasan energi yang menciptakan gelombang seismik. Indonesia merupakan Negara yang rawan terhadap gempa bumi karena memiliki tiga lempeng tektonik yang besar. Besarnya parameter gempa dan respon spektrum diatur dalam SNI 1726 2012 yang merupakan revisi dari SNI 03 1726 2002. Penelitian ini membahas tentang perencanaan struktur beton bertulang SRPMK dengan bangunan 9 lantai pada lokasi gempa di Serang dengan tanah keras dimodelkan pada program ETABS v.9.6. Material yang digunakan beton bertulang dengan  $f'c$  30 Mpa.

Pembebanan yang ditinjau meliputi beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) sesuai PPPURG 1987 dan beban horizontal (beban gempa dinamik respon

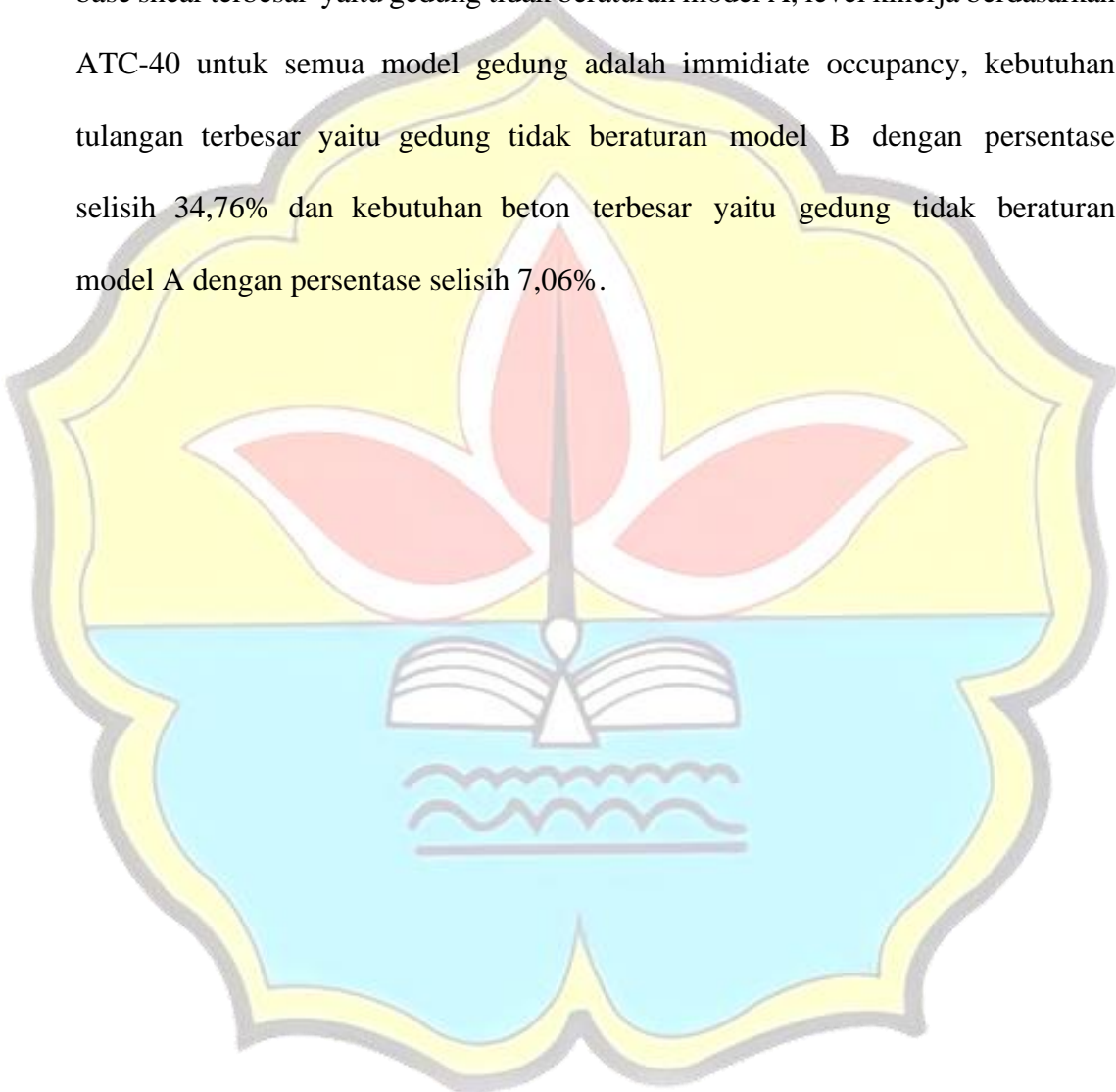
spektrum dan statik ekuivalen) sesuai SNI 1726 2012. Struktur bangunan dianalisis terhadap, simpangan, perilaku struktur, p-delta dan torsi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pada dimensi kolom utama 550 mm x 550 mm balok utama 300 mm x 600 mm struktur gedung sudah mampu memikul beban gravitasi dan horizontal sesuai dengan faktor kenyamanan dan keamanan. Simpangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 26.4 mm (akibat respon spektrum) dan 25.85 mm (akibat statik ekuivalen) tidak melewati batas simpangan yang diizinkan yaitu sebesar 67.31 mm, translasi tanpa mengalami torsi terjadi pada mode 1 dan 2, dan gaya geser dasar yang terjadi sebesar 1743.41 kN (akibat statik ekuivalen) dan 1481.9 kN (akibat respon spektrum).

### 3. Hasil Penelitian Hotma L Purba. (2014)

Penelitian Hotma L Purba (2014), Berjudul "*Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012*". Pengaruh gaya gempa tentunya akan berbeda jika diaplikasikan terhadap bangunan beraturan dan tidak beraturan. Kinerja struktur yang dihasilkan untuk gedung tidak beraturan akan berbeda dengan kinerja struktur gedung beraturan untuk intensitas beban yang sama. Pada peraturan perencanaan struktur tahan gempa yang baru yaitu SNI 03-1726-2012 diatur mengenai ketidakberaturan struktur. Dimana dalam peraturan ini terdapat dua jenis ketidakberaturan yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal yang kemudian terbagi lagi menjadi beberapa tipe ketidakberaturan.

Penelitian bertujuan untuk membandingkan kinerja struktur gedung dengan ketidakberaturan horizontal yang dibandingkan terhadap gedung beraturan dilihat dari displacement, drift ratio, base shear, level kinerja berdasarkan ATC-40,

perbedaan berat beton dan tulangan. Penelitian ini menghasilkan displacement terbesar untuk arah-x yaitu pada gedung tidak beraturan model B dimana persentase selisih terhadap gedung beraturan adalah 32,57% dan untuk arah-y yaitu gedung tidak beraturan model A dengan persentase selisih 27,45%, Drift ratio terbesar arah-x adalah gedung tidak beraturan model B dan arah-y adalah model A, base shear terbesar yaitu gedung tidak beraturan model A, level kinerja berdasarkan ATC-40 untuk semua model gedung adalah immediate occupancy, kebutuhan tulangan terbesar yaitu gedung tidak beraturan model B dengan persentase selisih 34,76% dan kebutuhan beton terbesar yaitu gedung tidak beraturan model A dengan persentase selisih 7,06%.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisa struktur gedung kantor pusat bank BPD Jambi bertingkat 12 yang menggunakan konstruksi beton bertulang. Analisis struktur gedung berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Selain itu juga menggunakan perangkat lunak (*software*) komputer yang membantu dalam proses analisa SAP2000.

#### 3.1 Lokasi Penelitian

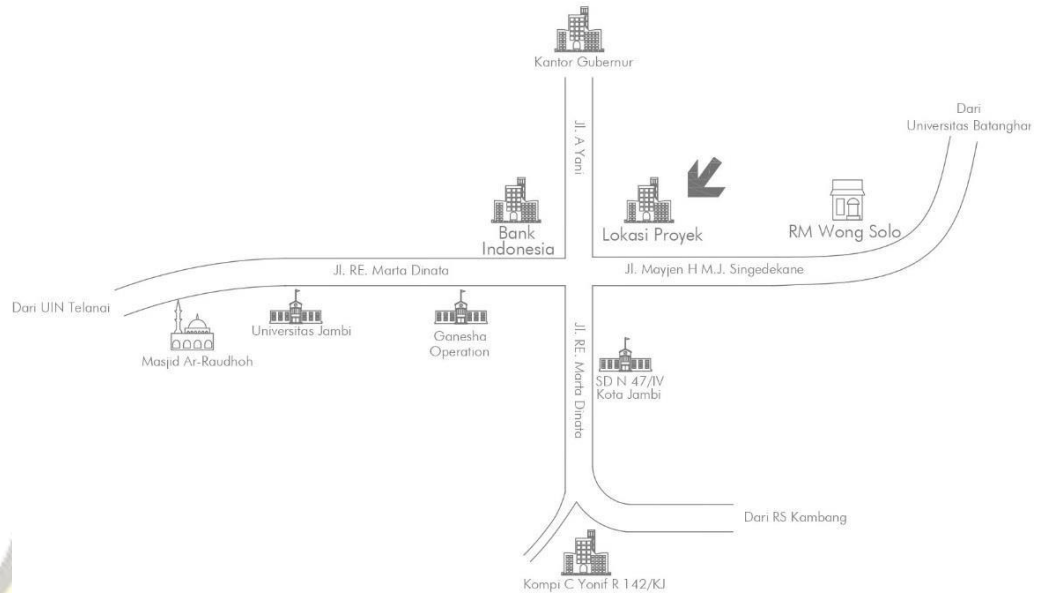
Lokasi penelitian terletak di Jl. Jendral Ahmad Yani No. Telanaipura, Kota Jambi.



**Gambar 3.1 Lokasi Penelitian**

Sumber : Google Earth, 15 November 2021, Waktu 08.40 AM





**Gambar 3.2 Denah Lokasi Penelitian**

Sumber : Data Olahan 2023

### 3.2 Spesifikasi Bangunan

Spesifikasi stuktur meliputi :

1. Fungsi Struktur : Kantor
2. Jumlah Lantai Beton Bertulang : 13 Lantai + Atap
3. Jumlah Lantai Semibasement : 1 Lantai
4. Tinggi Semibasement : 3,5 m
5. Tinggi Tingkat 1 : 6 m
6. Tinggi Tingkat. 2 s/d Lt. 12 : 4 m
7. Panjang Struktur : 50 m
8. Lebar Struktur : 32 m
9. Tinggi Bangunan : 53,5 m

10. Struktur Bangunan : Beton bertulang

11. Mutu Material :

a. Beton

- Plat Lantai :  $f_c' 30 \text{ MPa}$

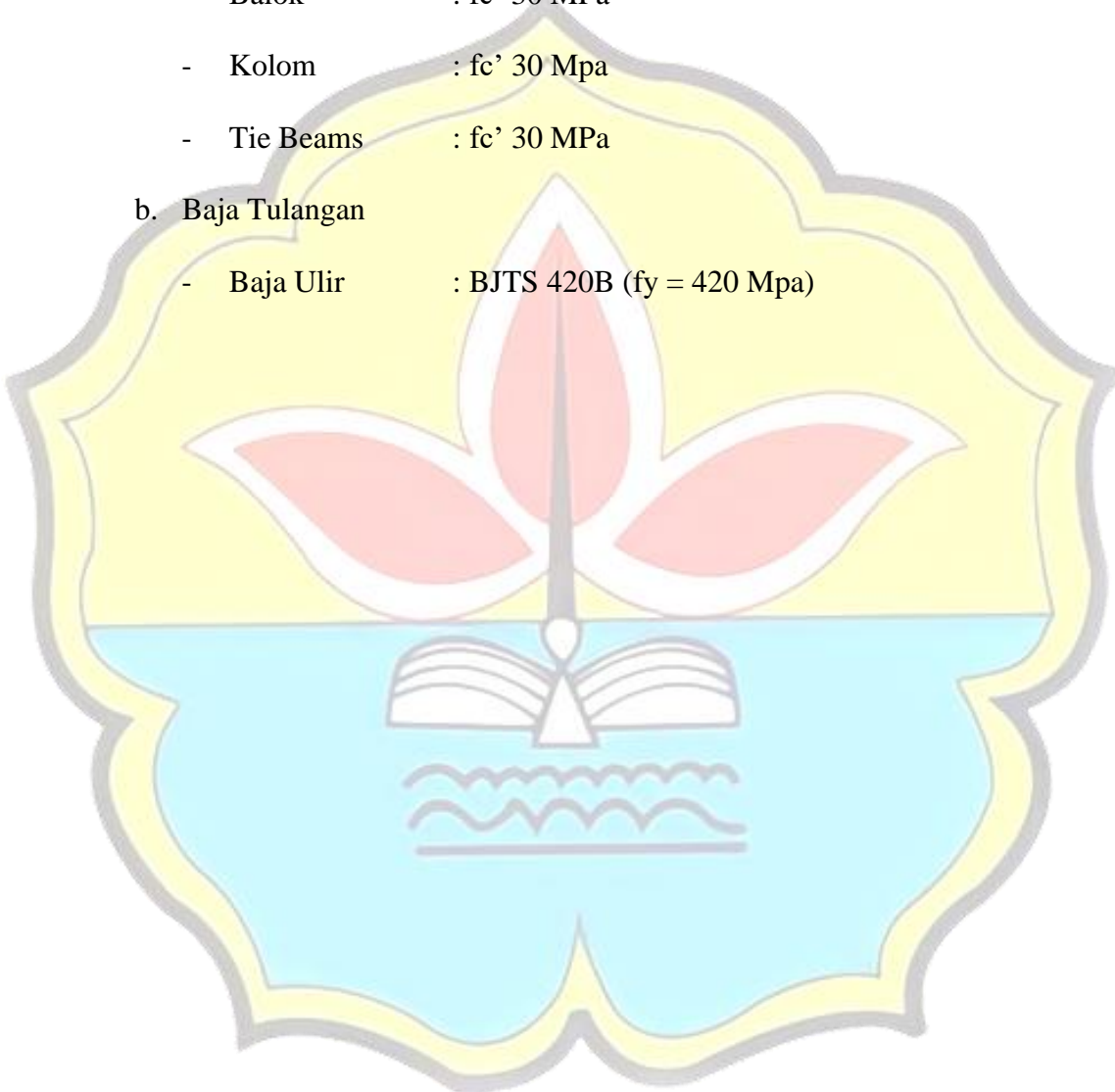
- Balok :  $f_c' 30 \text{ MPa}$

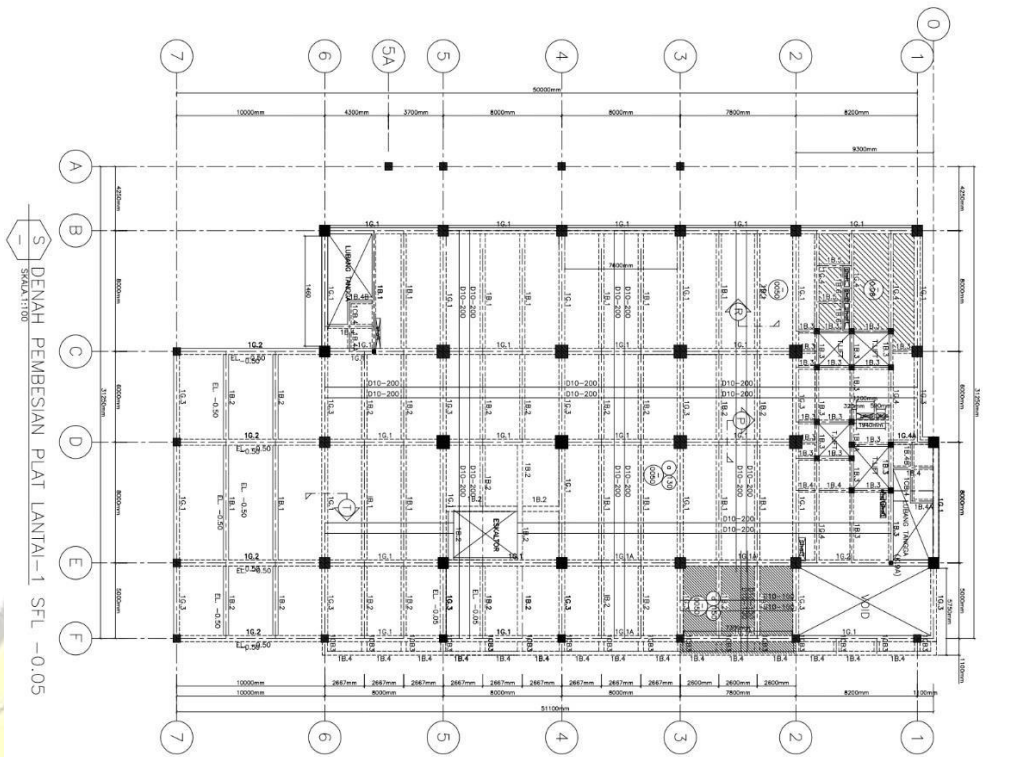
- Kolom :  $f_c' 30 \text{ MPa}$

- Tie Beams :  $f_c' 30 \text{ MPa}$

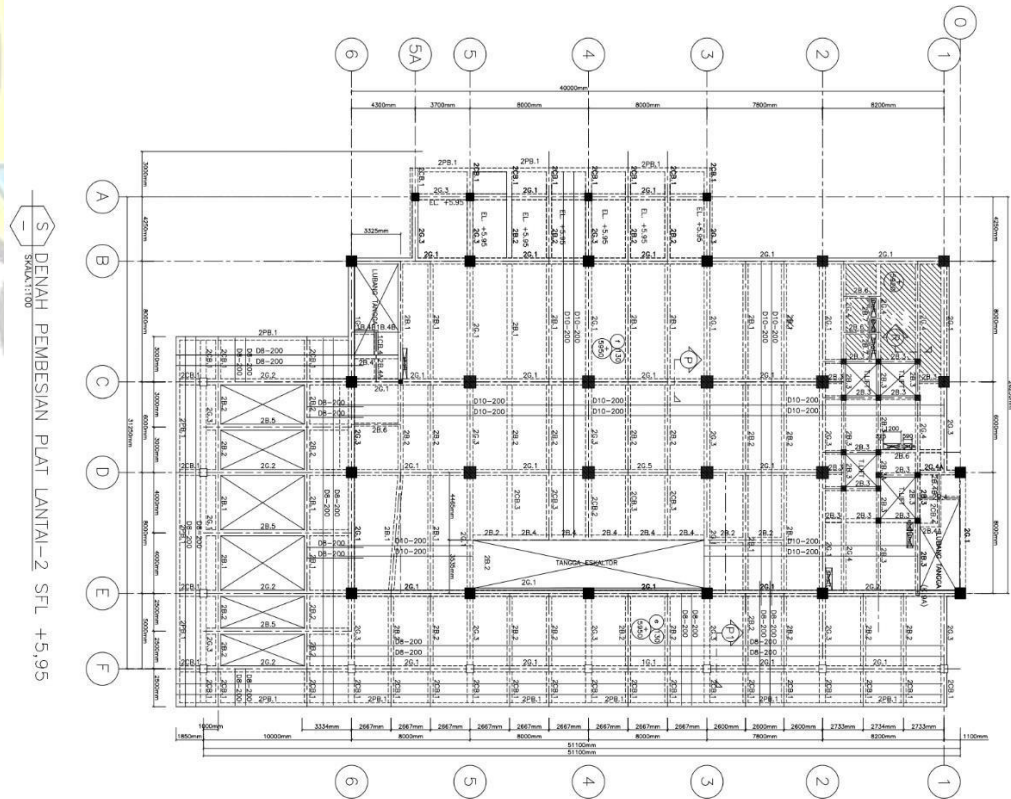
b. Baja Tulangan

- Baja Ulir : BJTS 420B ( $f_y = 420 \text{ Mpa}$ )

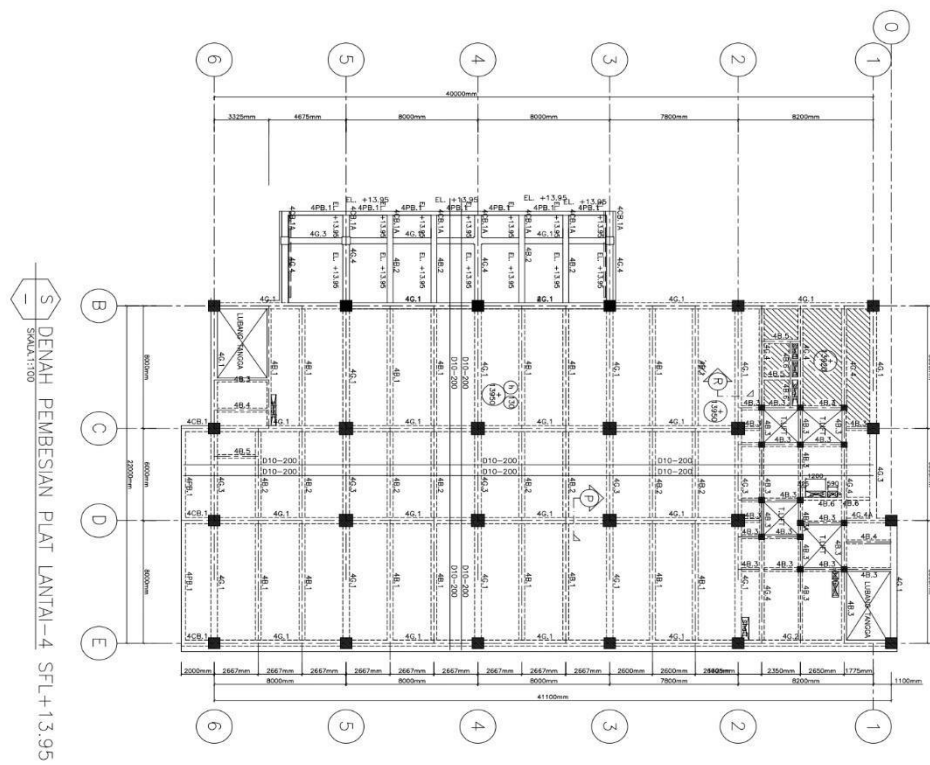
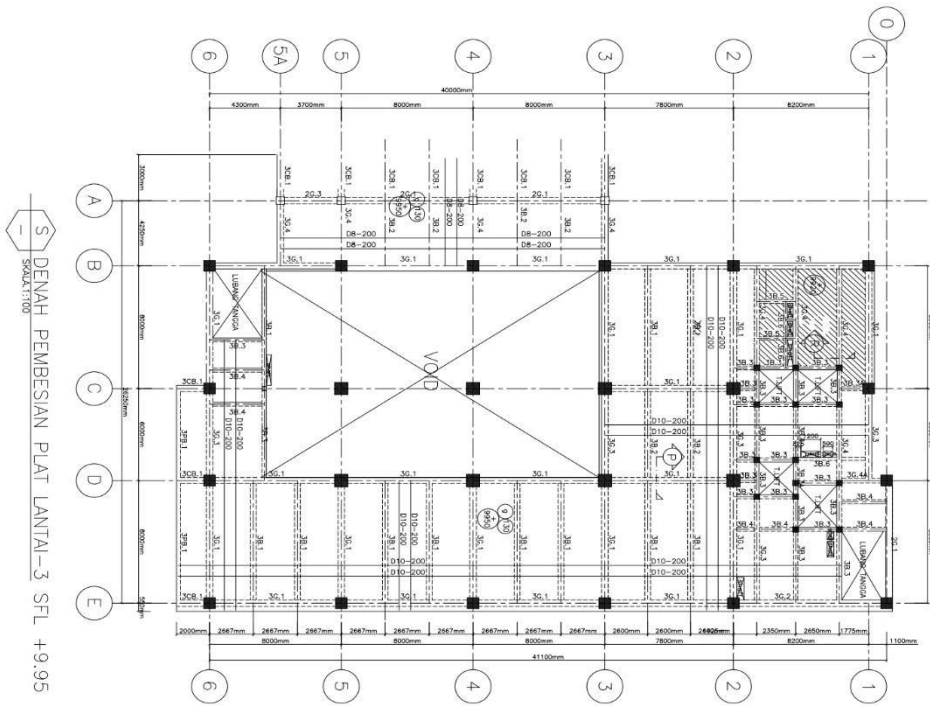


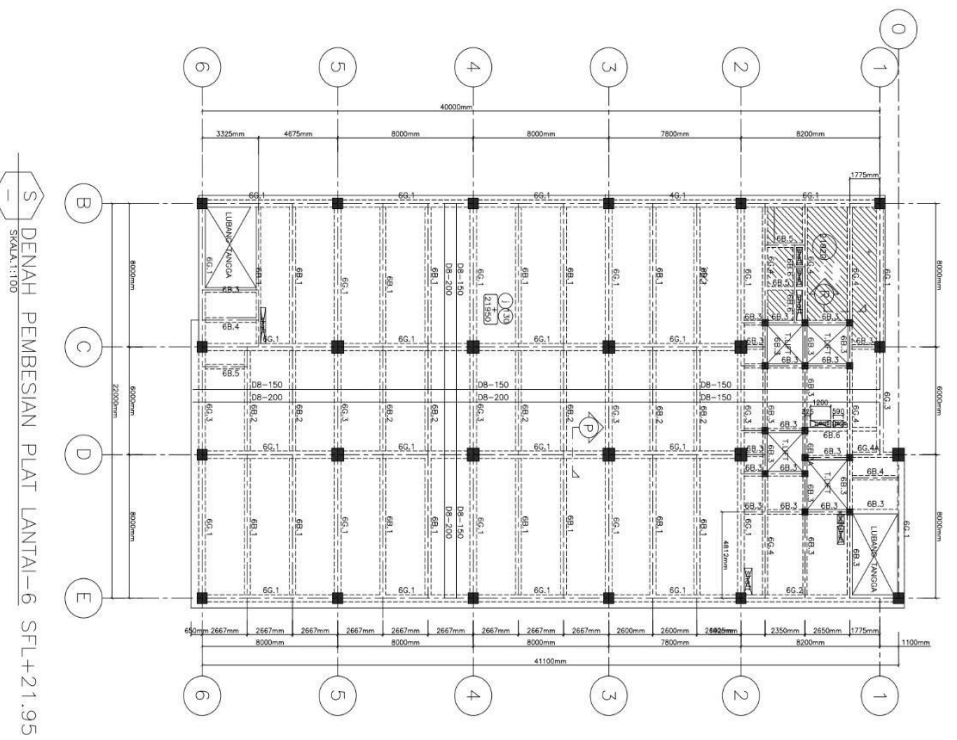
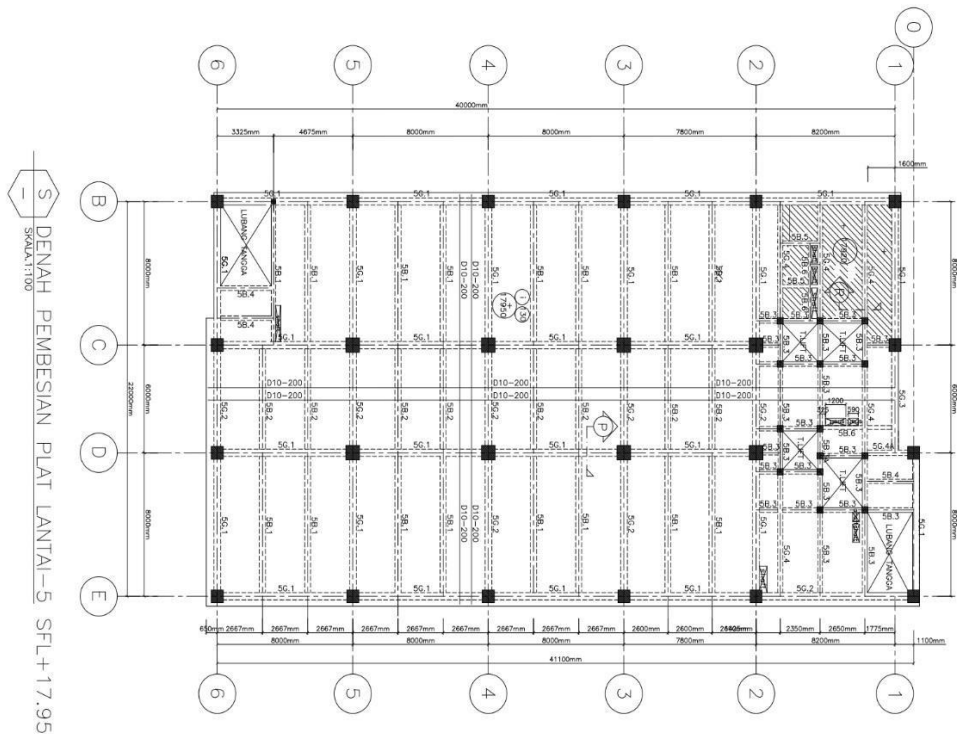


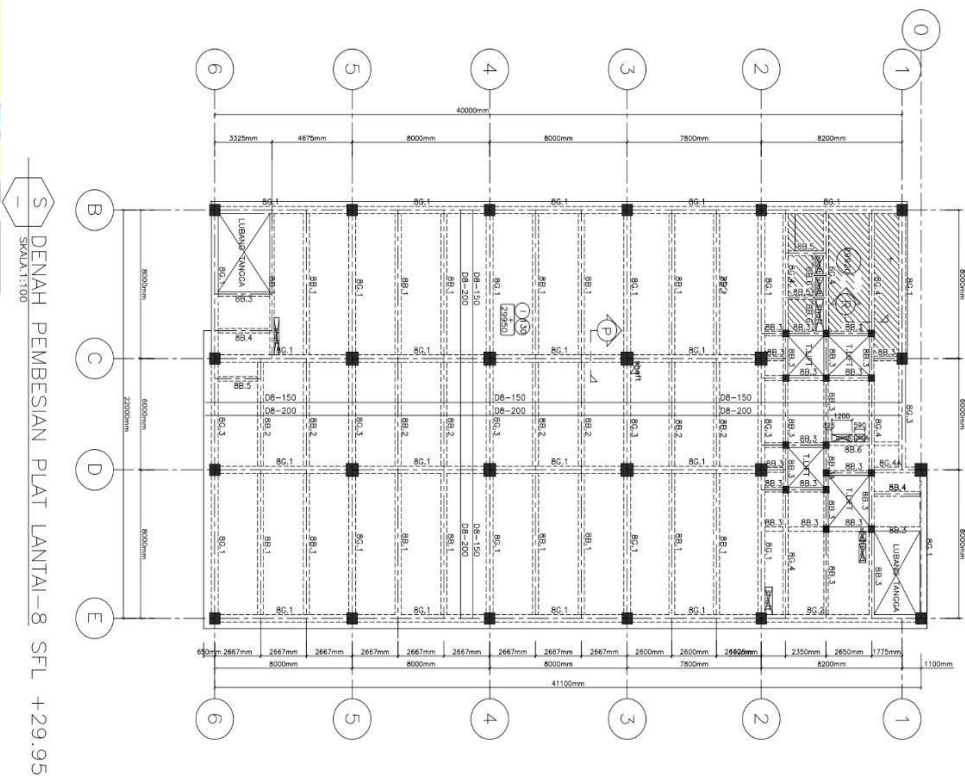
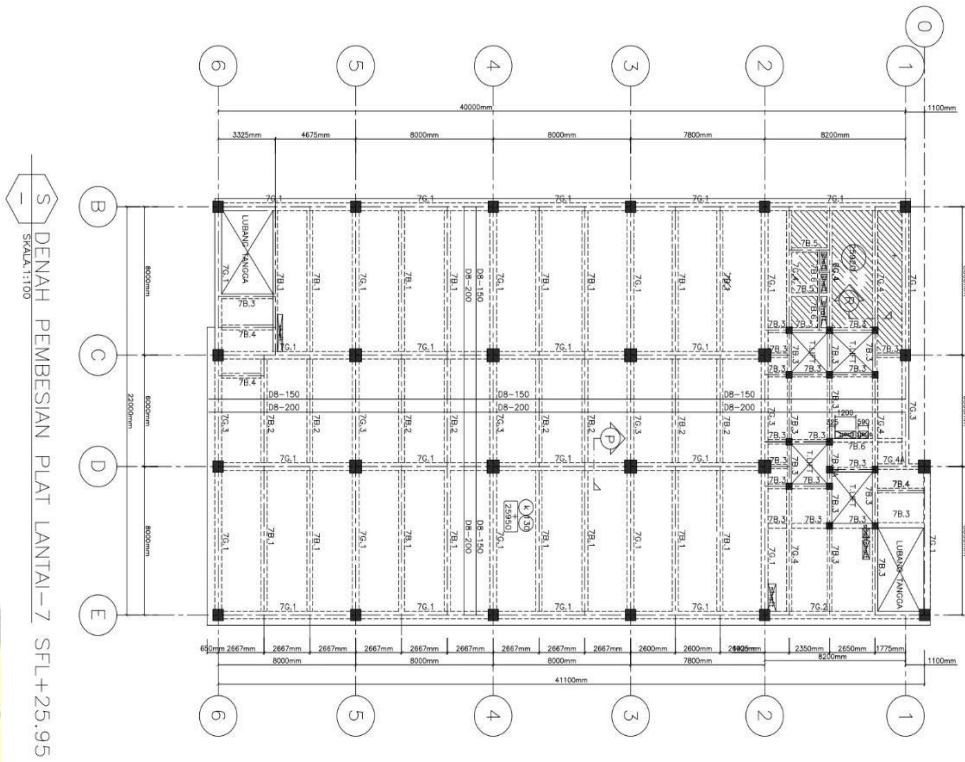
S DENAH PEMBERSIAN PLAT LANTAI-1 SFL -0.05

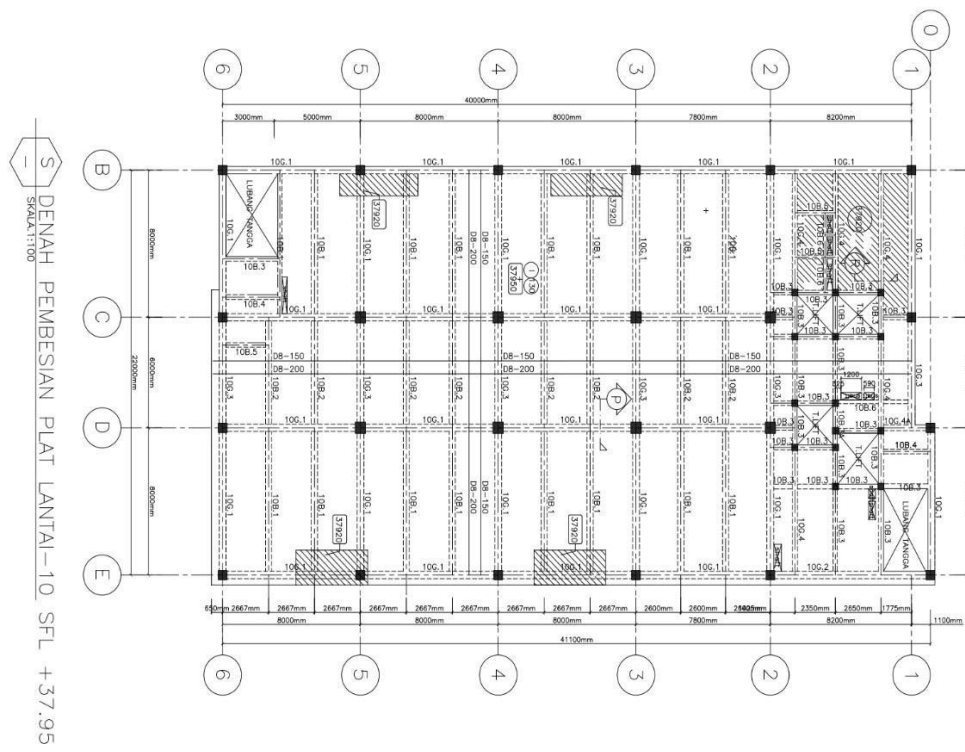
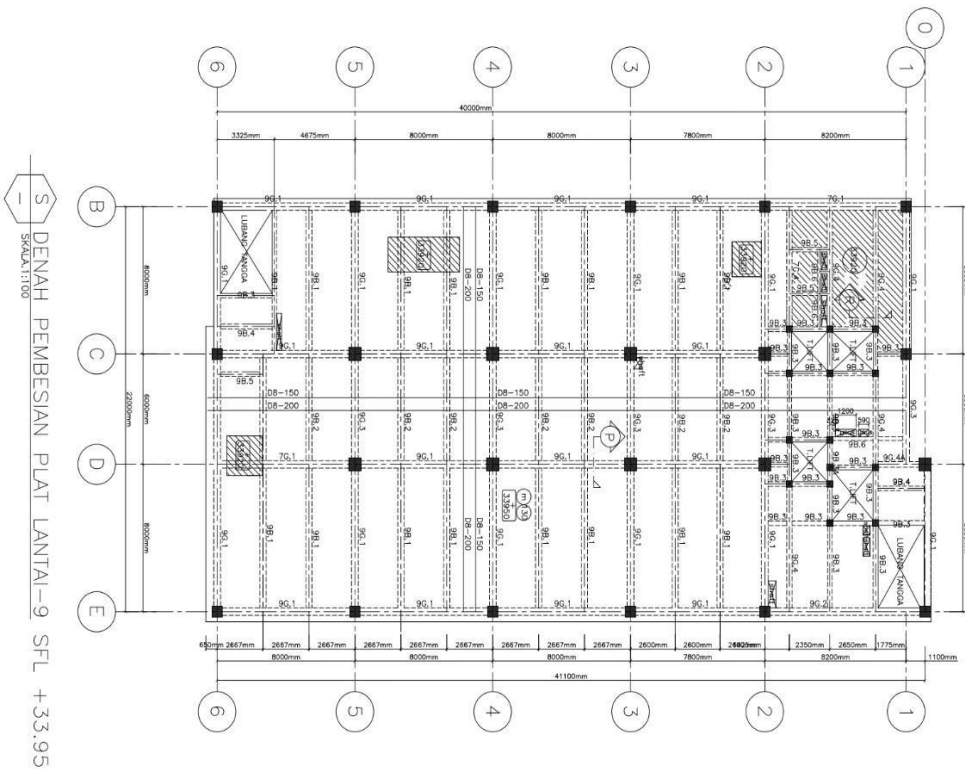


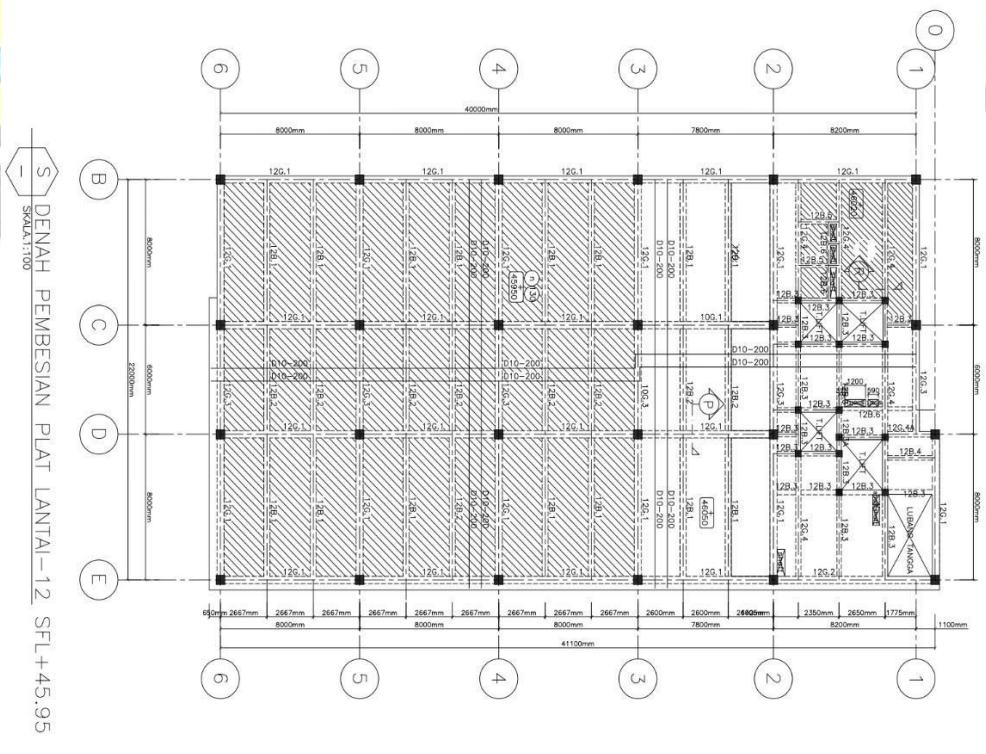
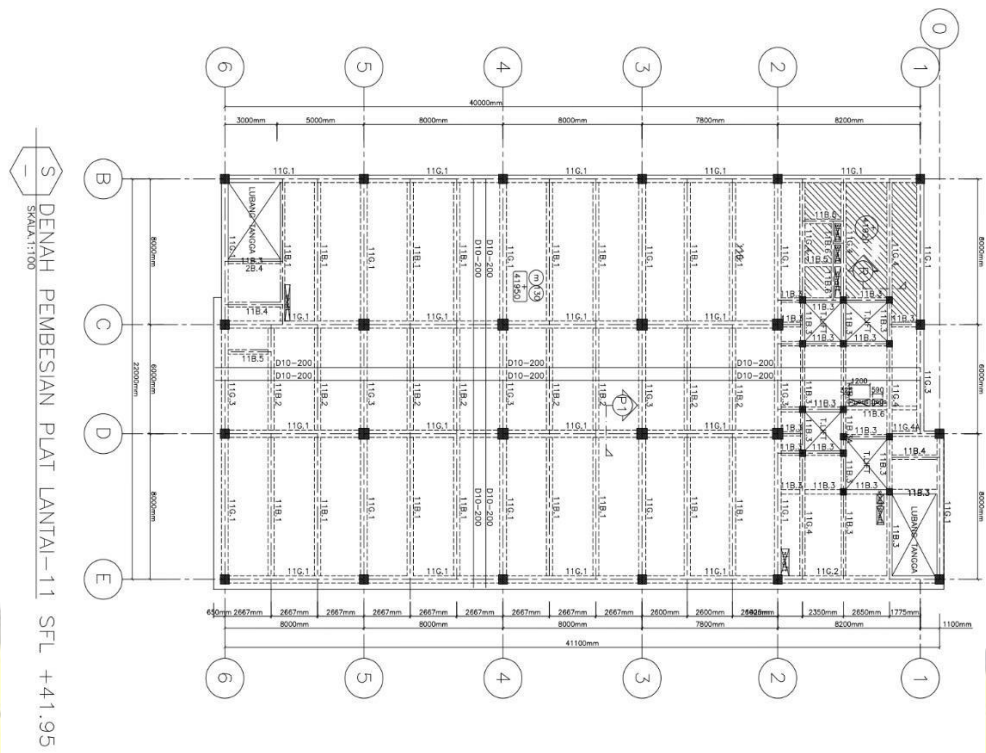
S DENAH PEMBERSIAN PLAT LANTAI-2 SFL +5.95



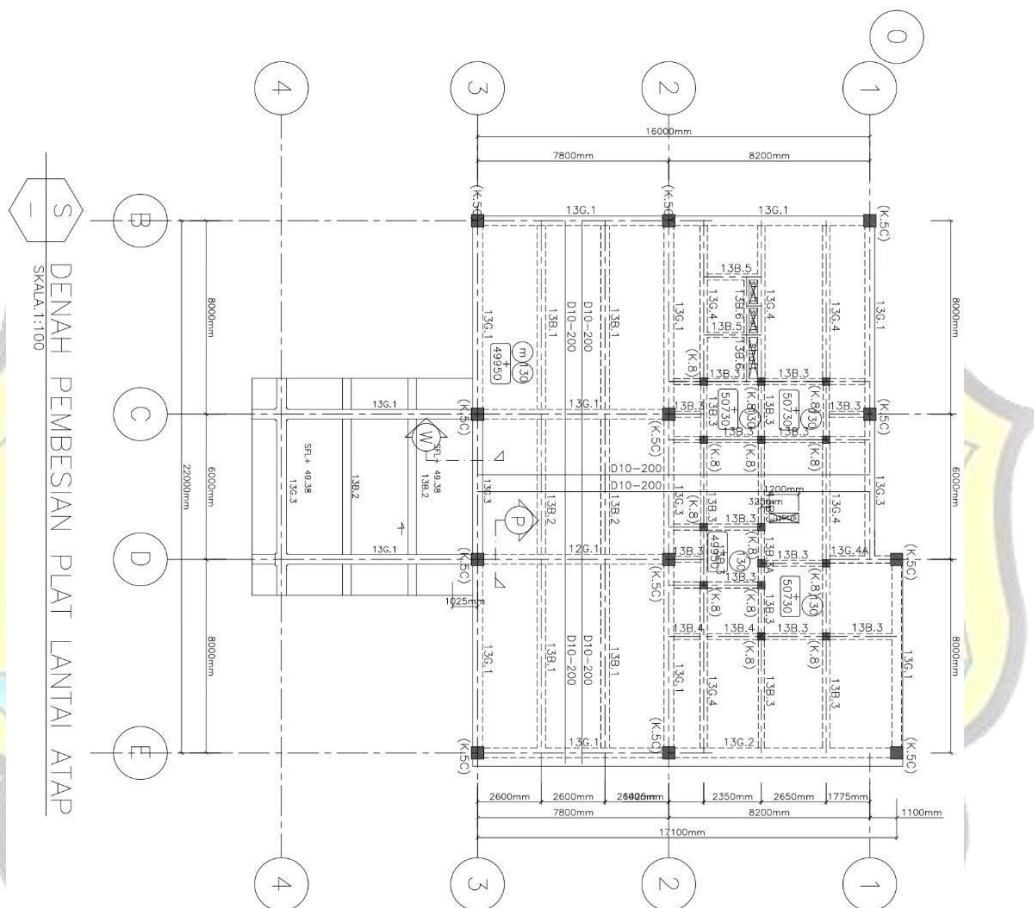


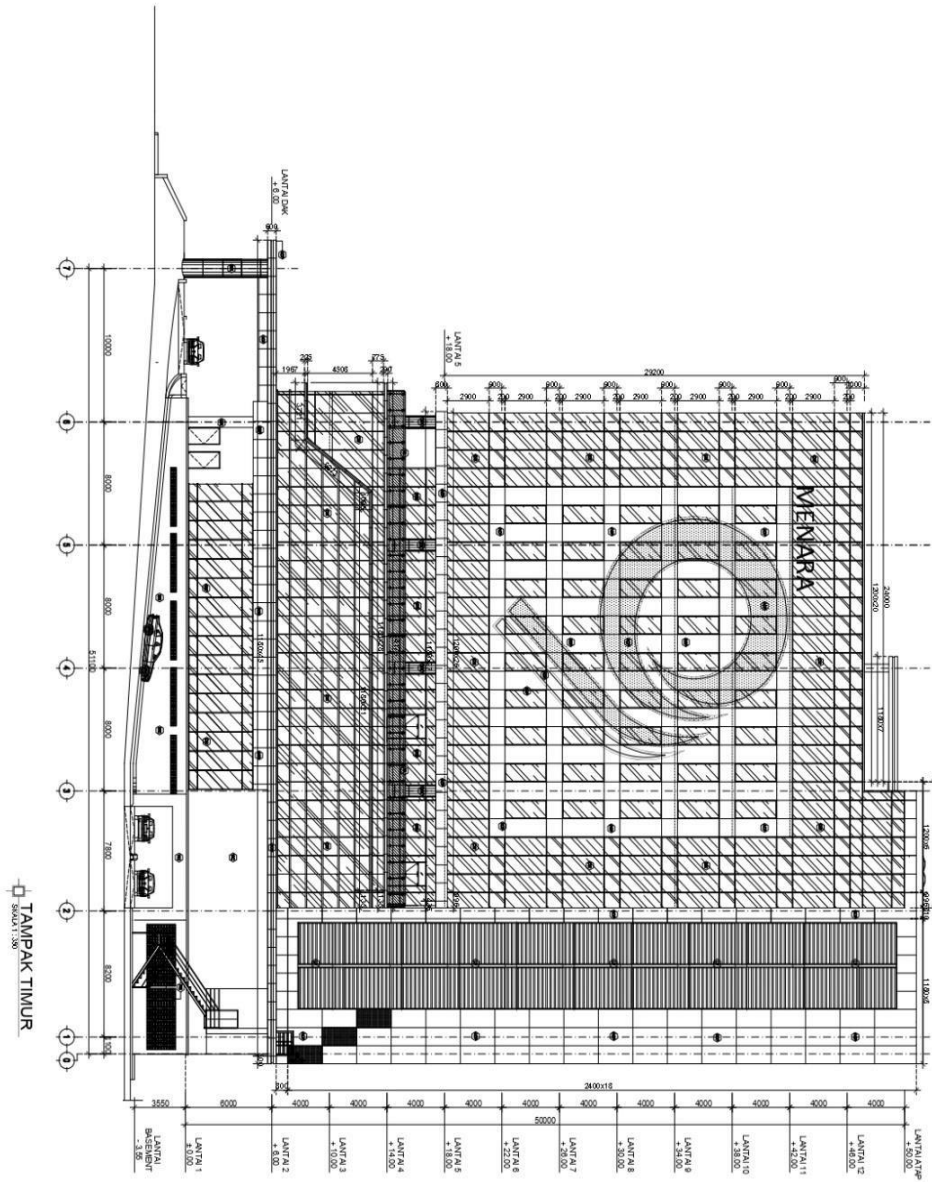




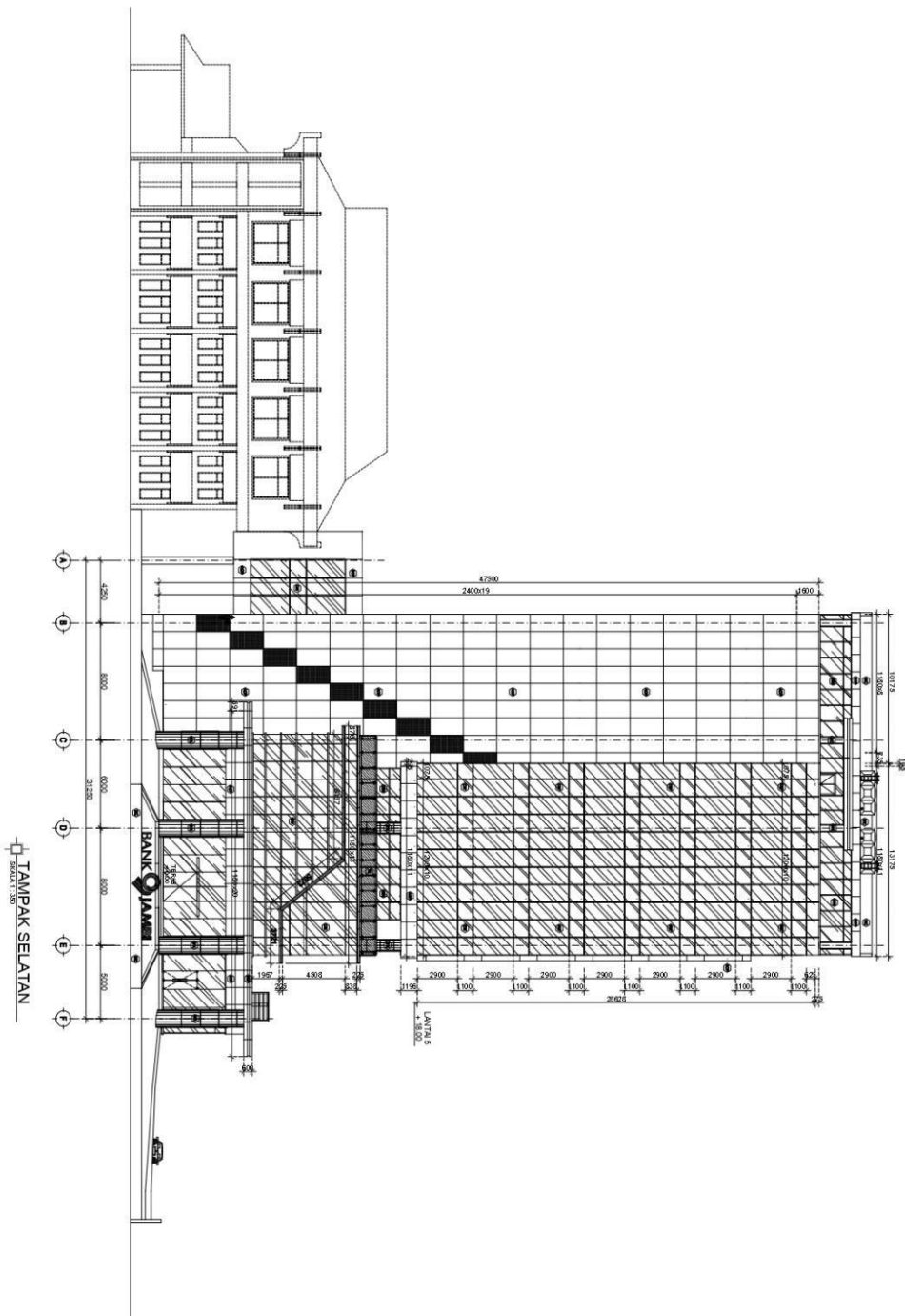


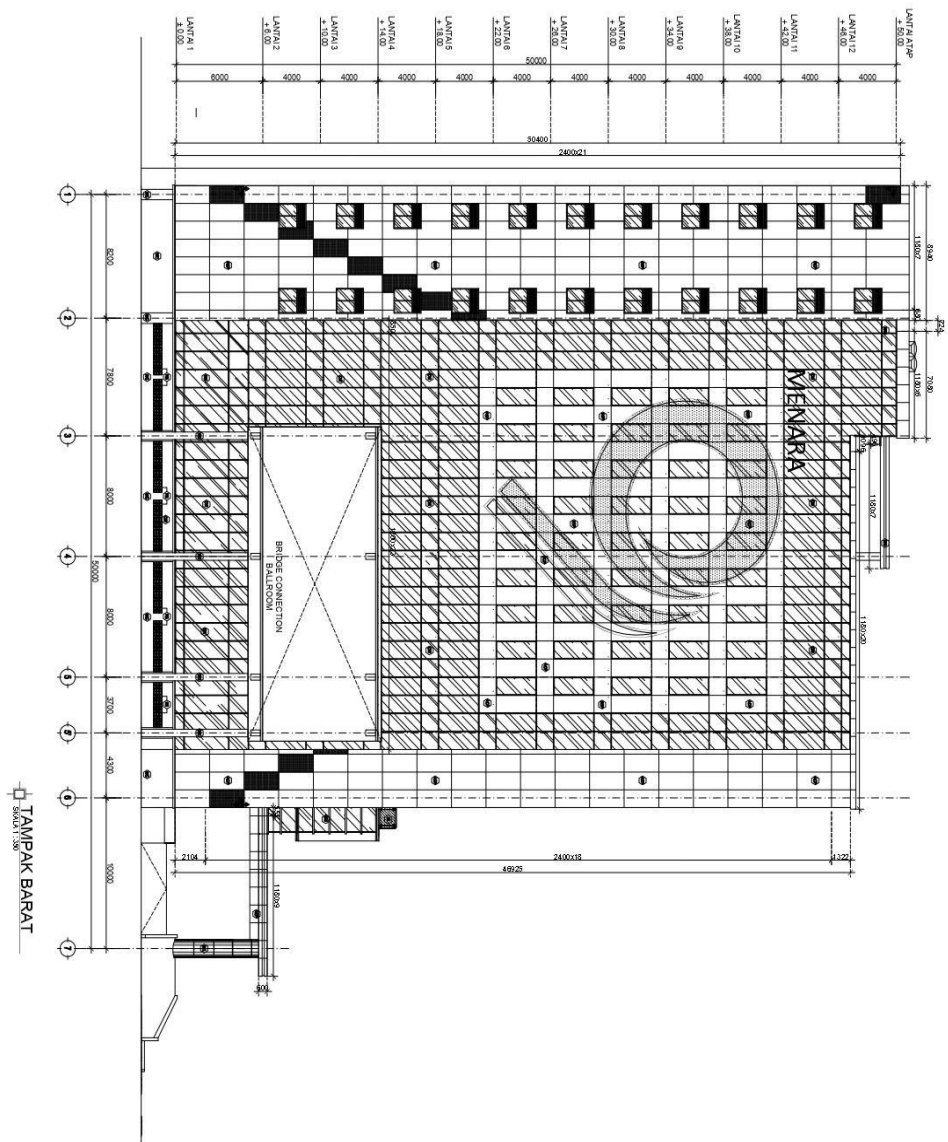




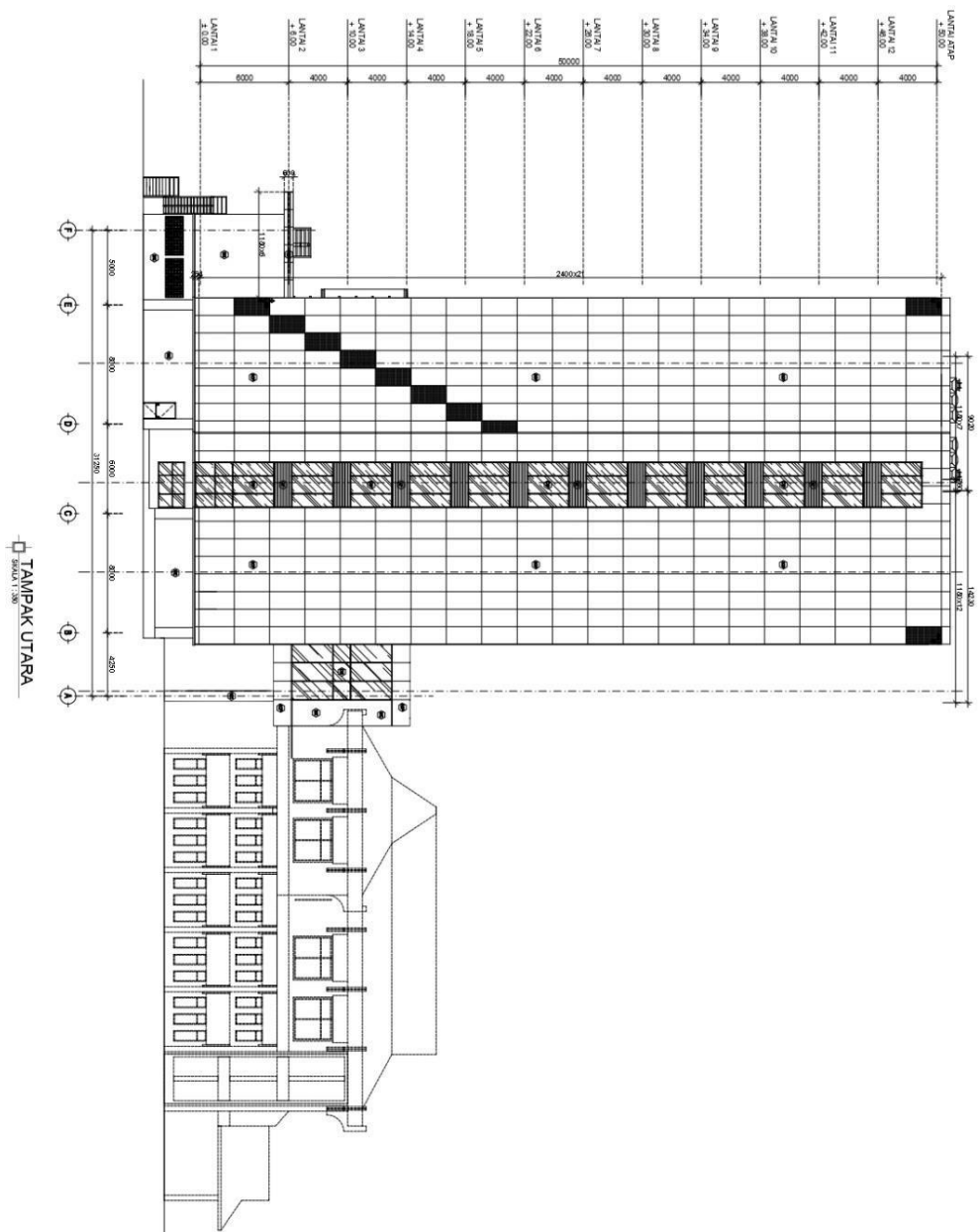


TAMPAK TIMUR

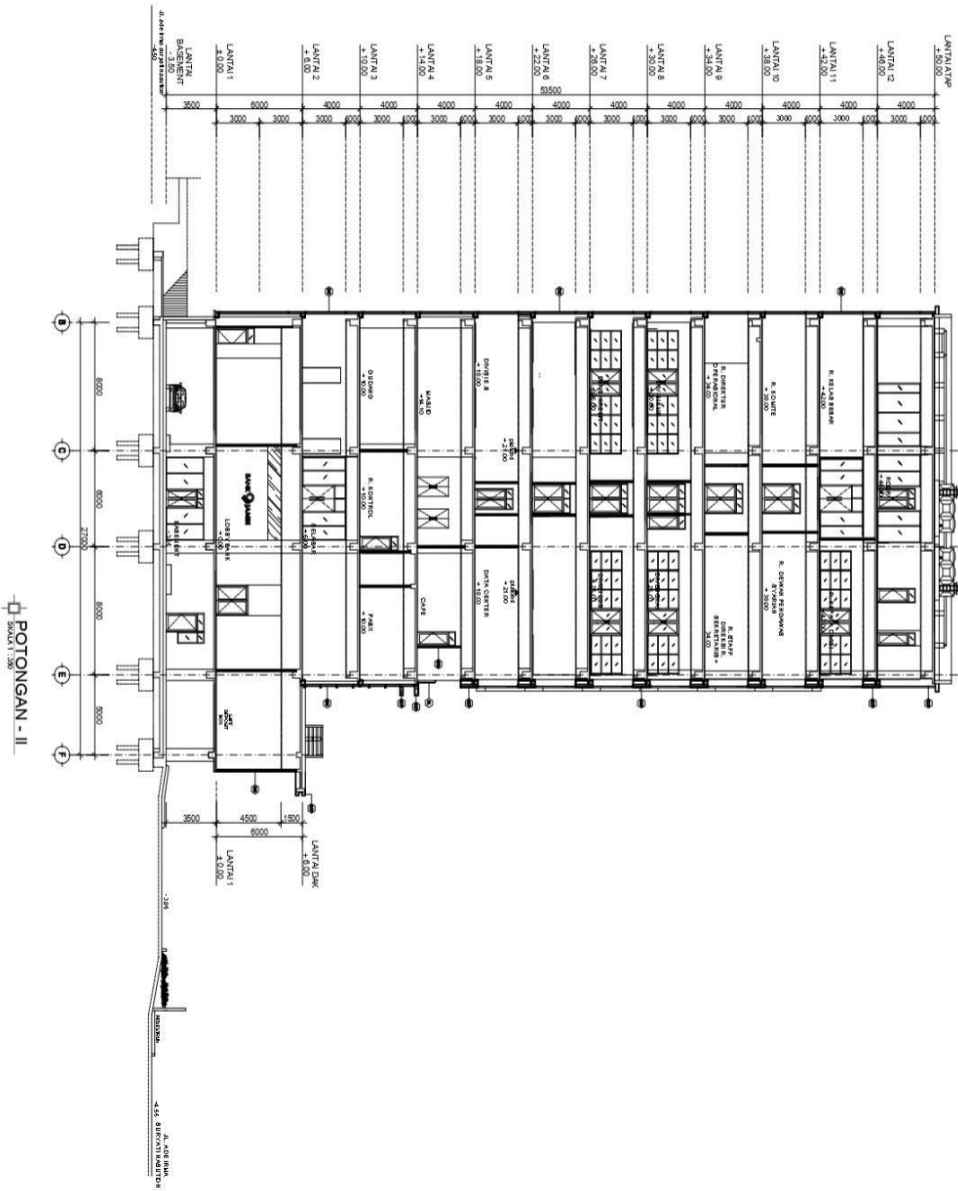




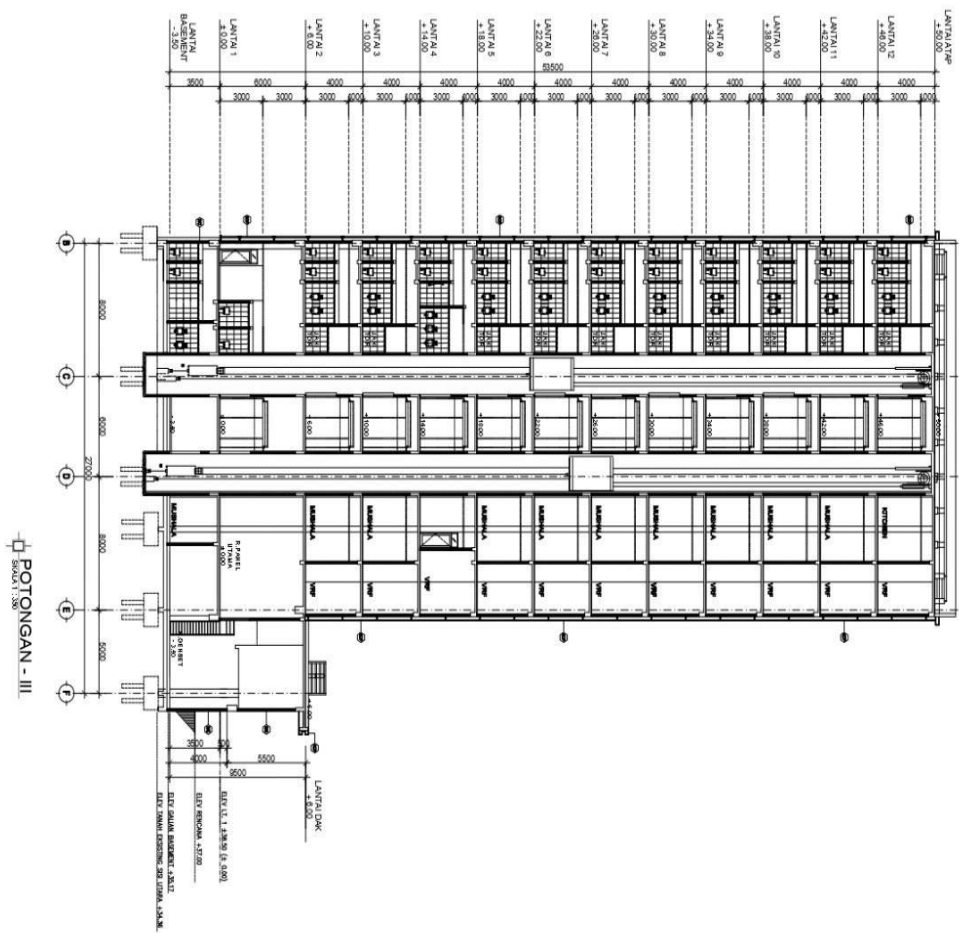
TAMPAK BARAT



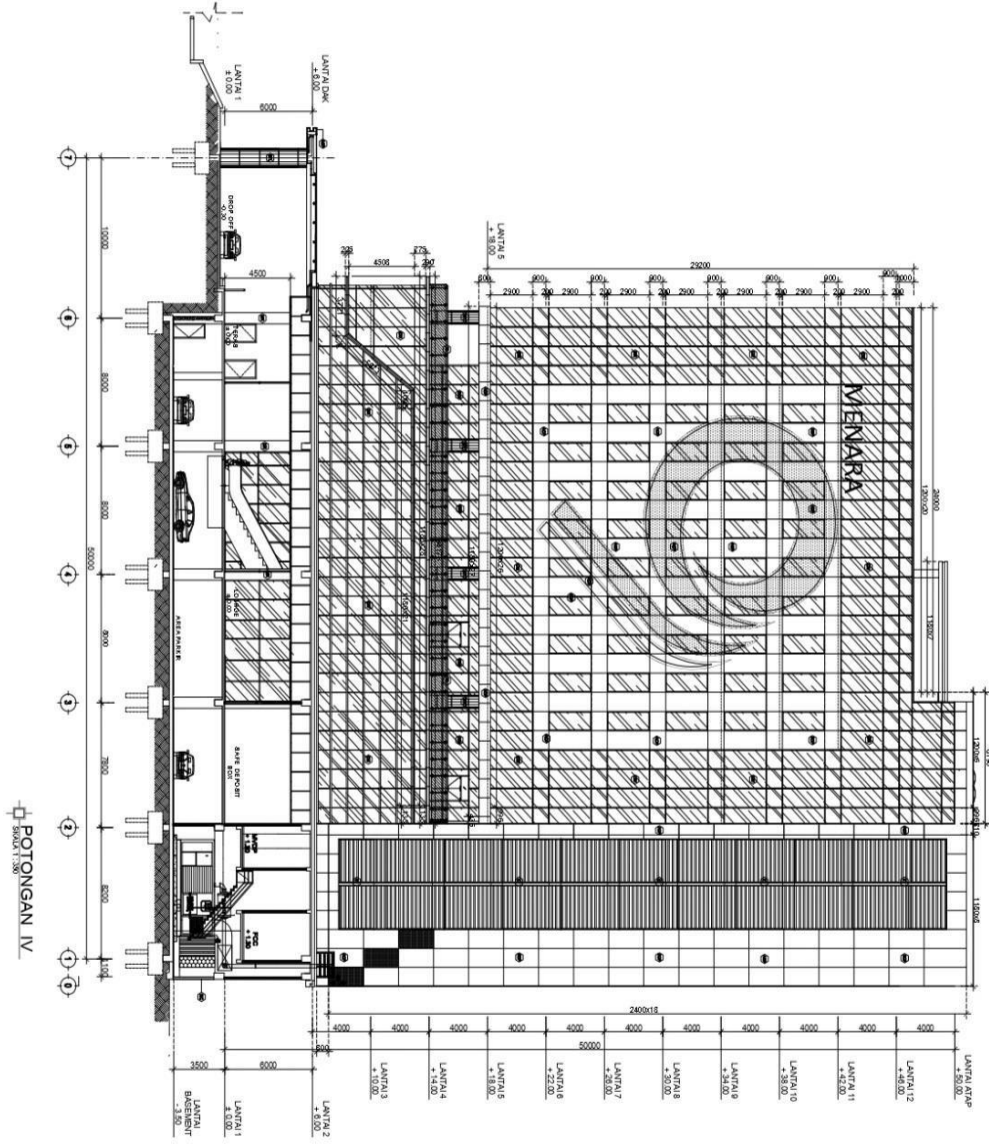


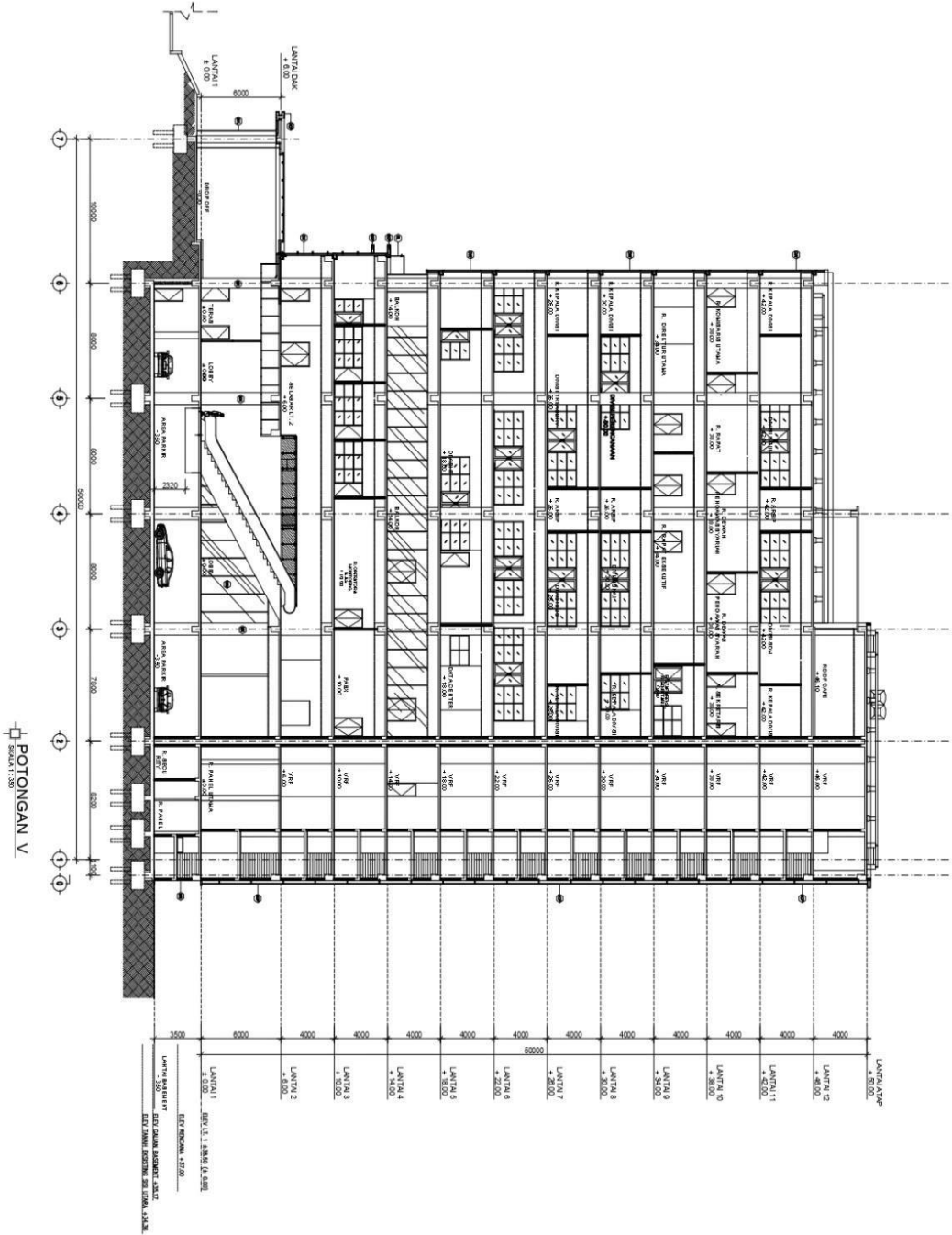


POTONGAN - II  
SECTION II











### 3.3 Metode Perhitungan

Adapun metode perhitungan yang akan dilakukan yaitu :

1. Beban

Metode yang digunakan untuk pembebanan berdasarkan SNI 1727:2020 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain).

2. Fungsi bangunan

Pedoman yang digunakan untuk fungsi bangunan berdasarkan SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung).

3. Klasifikasi situs untuk Kategori Desain Seismik (KDS)

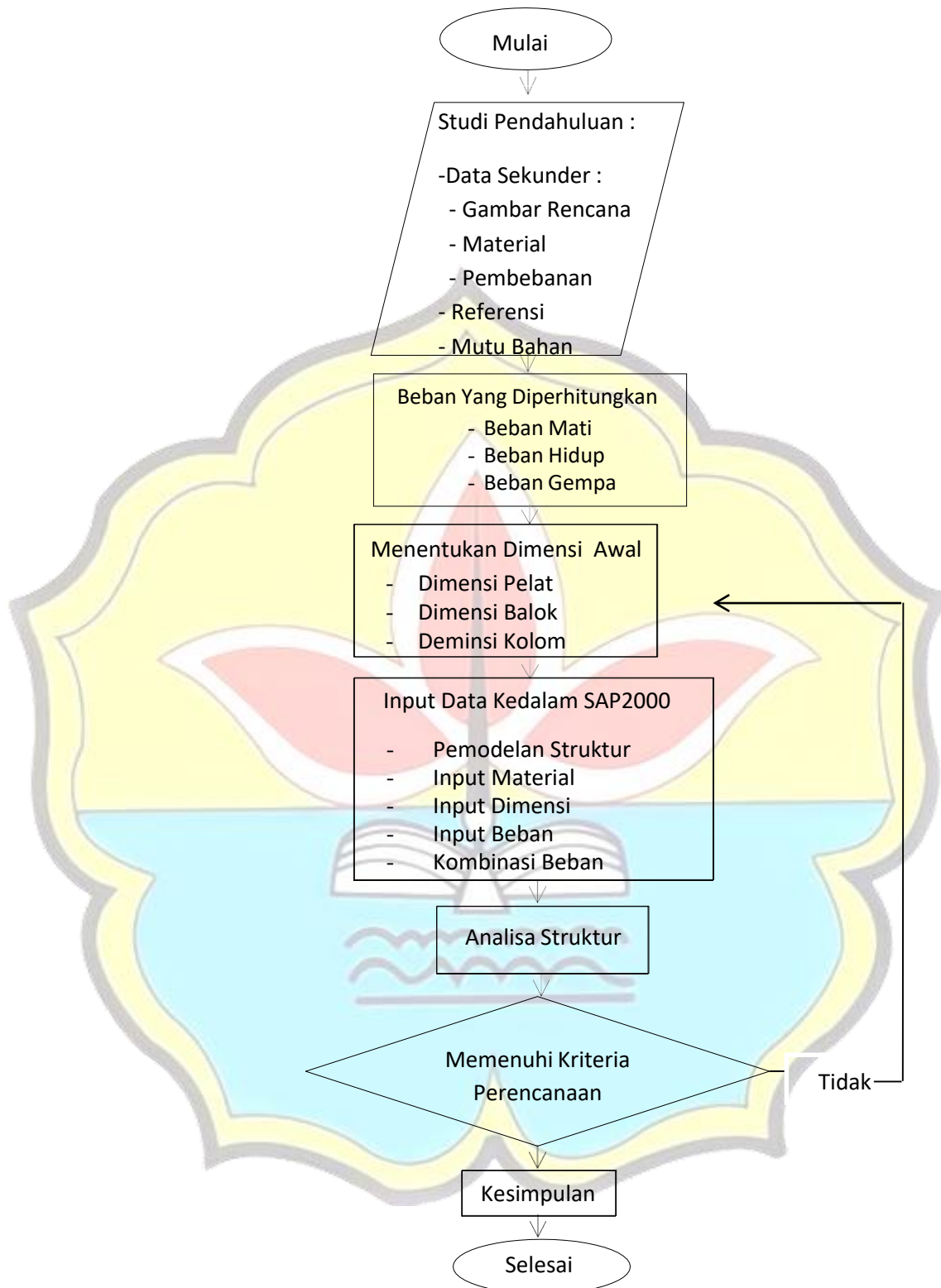
Pedoman yang digunakan untuk SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung).

4. Alat bantu yang digunakan

Alat bantu yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu SAP2000 dan *Microsoft Excel*.

### 3.4 Bagan Aliran (*Flowchart*) Tugas Akhir

Bagan aliran (*Flowchart*) Tugas Akhir merupakan rangkuman secara umum susunan proses tahapan perencanaan yang dikemas dalam bentuk skema. Adapun gambar Bagan aliran (*Flowchart*) yang dapat dilihat pada gambar 3.2



**Gambar 3.2 Bagan Aliran (flowchart) Tugas Akhir**

Sumber : Data Olahan, 2021

**BAB IV**  
**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Perhitungan Dimensi**

**4.1.1 Balok**

Dalam menentukan tinggi (h) minimum balok, digunakan Tabel 9.3.1.1 SNI 2847;2019, diambil berdasarkan bentang terpanjang balok yaitu, L = 9,3 m.

- Balok induk

$$h_{\min} (\text{satu ujung menerus}) = \frac{L}{18,5}$$

$$= \frac{9,3 \times 1000}{18,5}$$

$$= 502,702 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (\text{dua ujung menerus}) = \frac{L}{21}$$

$$= \frac{9,3 \times 1000}{21}$$

$$= 442,857 \text{ mm}$$

Maka h yang digunakan yaitu 700 mm

$$\text{Lebar asumsi } (1/2 - 2/3) = \frac{1}{3} h \quad \text{atau} \quad = \frac{2}{3} h$$

$$= \frac{1}{2} 700$$

$$= 350 \text{ mm}$$

$$= \frac{2}{3} 700$$

$$= 466,667 \text{ mm}$$

Maka b yang digunakan yaitu 400 mm

Jadi, dimensi untuk balok induk adalah 400 mm x 700 mm

- Balok anak

$$h_{\min} (\text{satu ujung menerus}) = \frac{L}{18,5}$$

$$= \frac{9,3 \times 1000}{18,5}$$

$$= 502,702 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (\text{dua ujung menerus}) = \frac{L}{21}$$

$$= \frac{9,3 \times 1000}{21}$$

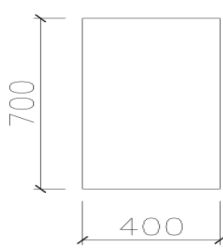
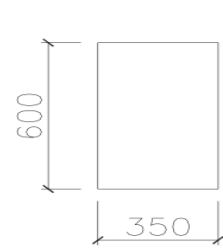
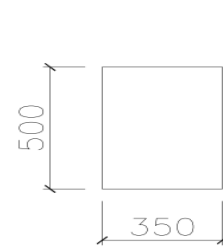
$$= 442,857 \text{ mm}$$

Maka  $h$  yang digunakan yaitu 600 mm.

$$\begin{aligned} \text{Lebar asumsi } (1/2 - 2/3) &= \frac{1}{3} h & \text{atau} &= \frac{2}{3} h \\ &= \frac{1}{3} 600 & &= \frac{2}{3} 600 \\ &= 300 \text{ mm} & &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka  $b$  yang digunakan yaitu 350 mm.

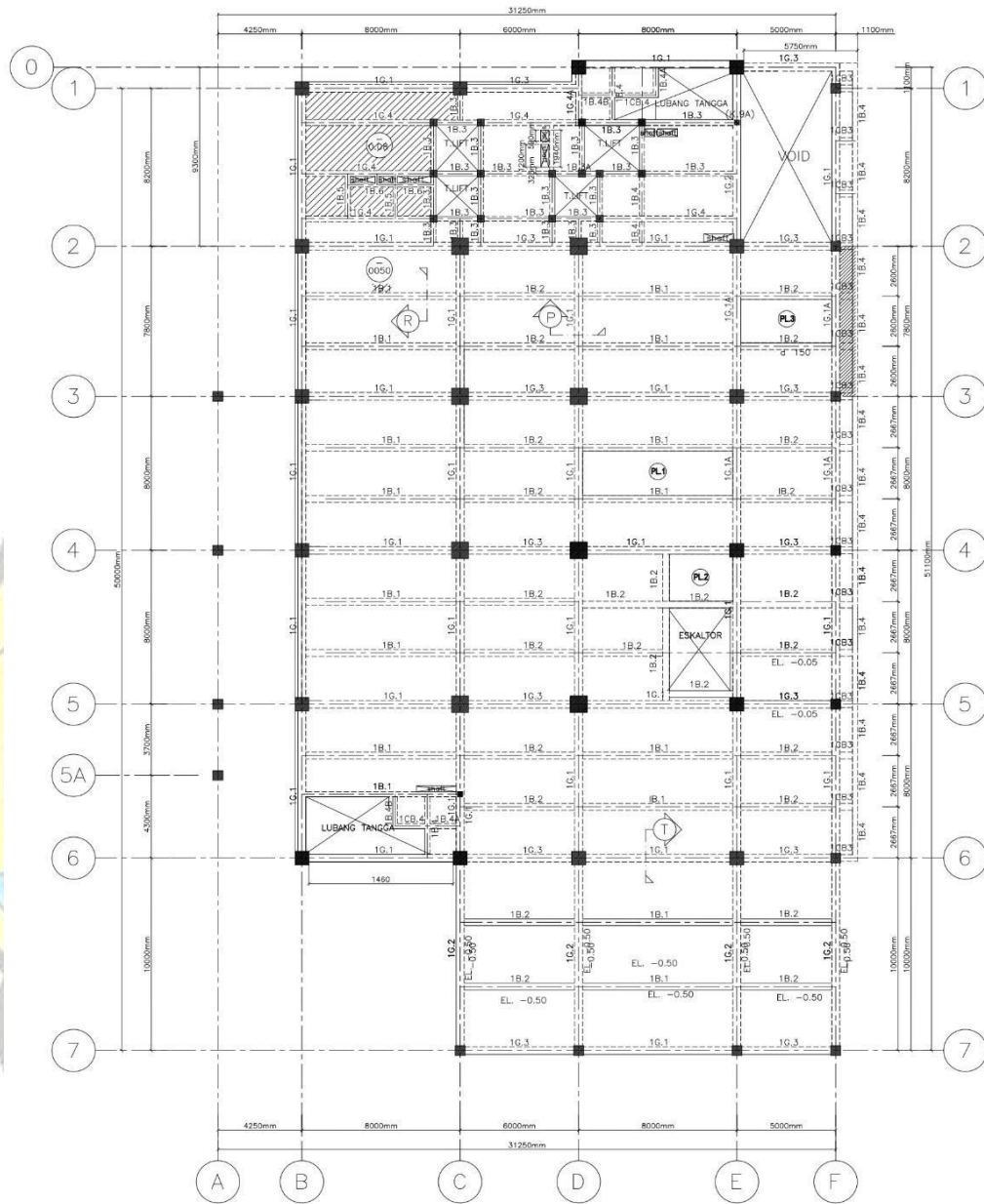
Jadi, dimensi untuk balok anak yaitu : 350x600 mm, dan 350x500 mm.

Dimensi Balok Induk	Dimensi Balok Anak	
		

**Gambar 4.1 Dimensi Balok**

Sumber : Data Olahan, 2022

4.1.2 Pelat

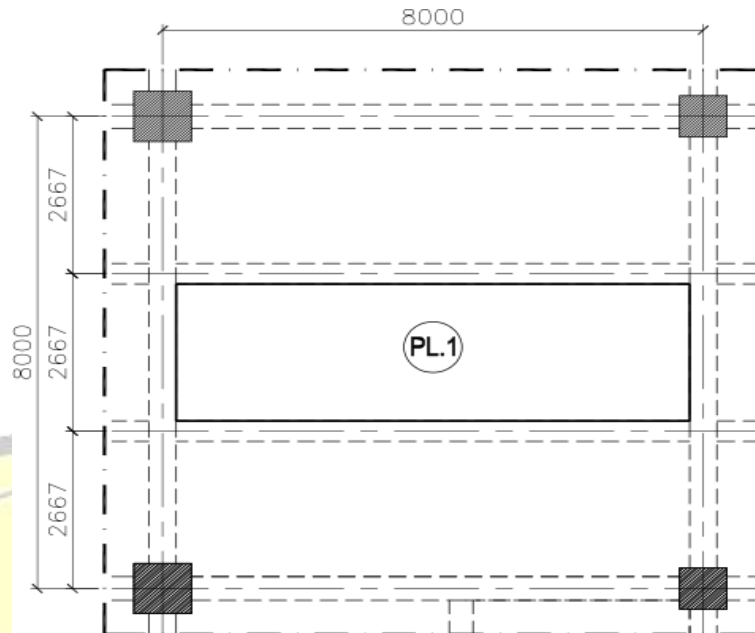


Gambar 4.2 Denah Pelat Lantai

Sumber : Data Olahan, 2022



## 1. Tebal Pelat Lantai Bagian 1



**Gambar 4.3** Tipikal Pelat Lantai Bagian I untuk perencanaan

Sumber : Data Olahan, 2022

$$L_y = 8000 \text{ mm}$$

$$L_x = 2667 \text{ mm}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{8000}{2667} = 2,99 > 2$$

Jadi menggunakan sistem pelat satu arah

Tebal Minimum Pelat lantai bagian 1

$$h_{\min} = \frac{L_x}{24} = \frac{2667}{24} = 111,125 \text{ mm}$$

Maka h dipakai = 120 mm.

## 2. Tebal Pelat Lantai Bagian II

$$L_y = 3583 \text{ mm}$$

$$L_x = 2825 \text{ mm}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3583}{2825} = 1,268 < 2$$

Jadi menggunakan sistem pelat dua arah

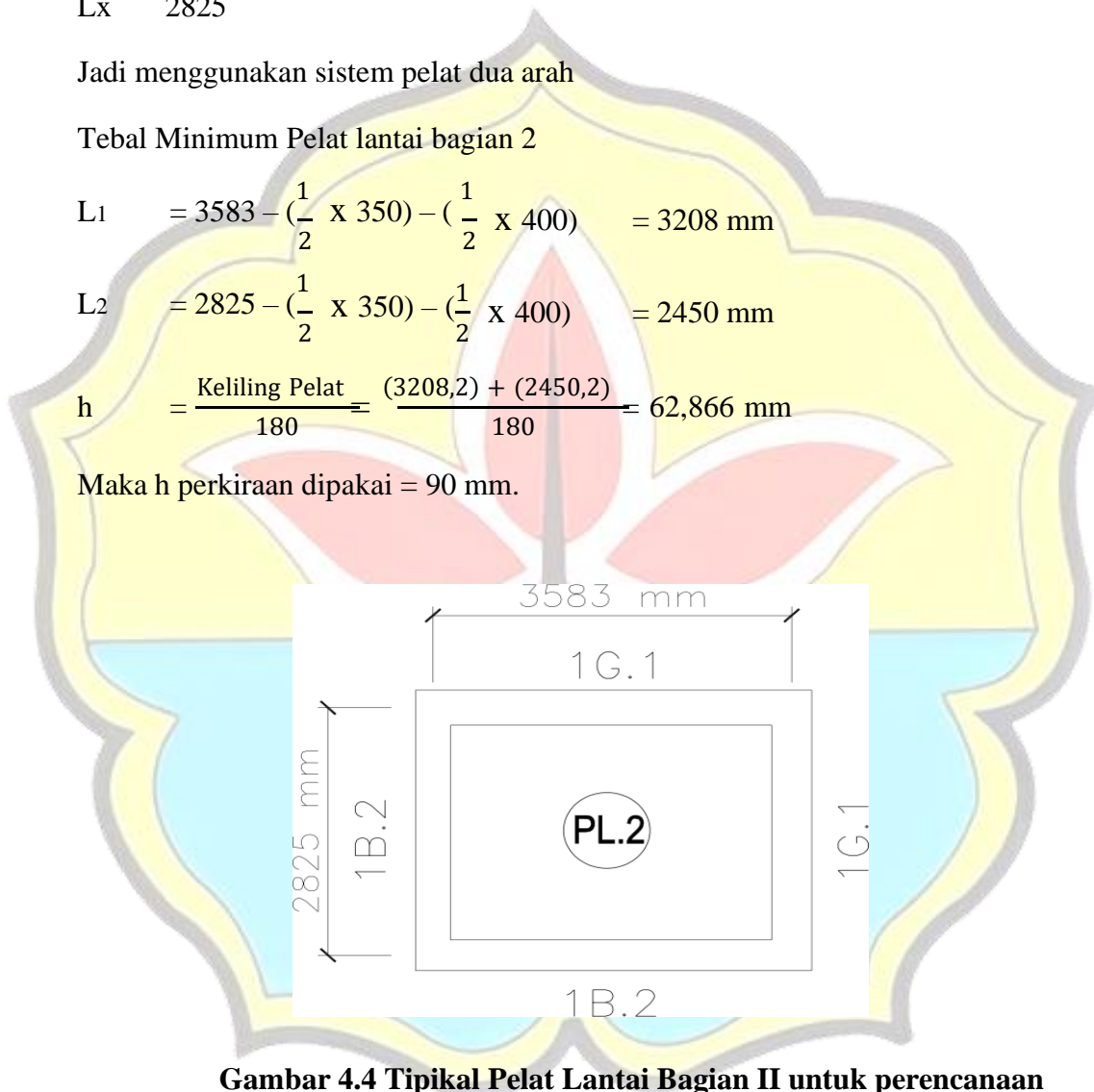
Tebal Minimum Pelat lantai bagian 2

$$L_1 = 3583 - \left(\frac{1}{2} \times 350\right) - \left(\frac{1}{2} \times 400\right) = 3208 \text{ mm}$$

$$L_2 = 2825 - \left(\frac{1}{2} \times 350\right) - \left(\frac{1}{2} \times 400\right) = 2450 \text{ mm}$$

$$h = \frac{\text{Keliling Pelat}}{180} = \frac{(3208,2) + (2450,2)}{180} = 62,866 \text{ mm}$$

Maka h perkiraan dipakai = 90 mm.

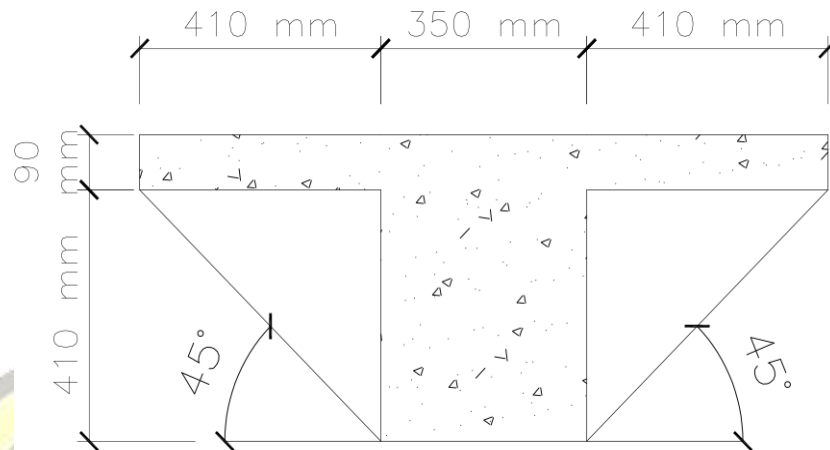


**Gambar 4.4** Tipikal Pelat Lantai Bagian II untuk perencanaan

Sumber : Data Olahan, 2022

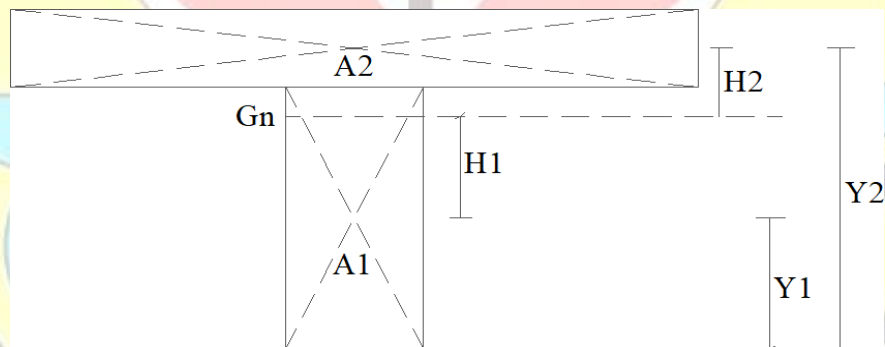
1) Menghitung Momen Inersia Balok

a. Balok *Interior 1* = (Balok Anak)



**Gambar 4.5 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022



**Gambar 4.6 Letak Garis Netral Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

Luas Penampang Balok :

$$A_1 = 410 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} = 143500 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 90 \text{ mm} \times (410 + 350 + 410) \text{ mm} = 105300 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_2 = 248800 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral :

$$Y_1 = \frac{1}{2} \times 410 = 205 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 410 + \frac{1}{2} \times 90 = 455 \text{ mm}$$

$$G_n = \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2)}{A_{\text{tot}}}$$

$$= \frac{(143500 \times 205) + (105300 \times 455)}{248800} = 310,807 \text{ mm}$$

$$H_1 = G_n - Y_1 = 310,807 - 205 = 105,807 \text{ mm}$$

$$H_2 = Y_2 - G_n = 455 - 310,807 = 144,193 \text{ mm}$$

Inersia :

$$I_1 = \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_1 \times H_1^2)$$

$$= \frac{1}{12} \times 350 \times 410^3 + (143500 \times 105,807^2)$$

$$= 3616695732 \text{ mm}^4$$

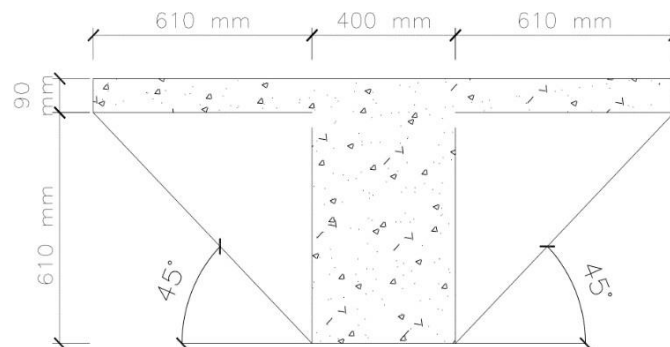
$$I_2 = \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_2 \times H_2^2)$$

$$= \frac{1}{12} \times 1170 \times 90^3 + (105300 \times 144,193^2)$$

$$= 2260435217 \text{ mm}^4$$

$$I_{b1} = I_1 + I_2 = 5877130949 \text{ mm}^4$$

b. Balok *Interior* 2 = 3 (Balok Induk)



**Gambar 4.7 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

Luas Penampang Balok :

$$A_1 = 610 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 244000 \text{ mm}^2$$

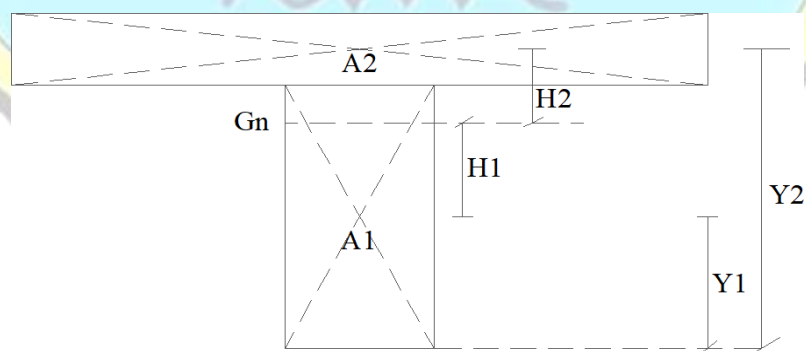
$$A_2 = 90 \text{ mm} \times (610 + 400 + 610) \text{ mm} = 145800 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_2 = 389800 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral :

$$Y_1 = \frac{1}{2} \times 610 = 305 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 610 + \frac{1}{2} \times 90 = 655 \text{ mm}$$



**Gambar 4.8 Letak Garis Netral Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$G_n = \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2)}{A_{tot}}$$

$$= \frac{(244000 \times 305) + (145800 \times 655)}{389800} = 435,913 \text{ mm}$$

$$H_1 = G_n - Y_1 = 435,913 - 305 = 130,913 \text{ mm}$$

$$H_2 = Y_2 - G_n = 655 - 435,913 = 219,087 \text{ mm}$$

Inersia :

$$I_1 = \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_1 \times H_1^2)$$

$$= \frac{1}{12} \times 400 \times 610^3 + (244000 \times 130,913^2)$$

$$= 11747757444 \text{ mm}^4$$

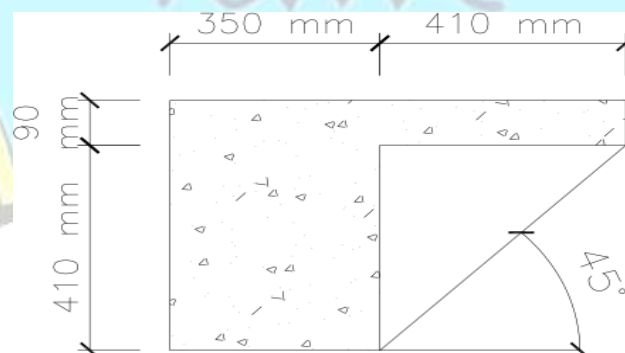
$$I_2 = \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_2 \times H_2^2)$$

$$= \frac{1}{12} \times 1620 \times 90^3 + (145800 \times 219,087^2)$$

$$= 7096685758 \text{ mm}^4$$

$$I_{b2} = I_{b3} = I_1 + I_2 = 18844443202 \text{ mm}^4$$

c. Balok *Eksterior* 4 (Balok Anak)



**Gambar 4.9 Balok *Eksterior* Pelat Lantai Bagian 1**

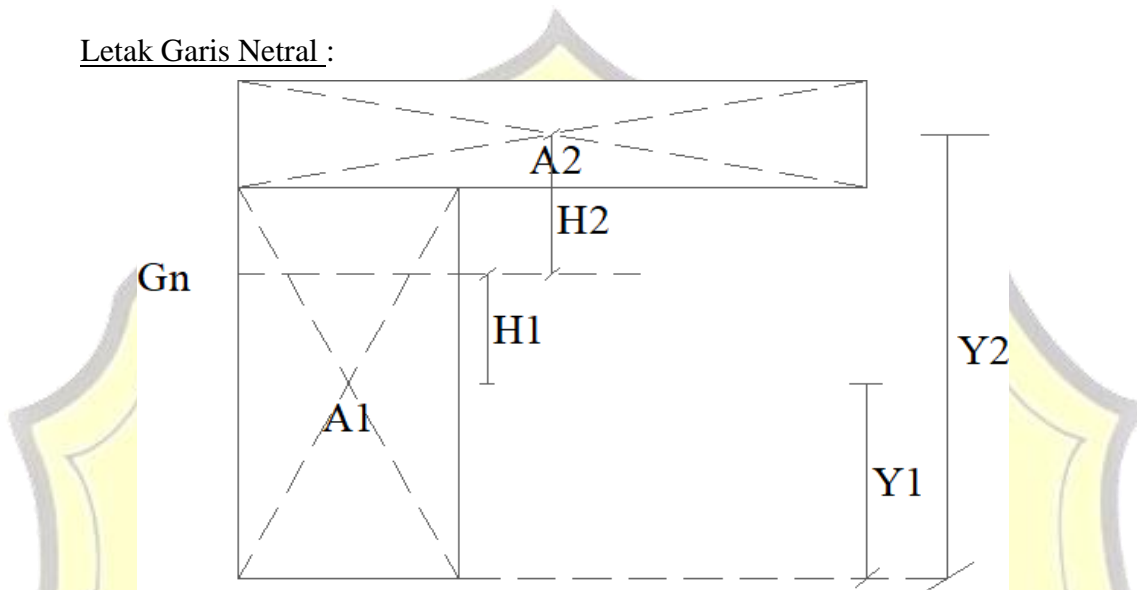
Sumber : Data Olahan, 2022

Luas Penampang Balok :

$$A_1 = 410 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} = 143500 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 90 \text{ mm} \times (350 + 410) \text{ mm} = 68400 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_2 = 211900 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral :**Gambar 4.10 Letak Garis Netral Balok Eksterior Pelat Lantai Bagian 1**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$Y_1 = \frac{1}{2} \times 410 = 205 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 410 + \frac{1}{2} \times 90 = 455 \text{ mm}$$

$$G_n = \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2)}{A_{\text{tot}}}$$

$$= \frac{(143500 \times 205) + (68400 \times 455)}{211900} = 285,698 \text{ mm}$$

$$H_1 = G_n - Y_1 = 285,698 - 205 = 80,698 \text{ mm}$$

$$H_2 = Y_2 - G_n = 455 - 285,698 = 169,302 \text{ mm}$$

Inersia :

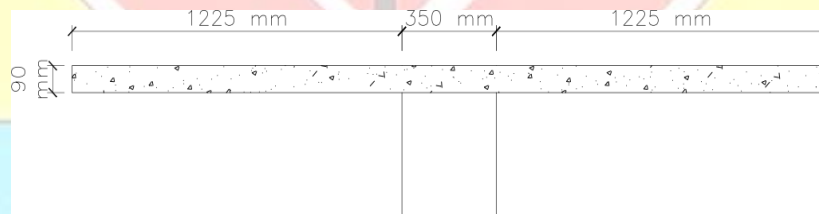
$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_1 \times H_1^2) \\
 &= \frac{1}{12} \times 350 \times 410^3 + (143500 \times 80,698^2) \\
 &= 2944691827 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_2 &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_2 \times H_2^2) \\
 &= \frac{1}{12} \times 760 \times 90^3 + (68400 \times 169,302^2) \\
 &= 2006730636 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_{b4} = I_1 + I_2 = 4951422463 \text{ mm}^4$$

## 2) Menghitung Inersia Pelat

### a. Pelat arah *Interior* 1 (Balok Induk)



**Gambar 4.11 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah y Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$L_n \text{ kiri} = L_n \text{ kanan} = 2450 \text{ mm}$$

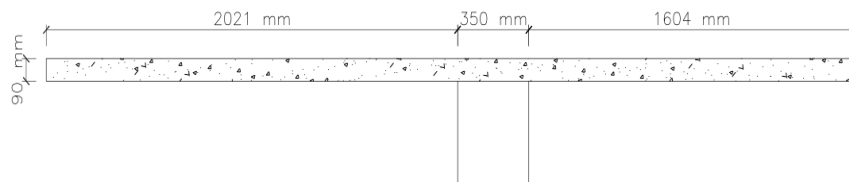
$$\frac{L_n}{2} = 1225 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{p1} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times (1225 + 350 + 1225) \times 90^3
 \end{aligned}$$



$$= 170100000 \text{ mm}^4$$

b. Pelat arah *x Interior 2* (Balok Induk)



**Gambar 4.12 Balok Penampang Pelat *Interior Arah x* Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$L_n \text{ kanan} = 3208 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n \text{ kanan}}{2} = 1604 \text{ mm}$$

$$L_n \text{ kiri} = 4417 - \left(\frac{1}{2} \times 400\right) - \left(\frac{1}{2} \times 350\right) = 4042 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n \text{ kiri}}{2} = 2021 \text{ mm}$$

$$I_{p2} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times (2021 + 350 + 1604) \times 90^3$$

$$= 241481250 \text{ mm}^4$$

c. Pelat arah *y Interior 3* (Balok Induk)

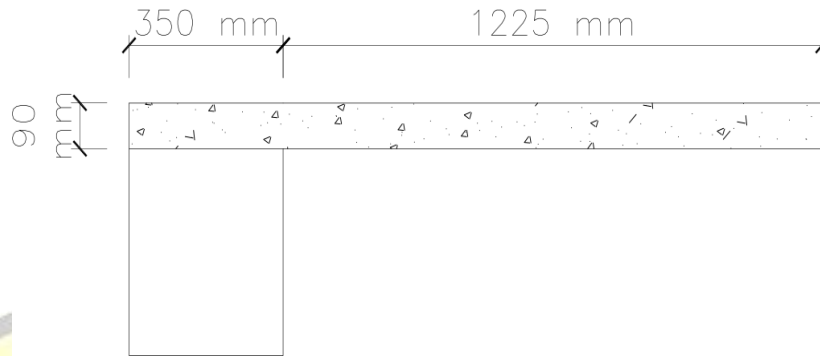
$$L_n \text{ kanan} = 2825 - 2 \left(\frac{1}{2} \times 400\right) - 2 \left(\frac{1}{2} \times 350\right) = 2450 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n \text{ kanan}}{2} = 1225 \text{ mm}$$

$$I_{p3} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times (1225 + 350) \times 90^3$$

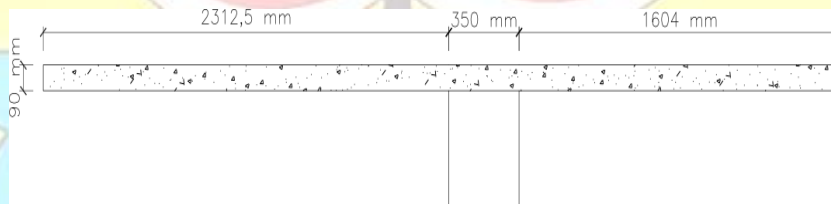
$$= 95681250 \text{ mm}^4$$



**Gambar 4.13 Balok Penampang Pelat Interior Arah y Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

d. Pelat arah x Interior 4 (Balok Anak)



**Gambar 4.14 Balok Penampang Pelat Interior Arah x Bagian 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$L_n \text{ kanan} = 3208 \text{ mm}$$

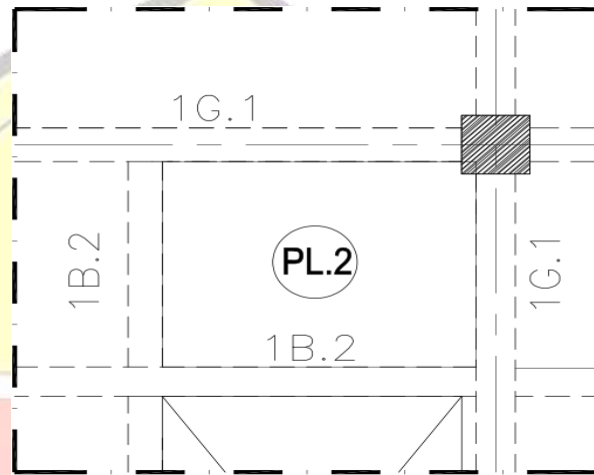
$$\frac{L_n}{2} = 1604 \text{ mm}$$

$L_n$  kiri

$$= 5000 - 2 \left( \frac{1}{2} \times 400 \right) - 2 \left( \frac{1}{2} \times 350 \right) = 4625 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} \text{ kiri} = 2312,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{p4} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times (1604 + 400 + 2312,5) \times 90^3 \\
 &= 262227375 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.15 Rasio kekakuan Lentur Balok Terhadap Tebal Pelat Lantai 1I**

Sumber : Data Olahan, 2022

Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap kekakuan lembar pelat :

$$\alpha_{f1} = \frac{I_{b1}}{I_{p1}} = \frac{5877130949}{170100000} = 34,551$$

$$\alpha_{f2} = \frac{I_{b2}}{I_{p2}} = \frac{18844443202}{241481250} = 78,036$$

$$\alpha_{f3} = \frac{I_{b3}}{I_{p3}} = \frac{18844443202}{95681250} = 196,950$$

$$\alpha_{f4} = \frac{I_{b4}}{I_{p4}} = \frac{4951422463}{262227375} = 18,882$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$= \frac{34,551 + 78,036 + 196,950 + 18,882}{4}$$

$$= 82,104$$

$$\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{3208}{2450} = 1,309$$

Menurut SNI 2847:2019 subpasal 8.3.1.2 jika  $\alpha_{fm}$  besar dari 2,0 maka ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari 90 atau :

$$h = \frac{L_n \times (0,8 + f_y/1400)}{36 + 9\beta}$$

$$= \frac{3208 \times (0,8 + 420/1400)}{36 + 9 \times 1,309}$$

$$= 73,853 \text{ mm}$$

Digunakan tebal pelat,  $h = 100 \text{ mm}$

### 3. Tebal Pelat Lantai Bagian III

$$L_y = 5000 \text{ mm}$$

$$L_x = 2600 \text{ mm}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{2600} = 1,923 < 2$$

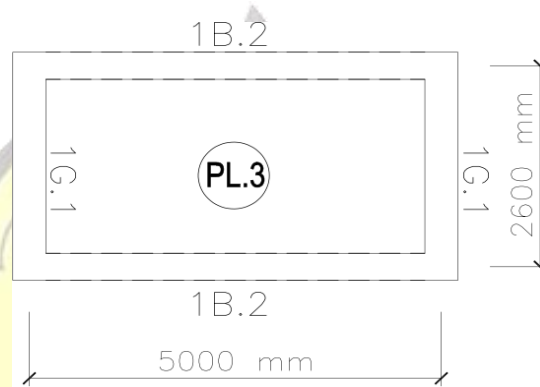
Tebal Minimum Pelat lantai bagian 3

$$L_1 = 2600 - 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 350\right) = 2250 \text{ mm}$$

$$L_2 = 5000 - 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 400\right) = 4600 \text{ mm}$$

$$h = \frac{\text{Keliling Pelat}}{180} = \frac{(2250 \times 2) + (4600 \times 2)}{180} = 76,111 \text{ mm}$$

Maka h perkiraan dipakai = 90 mm.

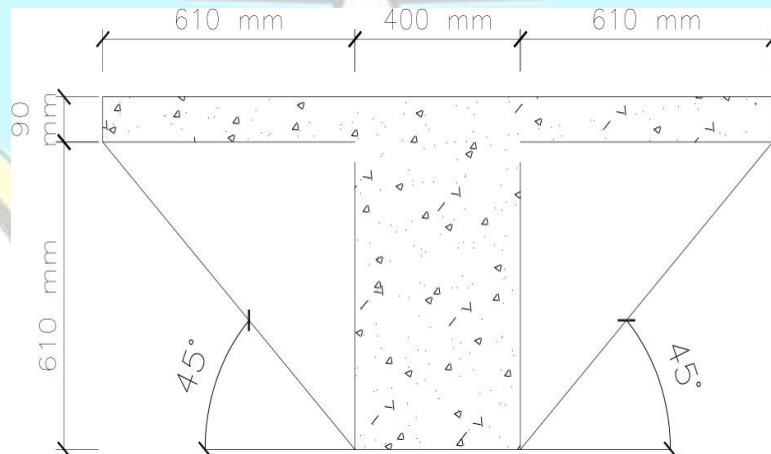


**Gambar 4.16 Denah Pelat Lantai Bagian III**

Sumber : Data Olahan, 2022

1) Menghitung Momen Inersia Balok

a. Balok *Interior* 1 = 3 (Balok Induk)



**Gambar 4.17 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian 1II**

Sumber : Data Olahan, 2022

Luas Penampang Balok :

$$A_1 = 610 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 244000 \text{ mm}^2$$

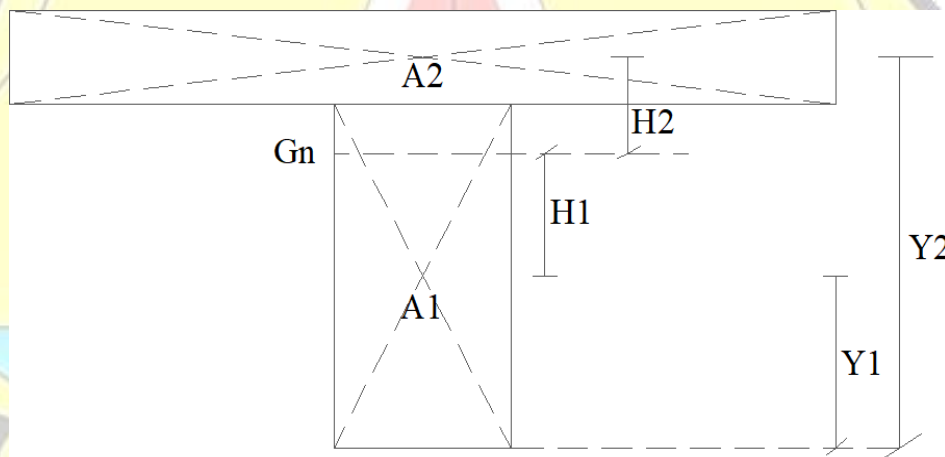
$$A_2 = 90 \text{ mm} \times (610 + 400 + 610) \text{ mm} = 145800 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_2 = 389800 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral :

$$Y_1 = \frac{1}{2} \times 610 = 305 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 610 + \frac{1}{2} \times 90 = 655 \text{ mm}$$



**Gambar 4.18 Letak Garis Netral Balok Interior Pelat Lantai Bagian 1II**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$\begin{aligned} G_n &= \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2)}{A_{\text{tot}}} \\ &= \frac{(244000 \times 305) + (145800 \times 655)}{389800} = 435,913 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$H_1 = G_n - Y_1 = 435,913 - 305 = 130,913 \text{ mm}$$

$$H_2 = Y_2 - G_n = 655 - 435,913 = 219,087 \text{ mm}$$

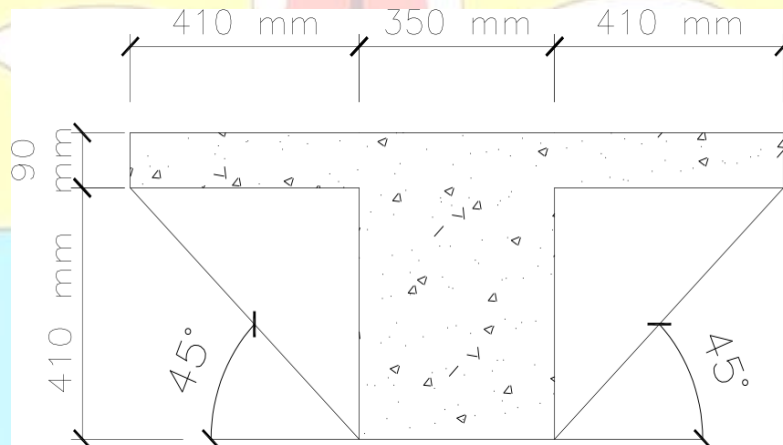
Inersia :

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_1 \times H_1^2) \\
 &= \frac{1}{12} \times 400 \times 610^3 + (244000 \times 130,913^2) \\
 &= 11747757444 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_2 &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_2 \times H_2^2) \\
 &= \frac{1}{12} \times 1620 \times 90^3 + (145800 \times 219,087^2) \\
 &= 7096685758 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_{b1} = I_{b3} = I_1 + I_2 = 18844443202 \text{ mm}^4$$

b. Balok *Interior* 2 = 4 (Balok Anak)



**Gambar 4.19 Balok *Interior* Pelat Lantai Bagian III**

Sumber : Data Olahan, 2022

Luas Penampang Balok :

$$A_1 = 410 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} = 143500 \text{ mm}^2$$

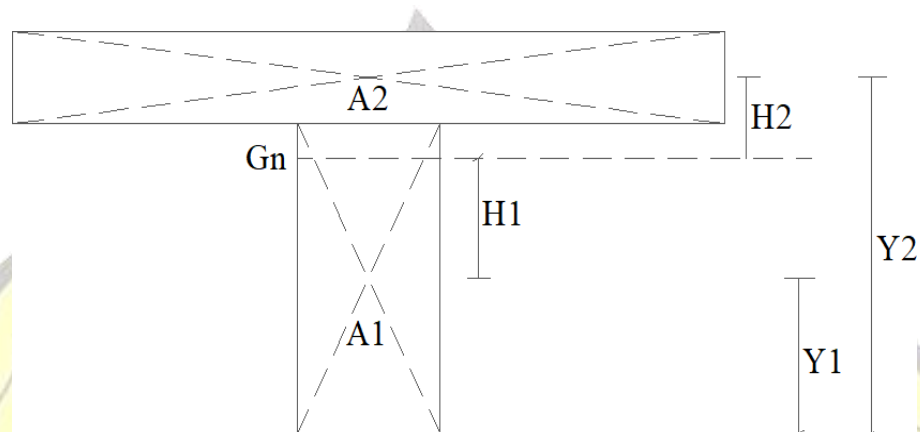
$$A_2 = 90 \text{ mm} \times (410 + 350 + 410) \text{ mm} = 105300 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_2 = 248800 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral :

$$Y_1 = \frac{1}{2} \times 410 = 205 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 410 + \frac{1}{2} \times 90 = 455 \text{ mm}$$



**Gambar 4.20 Letak Garis Netral Balok Interior Pelat Lantai Bagian 1II**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$\begin{aligned} G_n &= \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2)}{A_{tot}} \\ &= \frac{(143500 \times 205) + (105300 \times 455)}{248800} = 310,807 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$H_1 = G_n - Y_1 = 310,807 - 205 = 105,807 \text{ mm}$$

$$H_2 = Y_2 - G_n = 455 - 310,807 = 144,193 \text{ mm}$$

Inersia :

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_1 \times H_1^2) \\ &= \frac{1}{12} \times 350 \times 410^3 + (143500 \times 105,807^2) \\ &= 3616695732 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

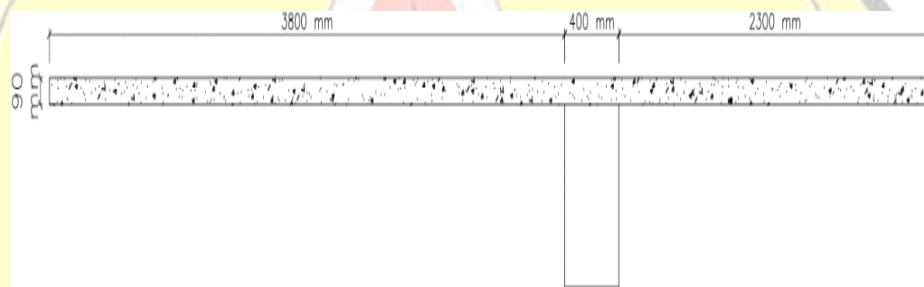


$$\begin{aligned}
 I_2 &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 + (A_2 \times H_2^2) \\
 &= \frac{1}{12} \times 1170 \times 90^3 + (105300 \times 144,193^2) \\
 &= 2260435217 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_{b2} = I_{b4} = I_1 + I_2 = 5877130949 \text{ mm}^4$$

## 2) Menghitung Inersia Pelat

### a. Pelat arah y Interior 1 = 3 (Balok Induk)



**Gambar 4.21 Balok Penampang Pelat Interior Arah y Bagian III**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$L_n \text{ kiri} = 7600 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} = 3800 \text{ mm}$$

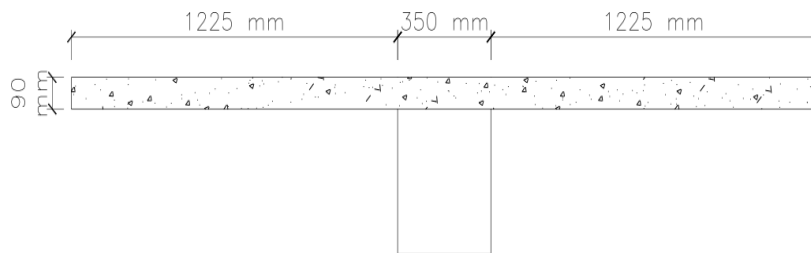
$$L_n \text{ kanan} = 4600 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} \text{ kanan} = 2300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{p1} = I_{p3} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times (3800 + 400 + 2300) \times 90^3
 \end{aligned}$$

$$= 394875000 \text{ mm}^4$$

b. Pelat arah x Interior 2 = 4 (Balok Induk)



**Gambar 4.22 Balok Penampang Pelat Interior Arah x Bagian 1II**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$L_n \text{ kiri} = L_n \text{ kanan} = 2250 \text{ mm}$$

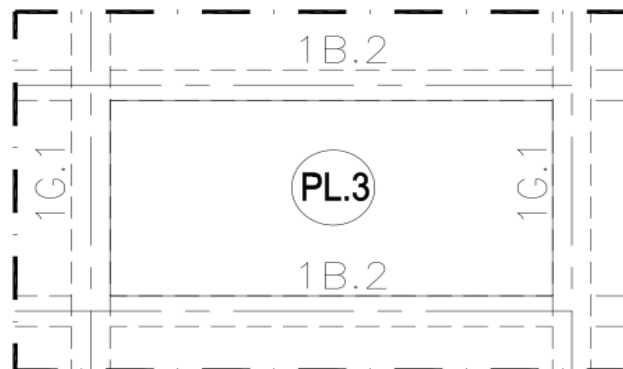
$$\frac{L_n \text{ kanan}}{2} = 1125 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{p2} = I_{p4} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times (1125 + 350 + 1125) \times 90^3 \\ &= 157950000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap kekakuan lembar pelat :

$$\alpha_{f1} = \alpha_{f3} = \frac{I_{b1}}{I_{p1}} = \frac{18844443202}{394875000} = 47,722$$

$$\alpha_{f2} = \alpha_{f4} = \frac{I_{b2}}{I_{p2}} = \frac{5877130949}{157950000} = 37,208$$



**Gambar 4.23 Rasio kekakuan Lentur Balok Terhadap Tebal Pelat Lantai III**

Sumber : Data Olahan, 2022

$$\begin{aligned}\alpha_{fm} &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \\ &= \frac{47,722 + 37,208 + 47,722 + 37,208}{4} \\ &= 42,465\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{4600}{2250} = 2,044$$

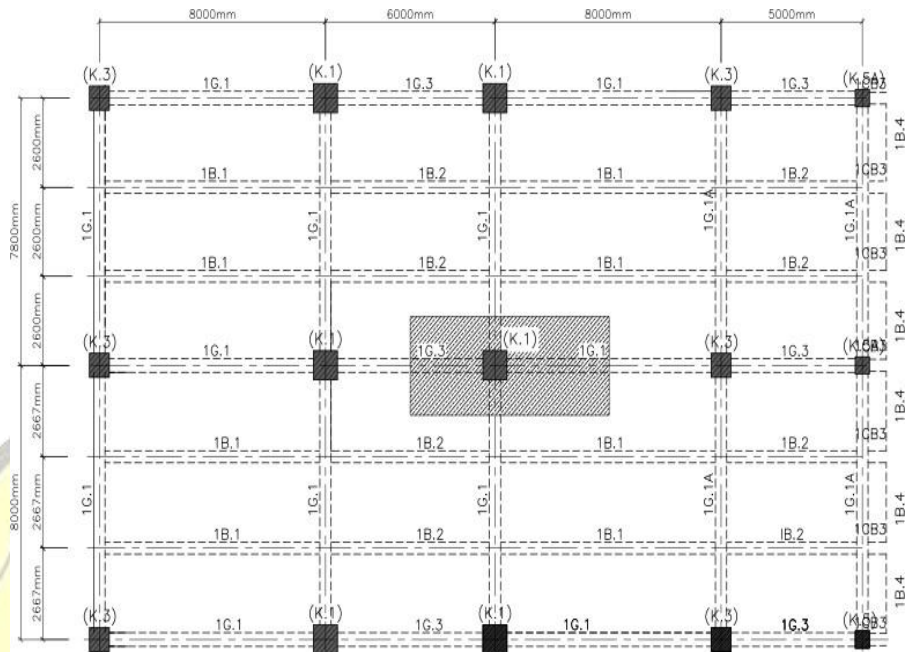
Menurut SNI 2847:2019 subpasal 8.3.1.2 jika  $\alpha_{fm}$  besar dari 2,0 maka ke tebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari 90 atau :

$$\begin{aligned}h &= \frac{L_n \times (0,8 + f_y/1400)}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{4600 \times (0,8 + 420/1400)}{36 + 9 \times 2,044}\end{aligned}$$

$$= 93,021 \text{ mm}$$

Digunakan tebal pelat,  $h = 100 \text{ mm}$

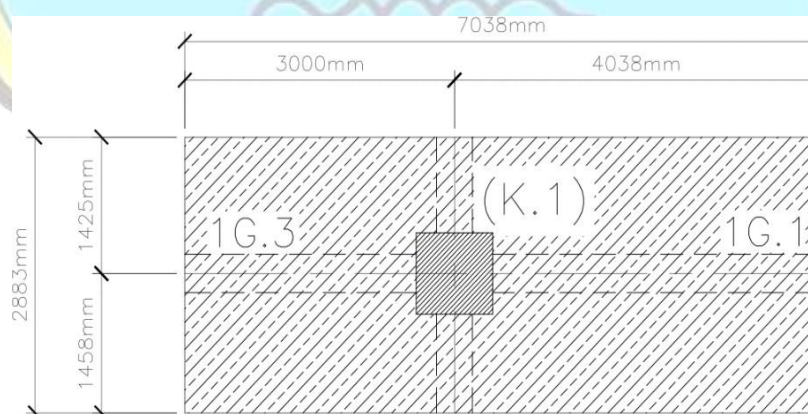
### 4.1.3 Kolom



**Gambar 4.24 Denah Kolom Yang Mewakili Perhitungan**

Sumber : Data Olahan, 2022

Pada perencanaan kolom diambil pada salah satu kolom yang dianggap memikul beban yang terbesar :



**Gambar 4.25 Denah Kolom**

Sumber : Data Olahan, 2022

**Tabel 4.1 Beban Mati Pada Lantai**

Komponen Struktur	H (m)	B (m)	P (m)	L (m)	Berat Sendiri	Total (kN)
Pelat	0.135		7.038	2.883	24 kN/m <sup>3</sup>	63.306
ME (Plumbing)			7.038	2.883	0.38 kN/m <sup>2</sup>	7.710
Spesi (mortar)	0.013		7.038	2.883	22 kN/m <sup>3</sup>	5.803
Plafond + Penggantung			7.038	2.883	0.4 kN/m <sup>2</sup>	8.116
Balok Arah x	0.7	0.4	4.038		24 kN/m <sup>3</sup>	27.135
	0.5	0.4	3.000			14.400
Balok Arah y	0.7	0.4	2.883		24 kN/m <sup>3</sup>	19.373
Keramik	0.019		7.038	2.883	22 kN/m <sup>3</sup>	8.481
Total						154.324
Berat Lantai						1851.88

Sumber : Data Olahan, 2022

**Tabel 4.2 Beban Hidup Pada Lantai**

Komponen Struktur	H (m)	B (m)	P (m)	L (m)	Berat Sendiri	Total (kN)
Banking hall, Lobby			7.038	2.883	4.79 kN/m <sup>2</sup>	97.191
Ballroom dan Selasar			7.038	2.883	4.79 kN/m <sup>2</sup>	97.191
Gudang, R. Engineer			7.038	2.883	3.83 kN/m <sup>2</sup>	77.712
Mesjid, Cafe, Gym			7.038	2.883	4.79 kN/m <sup>2</sup>	97.191
R. Kelas Besar			7.038	2.883	3.83 kN/m <sup>2</sup>	77.712
R. Kantor			7.038	2.883	2.40 kN/m <sup>2</sup>	48.697
R. Direktur			7.038	2.883	2.40 kN/m <sup>2</sup>	48.697
R. Komisaris			7.038	2.883	2.40 kN/m <sup>2</sup>	48.697
R. Kantor			7.038	2.883	2.40 kN/m <sup>2</sup>	48.697
Data center					4.79	97.191
Roof Cafe					3.83 kN/m <sup>2</sup>	77.712
Utilitas dan Gondola			7.038	2.883	4.79	97.191
Total						913.879
Berat Lantai						913.879

Sumber : Data Olahan, 2022

**Tabel 4.3 Beban Hidup Pada Atap**

Komponen Struktur	H (m)	B (m)	P (m)	L (m)	Berat Sendiri	Total (kN)
Gondola			7.038	2.883	4.79 kN/m <sup>2</sup>	97.191
Air Hujan	0.1		7.038	2.883	10 kN/m <sup>3</sup>	20.290
Total						117.481
Berat Lantai Atap						117.481

Sumber : Data Olahan, 2022

Jadi berat total beban yang akan dipikul dengan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 2847:2019 yaitu :

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 1,4D \\
 &= 1,4 \cdot 1851,88 = 2592,632 \text{ kN} \\
 U_2 &= 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \\
 &= 1,2 \cdot (1851,88) + 1,6 \cdot (913.879) + 0,5 \cdot (117,481) \\
 &= 2222,256 + 1462,206 + 58,740 = 3743,202 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai nilai kombinasi pembebanan yang terbesar antara persamaan diatas, yaitu 3743,202 kN. Menurut SNI 2847:2019 subpasal 21.2 dengan factor reduksi 0,65.

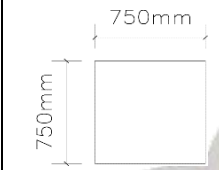
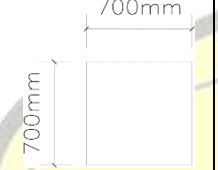
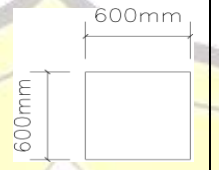
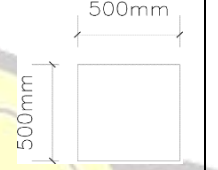
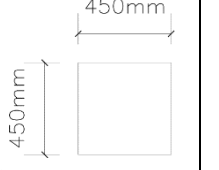
$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{U}{\phi \cdot f_c'} \\
 &= \frac{3743,202 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 30} = 415911,333 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B^2 &= 415911,333 \text{ mm} \\
 &= \sqrt{415911,333} = 644,911 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai dimensi pada kolom yaitu :

$$\begin{aligned}
 K1 &= 750 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} & K7 &= 350 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

K2	= 700 mm x 700 mm	K8	= 300 mm x 300 mm
K3	= 600 mm x 600 mm	K9	= 250 mm x 250 mm
K4	= 500 mm x 500 mm		
K5	= 450 mm x 450 mm		

Kolom K1	Kolom K2	Kolom K3	Kolom K4	Kolom K5
				

**Gambar 4.26 Dimensi Kolom**

Sumber : Olahan Data, 2021

## 4.2 Pembebanan

### 4.2.1 Pelat

#### 1. Pelat Lantai

##### a. Beban Mati

- Berat Pelat setebal 13 cm	= $0,135 \times 24 = 3,240 \text{ kN/m}^2$	
- Berat Keramik (19mm) + 13 mm Mortar bed	= $0,770 \text{ kN/m}^2$	
- Berat Rangka Partisi + Gypsum (2 sisi)	= $0,450 \text{ kN/m}^2$	
- Berat Ceilling rangka	= $0,400 \text{ kN/m}^2$	
- Berat Mechanical ducting dan Elektrikal	= $0,380 \text{ kN/m}^2$	
		+
	Total = $5,120 \text{ kN/m}^2$	

##### b. Beban Hidup

- Banking Hall	= $4,79 \text{ kN/m}^2$
- Ballroom	= $4,79 \text{ kN/m}^2$
- R. Engineer	= $3,83 \text{ kN/m}^2$

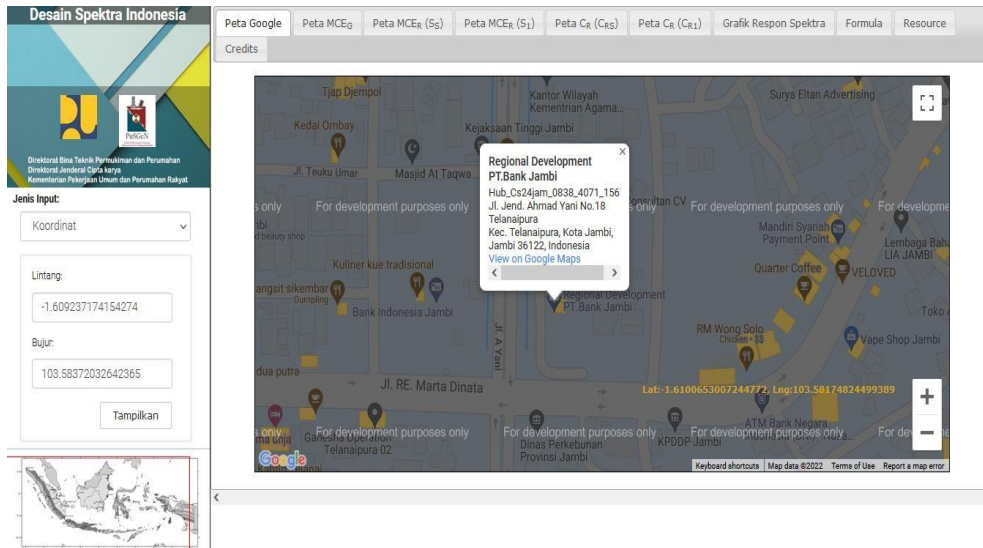
- Masjid, gym	= 4,79 kN/m <sup>2</sup>
- R. Kelas Besar	= 3,83 kN/m <sup>2</sup>
- R. Kantor	= 2,40 kN/m <sup>2</sup>
- R. Direktur	= 2,40 kN/m <sup>2</sup>
- R. Komisaris	= 2,40 kN/m <sup>2</sup>
- R. Kantor	= 2,40 kN/m <sup>2</sup>
- R. Data Center	= 4,79 kN/m <sup>2</sup>
- Roof Cafe	= 3,83 kN/m <sup>2</sup>
- Utilitas dan Gondola	= 4,79 kN/m <sup>2</sup>

### 4.3 Perhitungan Beban Gempa

#### 4.3.1 Respon Spektrum Desain

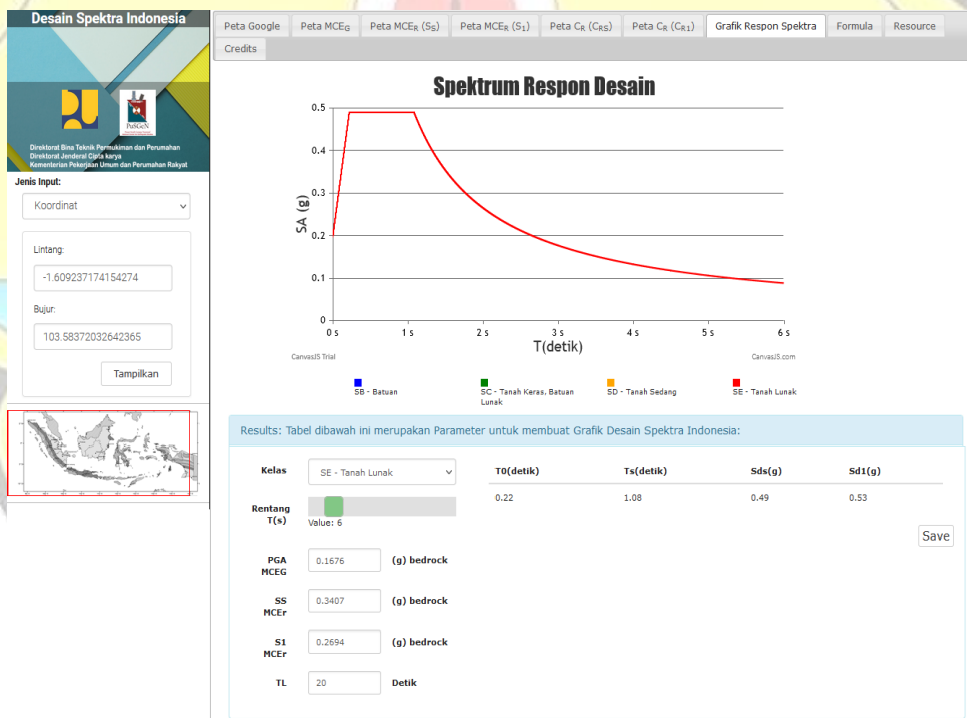
Dikarenakan data tanah tidak diketahui, maka tanah di lokasi struktur bangunan Bank 9 Jambi diklasifikasikan sebagai tanah lunak (SE). Penentuan respon spectrum desainnya menggunakan titik koordinat kawasan Bank 9 Jambi yang didapat melalui Desain Spektra Indonesia yaitu :





**Gambar 4.27 Respon Spektrum Desain**

Sumber.: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>



**Gambar 4.28 Nilai Respon Spektrum Desain**

Sumber : <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>

**Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Respon Spektrum**

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,1676
S <sub>s</sub> (g)	0,3407
S <sub>1</sub> (g)	0,2694
S <sub>DS</sub> (g)	0,49
S <sub>D1</sub> (g)	0,53
TL (detik)	20
T <sub>0</sub> (detik)	0,22
T <sub>s</sub> (detik)	1,08

Sumber : <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>

Kurva *spectrum* desain dikembangkan dengan mengacu pada ketentuan sebagai berikut :

1.) Untuk periode T yang lebih kecil T<sub>0</sub>,

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

Untuk T = 0

$$S_a = 0,49 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0}{0,22} \right)$$

$$= 0,196$$

2.) Untuk T<sub>0</sub> ≤ T ≤ T<sub>s</sub>,

$$S_a = S_{DS}$$

$$S_a = 0,49$$

3.) Untuk  $T > T_s$ ,

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

$$S_a = \frac{0,53}{T}$$

**Tabel 4.5 Tabel Hasil Pengembangan Dari Respon Spektra**

T	Sa	T	Sa
0,00	0,1960	7,00	0,0757
0,22	0,4900	7,50	0,0707
1,08	0,4907	8,00	0,0663
1,10	0,4818	8,50	0,0624
1,20	0,4417	9,00	0,0589
1,30	0,4077	9,50	0,0558
1,40	0,3786	10,00	0,0530
1,50	0,3533	10,50	0,0505
1,60	0,3313	11,00	0,0482
1,70	0,3118	11,50	0,0461
1,80	0,2944	12,00	0,0442
1,90	0,2789	12,50	0,0424
2,00	0,2650	13,00	0,0408
2,20	0,2409	13,50	0,0393
2,40	0,2208	14,00	0,0379
2,60	0,2038	14,50	0,0366
2,80	0,1893	15,00	0,0353
3,00	0,1767	15,50	0,0342
3,30	0,1606	16,00	0,0331
3,60	0,1472	16,50	0,0321
3,90	0,1359	17,00	0,0312
4,20	0,1262	17,50	0,0303
4,50	0,1178	18,00	0,0294
5,00	0,1060	18,50	0,0286
5,50	0,0964	19,00	0,0279
6,00	0,0883	19,50	0,0272
6,50	0,0815	20,00	0,0265

Sumber : Data Olahan, 2023

### 4.3.2 Kategori Desain Seismik (KDS)

Adapun penentuan kategori seismik struktur bangunan Bank 9 Jambi dapat ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019 :

1.) Jenis pemanfaatan bangunan adalah gedung perkantoran, maka menurut tabel 3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa masuk dalam resiko II, sehingga pada tabel 4 Faktor Keutamaan Gempa,  $I_e$  yaitu 1,0;

2.) Berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) II dan  $S_{DS} = 0,49$ , maka menurut tabel 8 Kategori Desain Seismik (KDS) bangunan adalah D;

3.) Berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) II dan  $S_{D1} = 0,53$ , maka menurut Tabel 9 Kategori Desain Seismik (KDS) bangunan adalah D;

Berdasarkan parameter diatas, maka kategori desain seismik (KDS) struktur bangunan Bank 9 Jambi dapat ditetapkan berdasarkan nilai KDS terbesar yaitu D.

### 4.3.3 Analisa Beban Gempa

Berdasarkan Tabel 16 SNI 1726:2019 dengan KDS D dan karakteristik struktur adalah bangunan dengan kategori resiko II, maka prosedur analisis boleh digunakan Analisa Gaya Lateral Ekuivalen.

Berdasarkan data pada tabel 4.2 maka dapat dihitung perioda fundamental sebagai berikut :

**Tabel 4.6 Koefisien Parameter dan Perioda**

Data	Parameter	Ket
$S_{D1} = 0,53 > 0,4$	$C_u = 1,4$	Tabel 17 SNI 1726:2019
Rangka Beton Pemikul Momen	$C_t = 0,0466$ $x = 0,9$	Tabel 18 SNI 1726:2019

Sumber : SNI 1726:2019

Perioda Fundamental Pendekatan :

Arah x :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \\ &= 0,0466 \cdot 53,5^{0,9} \\ &= 1,6745 \text{ sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= C_u \cdot T_a \\ &= 1,4 \cdot 1,6745 \\ &= 2,3443 \text{ sec} \end{aligned}$$

#### 4.3.3.1 Perhitungan Berat Struktur

Perhitungan berat struktur Gedung Bank 9 Jambi meliputi berat sendiri bangunan yang berupa balok, kolom, dan pelat lantai.

##### 1. Berat Struktur Lantai 1

**Tabel 4.7 Berat Sendiri Lantai 1**

Ukuran Balok	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	1G.1	8,00	28	0,280	62,72
		7,80	5		10,92
		8,20	2		4,59

0,4 m x 0,7 m	1G.2	10,00	4	0,280	11,20
		9,30	1		2,60
0,4 m x 0,5 m	1G.3	6,00	7	0,200	8,40
		5,00	7		7,00
		6,65	3		3,59
0,3 m x 0,6 m	1G.4	5,11	1	0,180	0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50
0,35 x 0,6 m	1B.1	8,00	16	0,210	26,88
		6,00	10		10,50
0,35 x 0,5 m	1B.2	5,00	10	0,175	8,75
		8,00	1		1,40
		2,82	1		0,49
		4,41	1		0,77
		2,35	4		1,18
		2,65	4		1,33
		3,61	2		0,90
		4,81	2		1,20
0,25 m x 0,5 m	1B.3	2,40	5	0,125	1,50
		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,23
		1,60	6		0,96
		1,50	4		0,60
		2,00	1		0,20
		1,00	1		0,10
0,25 m x 0,4 m	1B.4	2,66	15	0,100	3,99
		2,73	3		0,82
		2,35	2		0,38
0,2 m x 0,4 m	1B.5	4,10	1	0,06	0,25
0,2 m x 0,3 m	1B.6	0,85	16	0,175	2,38
0,35 m x 0,5 m	1CB.3				
Total Volume Balok					180,24
Total Berat Balok Lantai 1 setelah dikali $\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>					4325,87

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.8 Berat Sendiri Kolom Lantai 1**

Ukuran Kolom	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,75 m x 0,75 m	8	6,0	0,563	27,024
	16	6,0	0,36	34,56

0,6 m x 0,6 m	10	6,0	0,203	12,18
	15	6,0	0,123	11,07
0,45 m x 0,45 m	Total Volume Kolom			84,834
0,35 m x 0,35 m	Total Berat Kolom Lantai 1 (kN)			2036,016
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.9 Beban Mati Tambahan Lantai 1**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	995,05	0,77	766,188
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	995,05	0,400	398,02
ME (Plumbing)	995,05	0,380	378,119
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	63,425	5,300	0,575
Balok Anak	21,49	5,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 1			1804,024

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.10 Berat Sendiri Pelat Lantai 1**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	21	0,135	49,34
	2,98	7,60	3	0,135	9,17
	2,98	5,60	3	0,135	6,76
	2,98	4,60	3	0,135	5,55
	2,29	5,60	12	0,100	15,39
	2,15	4,04	3	0,100	2,61
	2,44	3,20	1	0,100	0,78
	2,29	4,60	12	0,100	12,64
	2,48	0,65	15	0,100	2,42
	2,67	1,35	4	0,135	1,95
	1,43	7,67	1	0,135	1,48
	2,35	6,32	1	0,135	2,01
	2,05	2,00	3	0,135	1,66
	1,07	6,32	1	0,135	0,91

2,07	4,48	1	0,135	1,25
2,37	4,48	1	0,135	1,43
1,07	4,48	1	0,135	0,65
1,45	5,72	1	0,135	1,12
1,10	1,10	4	0,135	0,65
2,10	3,36	2	0,135	1,91
2,07	1,87	1	0,135	0,52
1,07	1,87	1	0,135	0,27
Total Volume Pelat				120,46
Total Berat Pelat Lantai 1				2891,06

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.11 Beban Hidup Lantai 1**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Bankinghall dan Lobby	995,05	4,79	4766,289
Total Beban Hidup Lantai			4766,289
Total Beban Hidup Lantai 1 Yang Tereduksi 20%			953,257

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 1 :

$$= 4325,87\text{kN} + 2036,016\text{kN} + 1804,024\text{kN} + 2891,06\text{kN} + 4766,289\text{ kN}$$

$$= 15823,25\text{ kN}$$

## 2. Berat Struktur Lantai 2

**Tabel 4.12 Berat Sendiri Lantai 2**

Ukuran Balok	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	2G.1	8,00	30	0,280	67,20
		7,80	5		10,92
		8,20	2		4,59
0,4 m x 0,7 m	2G.2	10,00	4	0,280	11,20
		9,30	1		2,60
0,4 m x 0,5 m	2G.3	6,00	7	0,200	8,40
		5,00	7		7,00
		4,25	5		4,25
		6,65	3		3,59
0,3 m x 0,6 m	2G.4	5,11	1	0,180	0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50



0,35 x 0,6 m	2B.1	8,00	14	0,210	23,52
		6,00	10		10,50
		5,00	12		10,50
0,35 x 0,5 m	2B.2	8,00	1	0,175	1,40
		4,00	4		2,80
		4,82	1		0,84
		2,35	4		1,18
		2,65	4		1,33
		3,61	2		0,90
0,25 m x 0,5 m	2B.3	4,81	2	0,125	1,20
		2,40	5		1,50
		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,23
		1,60	6		0,96
		1,50	4		0,60
0,25 m x 0,4 m	2B.4	2,00	1	0,100	0,20
		1,00	1		0,10
		2,66	6		1,60
		2,73	3		0,82
0,2 m x 0,4 m	2B.5	2,35	2	0,08	0,38
0,2 m x 0,3 m	2B.6	4,10	1	0,06	0,25
		2,05	19		6,82
0,35 m x 0,5 m	2CB.1	2,50	3	0,175	1,31
		1,41	8		1,97
		1,35	4		0,95
		11,65	2		2,33
0,25 m x 0,4 m	2PB.1	6,00	1	0,1	0,60
		5,00	1		0,50
		8,00	1		0,80
		2,66	22		5,85
0,35 m x 0,75 m	2CB.3	3,90	4	0,262	4,09
Total Volume Balok					210,19
Total Berat Balok Lantai 2 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					5044,46

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.13 Berat Sendiri Kolom Lantai 2**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,70 m x 0,70 m	8	4.0	0.49	15,68
	16	4.0	0.36	23,04
0,60 m x 0,60 m	4	4.0	0.203	3,25

0,45 m x 0,45 m	15	4.0	0.123	7.38
			Total Volume Kolom	49,35
0,35 m x 0,35 m				Total Berat Kolom Lantai 1 (kN)
				1184,4
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.14 Beban Mati Tambahan Lantai 2**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	1030,116	0,77	793,18
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	1030,116	0,400	412,04
ME (Plumbing)	1030,116	0,380	391,44
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	88,723	3,300	0,575
Balok Anak	21,49	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 2			1808,27

Sumber : Olahan Data, 2021

**Tabel 4.15 Berat Sendiri Pelat Lantai 2**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	17	0,135	39,94
	2,62	2,10	2	0,135	1,49
	2,62	2,10	2	0,135	1,49
	2,62	2,60	3	0,135	2,76
	2,42	2,55	2	0,135	1,67
	5,65	2,55	2	0,135	3,89
	2,31	2,05	16	0,135	10,23
	2,31	4,60	15	0,135	21,52
	2,31	3,90	6	0,135	7,30
	3,30	3,85	1	0,135	1,72
	3,30	1,46	1	0,135	0,65
	2,29	1,46	6	0,135	2,71
	2,29	3,85	6	0,135	7,14
	2,29	5,60	12	0,100	15,39
	2,67	1,35	4	0,135	1,95
	1,43	7,67	1	0,135	1,48
	2,35	6,32	1	0,135	2,01

2,05	2,00	3	0,135	1,66
1,07	6,32	1	0,135	0,91
2,07	4,48	1	0,135	1,25
2,37	4,48	1	0,135	1,43
1,07	4,48	1	0,135	0,65
1,45	5,72	1	0,135	1,12
1,10	1,10	4	0,135	0,65
2,10	3,36	2	0,135	1,91
2,07	1,87	1	0,135	0,52
1,07	1,87	1	0,135	0,27
Total Volume Pelat				133,68
Total Berat Pelat Lantai 2				3208,31

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.16 Beban Hidup Lantai 2**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Balroom dan Selasar	1030,116	4,79	4934,25
Air Hujan	233,08	1	233,08
Total Beban Hidup Lantai			5167,33
Total Beban Hidup Lantai 2 Yang Tereduksi 20%			1033,46

Sumber : Olahan Data, 2021

Berat total struktur lantai 2 :

$$= 5044,46 \text{ kN} + 1184,4 \text{ kN} + 1808,27 \text{ kN} + 3208,31 \text{ kN} + 5167,33 \text{ kN}$$

$$= 16412,77 \text{ kN}$$

### 3. Berat Struktur Lantai 3

**Tabel 4.17 Berat Sendiri Lantai 3**

Ukuran Balok	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	3G.1	8,00	19	0,280	42,56
		7,80	4		8,74
		8,20	1		2,30
0,4 m x 0,7 m	3G.2	9,30	1	0,280	2,60
0,4 m x 0,5 m	3G.3	6,00	4	0,200	4,80
		3,70	1		0,74
		6,93	1		1,39

		6,65	3		3,59
0,3 m x 0,6 m	3G.4	5,11	1	0,180	0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50
0,35 x 0,6 m	3B.1	8,00	9	0,210	15,12
0,35 x 0,5 m	3B.2	6,00	3	0,175	3,15
		2,35	4		1,18
		2,65	4		1,33
		3,61	2		0,90
		4,81	2		0,125
0,25 m x 0,5 m	3B.3	2,40	5	0,100	1,50
		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,23
		3,00	3		0,90
		2,67	2		0,53
		2,00	1		0,20
0,25 m x 0,4 m	3B.4	1,00	1	0,08	0,10
		2,35	2		0,38
		4,10	1		0,25
0,2 m x 0,4 m	3B.5	1,65	3	0,06	0,59
0,2 m x 0,3 m	3B.6	5,60	1		0,67
0,3 m x 0,4 m	3CB.1	7,60	1		0,91
Total Volume Balok					101,67
Total Berat Balok Lantai 3 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					2440,13

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.18 Berat Sendiri Kolom Lantai 3**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,70 m x 0,70 m	8	4,0	0,49	15,68
	16	4,0	0,36	23,04
0,60 m x 0,60 m	4	4,0	0,203	3,25
	14	4,0	0,123	6,88
Total Volume Kolom				48,85
0,35 m x 0,35	Total Berat Kolom Lantai 3 (kN)			1172,4
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.19 Beban Mati Tambahan Lantai 3**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	566,37	0,77	436,10
Rangka Partisi Gypsum Plafond + Penggantung ME (Plumbing)	566,37	0,450 0,400 0,380	0,450 226,548 215,220
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding Panjang Tinggi		
Balok Induk	88,723	3,300	0,575
Balok Anak	21,49	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 3			1089,90

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.20 Berat Sendiri Pelat Lantai 3**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	15	0,135	35,24	
	1,55	7,60	1	0,135	1,59	
	2,99	4,65	1	0,100	1,39	
	2,29	5,60	12	0,100	15,39	
	1,55	5,60	1	0,100	0,87	
	2,67	1,35	4	0,135	1,95	
	1,43	7,67	1	0,135	1,48	
	2,35	6,32	1	0,135	2,01	
	2,05	2,00	3	0,135	1,66	
	1,07	6,32	1	0,135	0,91	
	2,07	4,48	1	0,135	1,25	
	2,37	4,48	1	0,135	1,43	
	1,07	4,48	1	0,135	0,65	
	1,45	5,72	1	0,135	1,12	
	1,10	1,10	4	0,135	0,65	
	2,10	3,36	2	0,135	1,91	
	2,07	1,87	1	0,135	0,52	
	1,07	1,87	1	0,135	0,27	
	Total Volume Pelat					70,28
	Total Berat Pelat Lantai 3					1686,82

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.21 Beban Hidup Lantai 3**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Gudang, R. Engineer	449,312	3,83	1720,86
Total Beban Hidup Lantai			1720,86
Total Beban Hidup Lantai 3 Yang Tereduksi 20%			344,17

Sumber : Olahan Data, 2021

Berat total struktur lantai 3 :

$$= 2440,13\text{kN} + 1172,4\text{kN} + 1089,90\text{kN} + 1686,82\text{kN} + 1720,86\text{kN}$$

$$= 8110,11 \text{ kN}$$

#### 4. Berat Struktur Lantai 4

**Tabel 4.22 Berat Sendiri Lantai 4**

Ukuran Balok	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	4G.1	8,00	26	0,280	58,24
		7,80	4		8,74
		8,20	1		2,30
0,4 m x 0,7 m	4G.2	9,30	1	0,280	2,60
		6,00	6		7,20
0,4 m x 0,5 m	4G.3	3,69	1	0,200	0,74
		6,65	3		3,59
0,3 m x 0,6 m	4G.4	5,11	1	0,180	0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50
0,35 x 0,6 m	4B.1	8,00	16	0,210	2,81
		6,00	8		8,40
		4,20	4		2,94
		2,35	4		1,18
		2,65	4		1,33
0,25 m x 0,5 m	4B.3	3,61	2	0,125	0,90
		4,81	2		1,20
		2,40	5		1,50
		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,23
		3,32	2		0,66
		2,82	2		0,56
0,25 m x 0,4 m	4B.4	2,00	1	0,100	0,20
		1,00	1		0,10

0,2 m x 0,4 m	4B.5	2,35	2	0,08	0,38
		2,29	1		0,18
0,2 m x 0,3 m	4B.6	4,10	1	0,06	0,25
		6,00	1		0,60
0,25 m x 0,4 m	4PB.1	3,60	1	0,1	0,80
		8,00	1		0,36
		2,66	6		0,16
0,3 m x 0,4 m	4CB.1	1,65	3	0,12	0,59
		1,41	8		1,35
Total Volume Balok					142,82
Total Berat Balok Lantai 4 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					3427,70

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.23 Berat Sendiri Kolom Lantai 4**

Ukuran Kolom	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,70 m x 0,70 m	8	4,0	0,49	15,68
	16	4,0	0,36	23,04
0,60 m x 0,60 m	14	4,0	0,123	6,88
Total Volume Kolom				45,60
0,35 m x 0,35 m	Total Berat Kolom Lantai 4 (kN)			1094,59
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.24 Beban Mati Tambahan Lantai 4**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	782,18	0,77	602,27
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	782,18	0,400	312,87
ME (Plumbing)	782,18	0,380	297,22
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	54,39	3,300	0,575
Balok Anak	23,17	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 4			1362,20

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.25 Berat Sendiri Pelat Lantai 4**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04	
	1,55	7,60	1	0,135	1,59	
	2,29	3,85	6	0,135	7,14	
	2,29	1,46	6	0,135	2,71	
	3,30	3,85	1	0,135	1,72	
	3,30	1,46	1	0,135	0,65	
	2,29	5,60	12	0,100	15,39	
	1,55	5,60	1	0,100	0,87	
	2,67	1,35	4	0,135	1,95	
	1,43	7,67	1	0,135	1,48	
	2,35	6,32	1	0,135	2,01	
	2,05	2,00	3	0,135	1,66	
	1,07	6,32	1	0,135	0,91	
	2,07	4,48	1	0,135	1,25	
	2,37	4,48	1	0,135	1,43	
	1,07	4,48	1	0,135	0,65	
	1,45	5,72	1	0,135	1,12	
	1,10	1,10	4	0,135	0,65	
	2,10	3,36	2	0,135	1,91	
	2,07	1,87	1	0,135	0,52	
	1,07	1,87	1	0,135	0,27	
	Total Volume Pelat					99,91
	Total Berat Pelat Lantai 4					2397,72

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.26 Beban Hidup Lantai 4**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Mesjid, Gym, cafe	782,18	4,79	3746,64
Total Beban Hidup Lantai			3746,64
Total Beban Hidup Lantai 4 Yang Tereduksi 20%			749,32

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 4 :

$$= 3427,70\text{kN} + 1094,59\text{kN} + 1362,20\text{kN} + 2397,72\text{kN} + 3746,64\text{kN}$$

$$= 12028,85 \text{ kN}$$



## 5. Berat Struktur Lantai 5

**Tabel 4.27 Berat Sendiri Lantai 5**

Ukuran Balok	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	5G.1	8,00	24	0,280	53,76
		7,80	4		8,74
		8,20	1		2,30
0,4 m x 0,7 m	5G.2	9,30	1	0,280	2,60
0,4 m x 0,5 m	5G.3	6,00	6	0,200	7,20
		6,65	3		3,59
0,3 m x 0,6 m	5G.4	5,11	1	0,180	0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50
0,35 x 0,6 m	5B.1	8,00	16	0,210	26,88
0,35 x 0,5 m	5B.2	6,00	8	0,175	8,40
		1,35	4		1,17
		2,65	4		1,32
		3,61	2		0,90
0,25 m x 0,5 m	5B.3	4,81	2	0,125	1,20
		2,40	5		1,50
		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,22
		3,32	2		0,66
		2,82	2		0,56
0,25 m x 0,4 m	5B.4	2,00	1	0,100	0,20
		1,00	1		0,10
0,2 m x 0,4 m	5B.5	2,35	2	0,08	0,37
0,2 m x 0,3 m	5B.6	4,10	1	0,06	0,24
Total Volume Balok					126,36
Total Berat Balok Lantai 5 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.28 Berat Sendiri Kolom Lantai 5**

Ukuran Kolom	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,70 m x 0,70 m	8	4,0	0,49	15,68
	16	4,0	0,36	23,04

0,60 m x 0,60 m	14	4,0	0,123	6,88
Total Volume Kolom				45,60
0,35 m x 0,35 m	Total Berat Kolom Lantai 5 (kN)			1094,59
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2021

**Tabel 4.29 Beban Mati Tambahan Lantai 5**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	54,39	3,300	0,575
Balok Anak	23,17	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 5			1190,25

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.30 Berat Sendiri Pelat Lantai 5**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04
	2,29	5,60	12	0,100	15,39
	2,67	1,35	4	0,135	1,95
	1,43	7,67	1	0,135	1,48
	2,35	6,32	1	0,135	2,01
	2,05	2,00	3	0,135	1,66
	1,07	6,32	1	0,135	0,91
	2,07	4,48	1	0,135	1,25
	2,37	4,48	1	0,135	1,43
	1,07	4,48	1	0,135	0,65
	1,45	5,72	1	0,135	1,12
	1,10	1,10	4	0,135	0,65
	2,10	3,36	2	0,135	1,91
	2,07	1,87	1	0,135	0,52
	1,07	1,87	1	0,135	0,27
Total Volume Pelat					85,23
Total Berat Pelat Lantai 5					2045,56

Sumber : Olahan Data, 2021

**Tabel 4.31 Beban Hidup Lantai 5**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Ruang Kelas Besar, R. Staf, Perpustakaan	671,24	3,83	2570,84
Total Beban Hidup Lantai			2570,84
Total Beban Hidup Lantai 5 Yang Tereduksi 20%			514,16

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 5 :

$$= 3032,83\text{kN} + 1094,59\text{kN} + 1190,25\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 2570,84\text{kN}$$

$$= 9934,07 \text{ kN}$$

## 6. Berat Struktur Lantai 6

**Tabel 4.32 Berat Sendiri Lantai 6**

Ukuran Balok	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	
0,4 m x 0,7 m	6G.1	8,00	24	0,280	53,76	
		7,80	4		8,74	
		8,20	1		2,30	
0,4 m x 0,7 m	6G.2	9,30	1	0,280	2,60	
0,4 m x 0,5 m	6G.3	6,00	6	0,200	7,20	
		6,65	3		3,59	
		5,11	1		0,92	
0,3 m x 0,6 m	6G.4	6,93	1	0,180	1,25	
		2,80	1		0,50	
		8,00	16		0,210	26,88
0,35 x 0,6 m	6B.1	8,00	16	0,210	26,88	
		6,00	8		0,175	8,40
		1,35	4		1,17	
0,25 m x 0,5 m	6B.3	2,65	4	0,125	1,32	
		3,61	2		0,90	
		4,81	2		1,20	
		2,40	5		1,50	

		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,22
		3,32	2		0,66
0,25 m x 0,4 m	6B.4	2,82	2	0,100	0,56
		2,00	1		0,20
		1,00	1		0,10
0,2 m x 0,4 m	6B.5	2,35	2	0,08	0,37
0,2 m x 0,3 m	6B.6	4,10	1	0,06	0,24
Total Volume Balok					126,36
Total Berat Balok Lantai 6 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.33 Berat Sendiri Kolom Lantai 6**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,6 m x 0,6 m	8	4,0	0,36	11,52
	16	4,0	0,25	16
0,5 m x 0,5 m	14	4,0	0,09	5,04
	Total Volume Kolom			32,56
0,3 m x 0,3 m				
Total Berat Kolom Lantai 6 (kN)				781,44
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.34 Beban Mati Tambahan Lantai 6**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	54,39	3,300	0,575
Balok Anak	23,17	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 6			1190,25

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.35 Berat Sendiri Pelat Lantai 6**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04	
	2,29	5,60	12	0,100	15,39	
	2,67	1,35	4	0,135	1,95	
	1,43	7,67	1	0,135	1,48	
	2,35	6,32	1	0,135	2,01	
	2,05	2,00	3	0,135	1,66	
	1,07	6,32	1	0,135	0,91	
	2,07	4,48	1	0,135	1,25	
	2,37	4,48	1	0,135	1,43	
	1,07	4,48	1	0,135	0,65	
	1,45	5,72	1	0,135	1,12	
	1,10	1,10	4	0,135	0,65	
	2,10	3,36	2	0,135	1,91	
	2,07	1,87	1	0,135	0,52	
	1,07	1,87	1	0,135	0,27	
	Total Volume Pelat					85,23
	Total Berat Pelat Lantai 6					2045,56

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.36 Beban Hidup Lantai 6**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Ruang Kantor, R. Rapat, R. Arsip	671,24	2,40	1610,97
Total Beban Hidup Lantai			1610,97
Total Beban Hidup Lantai 6 Yang Tereduksi 20%			322,195

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 6 :

$$= 3032,83\text{kN} + 781,44\text{kN} + 1190,25\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 1610,97\text{kN}$$

$$= 8661,05 \text{ kN}$$

## 7. Berat Struktur Lantai 7

**Tabel 4.37 Berat Sendiri Lantai 7**

Ukuran Balok	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	7G.1	8,00	24	0,280	53,76
		7,80	4		8,74
		8,20	1		2,30
0,4 m x 0,7 m	7G.2	9,30	1	0,280	2,60
0,4 m x 0,5 m	7G.3	6,00	6	0,200	7,20
0,3 m x 0,6 m	7G.4	6,65	3	0,180	3,59
		5,11	1		0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50
0,35 x 0,6 m	7B.1	8,00	16	0,210	26,88
0,35 x 0,5 m	7B.2	6,00	8	0,175	8,40
		1,35	4	1,17	
		2,65	4	1,32	
		3,61	2	0,90	
		4,81	2	1,20	
0,25 m x 0,5 m	7B.3	2,40	5	0,125	1,50
		3,00	2	0,75	
		1,40	7	1,22	
		3,32	2	0,66	
		2,82	2	0,56	
		2,00	1	0,20	
		1,00	1	0,10	
0,2 m x 0,4 m	7B.4	2,35	2	0,100	0,37
0,2 m x 0,3 m	7B.5	4,10	1	0,06	0,24
Total Volume Balok					126,36
Total Berat Balok Lantai 7 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.38 Berat Sendiri Kolom Lantai 7**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,6 m x 0,6 m	8	4,0	0,36	11,52

	16	4,0	0,25	16
0,5 m x 0,5 m	14	4,0	0,09	5,04
	Total Volume Kolom			32,56
0,3 m x 0,3 m	Total Berat Kolom Lantai 7 (kN)			781,44
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.39 Beban Mati Tambahan Lantai 7**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	54,39	3,300	0,575
Balok Anak	23,17	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 7			1190,25

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.40 Berat Sendiri Pelat Lantai 7**

Tipe Pelat	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04
	2,29	5,60	12	0,100	15,39
	2,67	1,35	4	0,135	1,95
	1,43	7,67	1	0,135	1,48
	2,35	6,32	1	0,135	2,01
	2,05	2,00	3	0,135	1,66
	1,07	6,32	1	0,135	0,91
	2,07	4,48	1	0,135	1,25
	2,37	4,48	1	0,135	1,43
	1,07	4,48	1	0,135	0,65
	1,45	5,72	1	0,135	1,12
	1,10	1,10	4	0,135	0,65
	2,10	3,36	2	0,135	1,91
	2,07	1,87	1	0,135	0,52
	1,07	1,87	1	0,135	0,27
	Total Volume Pelat				
Total Berat Pelat Lantai 7					2045,56

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.41 Beban Hidup Lantai 7**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Ruang Kantor, R. Rapat, R. Arsip	671,24	2,40	1610,97
Total Beban Hidup Lantai			1610,97
Total Beban Hidup Lantai 7 Yang Tereduksi 20%			322,195

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 7 :

$$= 3032,83\text{kN} + 781,44\text{kN} + 1190,25\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 1610,97\text{kN}$$

$$= 8661,05 \text{ kN}$$

## 8. Berat Struktur Lantai 8

**Tabel 4.42 Berat Sendiri Lantai 8**

Balok Ukuran	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	8G.1	8,00	24	0,280	53,76
		7,80	4		8,74
		8,20	1		2,30
0,4 m x 0,7 m	8G.2	9,30	1	0,280	2,60
0,4 m x 0,5 m	8G.3	6,00	6	0,200	7,20
		6,65	3		3,59
0,3 m x 0,6 m	8G.4	5,11	1	0,180	0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50
0,35 x 0,6 m	8B.1	8,00	16	0,210	26,88
0,35 x 0,5 m	8B.2	6,00	8	0,175	8,40
		1,35	4		1,17
		2,65	4		1,32
0,25 m x 0,5 m	8B.3	3,61	2	0,125	0,90
		4,81	2		1,20
		2,40	5		1,50



		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,22
		3,32	2		0,66
0,25 m x 0,4 m	8B.4	2,82	2	0,100	0,56
		2,00	1		0,20
		1,00	1		0,10
0,2 m x 0,4 m	8B.5	2,35	2	0,08	0,37
0,2 m x 0,3 m	8B.6	4,10	1	0,06	0,24
Total Volume Balok					126,36
Total Berat Balok Lantai 8 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.43 Berat Sendiri Kolom Lantai 8**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,6 m x 0,6 m	8	4,0	0,36	11,52
0,5m x 0,5 m	16	4,0	0,25	16
	14	4,0	0,09	5,04
0,3 m x 0,3 m	Total Volume Kolom			32,56
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	Total Berat Kolom Lantai 8 (kN)			781,44

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.44 Beban Mati Tambahan Lantai 8**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	54,39	3,300	0,575
Balok Anak	23,17	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 8			1190,25

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.45 Berat Sendiri Pelat Lantai 8**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04	
	2,29	5,60	12	0,100	15,39	
	2,67	1,35	4	0,135	1,95	
	1,43	7,67	1	0,135	1,48	
	2,35	6,32	1	0,135	2,01	
	2,05	2,00	3	0,135	1,66	
	1,07	6,32	1	0,135	0,91	
	2,07	4,48	1	0,135	1,25	
	2,37	4,48	1	0,135	1,43	
	1,07	4,48	1	0,135	0,65	
	1,45	5,72	1	0,135	1,12	
	1,10	1,10	4	0,135	0,65	
	2,10	3,36	2	0,135	1,91	
	2,07	1,87	1	0,135	0,52	
	1,07	1,87	1	0,135	0,27	
	Total Volume Pelat					85,23
	Total Berat Pelat Lantai 8					2045,56

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.46 Beban Hidup Lantai 8**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Ruang Kantor, R. Rapat, R. Arsip	671,24	2,40	1610,97
Total Beban Hidup Lantai			1610,97
Total Beban Hidup Lantai 8 Yang Tereduksi 20%			322,195

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 8 :

$$= 3032,83\text{kN} + 781,44\text{kN} + 1190,25\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 1610,97\text{kN}$$

$$= 8661,05 \text{ kN}$$

## 9. Berat Struktur Lantai 9

**Tabel 4.47 Berat Sendiri Lantai 9**

Balok Ukuran	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	9G.1	8,00	24	0,280	53,76
		7,80	4		8,74
		8,20	1		2,30
0,4 m x 0,7 m	9G.2	9,30	1	0,280	2,60
0,4 m x 0,5 m	9G.3	6,00	6	0,200	7,20
0,3 m x 0,6 m	9G.4	6,65	3	0,180	3,59
		5,11	1		0,92
		6,93	1		1,25
		2,80	1		0,50
0,35 x 0,6 m	9B.1	8,00	16	0,210	26,88
0,35 x 0,5 m	9B.2	6,00	8	0,175	8,40
		1,35	4		1,17
		2,65	4		1,32
		3,61	2		0,90
0,25 m x 0,5 m	9B.3	4,81	2	0,125	1,20
		2,40	5		1,50
		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,22
		3,32	2		0,66
		2,82	2		0,56
0,25 m x 0,4 m	9B.4	2,00	1	0,100	0,20
		1,00	1		0,10
		2,35	2		0,37
0,2 m x 0,4 m	9B.5	2,35	2	0,08	0,37
0,2 m x 0,3 m	9B.6	4,10	1	0,06	0,24
Total Volume Balok					126,36
Total Berat Balok Lantai 9 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.48 Berat Sendiri Kolom Lantai 9**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
	8	4,0	0,25	8

0,5 m x 0,5 m	16	4,0	0,20	12,8
	14	4,0	0,09	5,04
0,45 m x 0,45	Total Volume Kolom			25,84
0,3 m x 0,3 m	Total Berat Kolom Lantai 9 (kN)			620,16
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.49 Beban Mati Tambahan Lantai 9**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)	
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85	
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450	
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49	
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07	
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding			
	Panjang	Tinggi		
Balok Induk	118.99	3.300	0,575	225,78
Balok Anak	30.77	3.500	0,575	61,92
Total Beban Mati Tambahan Lantai 9			1328,12	

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.50 Berat Sendiri Pelat Lantai 9**

Berat Jensi Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04
	2,29	5,60	12	0,100	15,39
	2,67	1,35	4	0,135	1,95
	1,43	7,67	1	0,135	1,48
	2,35	6,32	1	0,135	2,01
	2,05	2,00	3	0,135	1,66
	1,07	6,32	1	0,135	0,91
	2,07	4,48	1	0,135	1,25
	2,37	4,48	1	0,135	1,43
	1,07	4,48	1	0,135	0,65
	1,45	5,72	1	0,135	1,12
	1,10	1,10	4	0,135	0,65
	2,10	3,36	2	0,135	1,91
	2,07	1,87	1	0,135	0,52
	1,07	1,87	1	0,135	0,27
	Total Volume Pelat				

Total Berat Pelat Lantai 9	2045,56
----------------------------	---------

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.51 Beban Hidup Lantai 9**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Ruang Direktur, R. Rapat Direktur	671,24	2,40	1610,97
Total Beban Hidup Lantai			1610,97
Total Beban Hidup Lantai 9 Yang Tereduksi 20%			322,195

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 9 :

$$= 3032,83\text{kN} + 620,16\text{kN} + 1328,12\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 1610,97\text{kN}$$

$$= 8637,64 \text{ kN}$$

## 10. Berat Struktur Lantai 10

**Tabel 4.52 Berat Sendiri Lantai 10**

Balok Ukuran	Kode Balok	Panjang (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
		8,00	24		53,76
0,4 m x 0,7 m	10G.1	7,80	4	0,280	8,74
		8,20	1		2,30
		9,30	1		2,60
0,4 m x 0,5 m	10G.3	6,00	6	0,200	7,20
		6,65	3		3,59
		5,11	1		0,92
0,3 m x 0,6 m	10G.4	6,93	1	0,180	1,25
		2,80	1		0,50
		8,00	16		26,88
0,35 x 0,6 m	10B.1	8,00	16	0,210	26,88
		6,00	8		8,40
		1,35	4		1,17
0,25 m x 0,5 m	10B.3	2,65	4	0,125	1,32
		3,61	2		0,90
		4,81	2		1,20

		2,40	5		1,50
		3,00	2		0,75
		1,40	7		1,22
		3,32	2		0,66
0,25 m x 0,4 m	10B.4	2,82	2	0,100	0,56
		2,00	1		0,20
		1,00	1		0,10
		0,2 m x 0,4 m	10B.5		2,35
0,2 m x 0,3 m	10B.6	4,10	1	0,06	0,24
Total Volume Balok					126,36
Total Berat Balok Lantai 10 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.53 Berat Sendiri Kolom Lantai 10**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	
0,5 m x 0,5 m	8	4,0	0,25	8	
	16	4,0	0,20	12,8	
0,45 m x 0,45 m	14	4,0	0,09	5,04	
	Total Volume Kolom				25,84
0,3 m x 0,3 m	Total Berat Kolom Lantai 10 (kN)				620,16
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$					

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.54 Beban Mati Tambahan Lantai 10**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)	
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85	
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450	
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49	
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07	
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding			
	Panjang	Tinggi		
	Balok Induk	118.99	3.300	0,575
Balok Anak	30.77	3.500	0,575	61,92
Total Beban Mati Tambahan Lantai 10			1328,12	

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.55 Berat Sendiri Pelat Lantai 10**

Tipe Pelat	Panjang Bersih Pelat (m)	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04
	2,29	5,60	12	0,100	15,39
	2,67	1,35	4	0,135	1,95
	1,43	7,67	1	0,135	1,48
	2,35	6,32	1	0,135	2,01
	2,05	2,00	3	0,135	1,66
	1,07	6,32	1	0,135	0,91
	2,07	4,48	1	0,135	1,25
	2,37	4,48	1	0,135	1,43
	1,07	4,48	1	0,135	0,65
	1,45	5,72	1	0,135	1,12
	1,10	1,10	4	0,135	0,65
	2,10	3,36	2	0,135	1,91
	2,07	1,87	1	0,135	0,52
	1,07	1,87	1	0,135	0,27
	Total Volume Pelat				
Total Berat Pelat Lantai 10					2045,56

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.56 Beban Hidup Lantai 10**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Ruang Direktur, R. Rapat Direktur	671,24	2,40	1610,97
Total Beban Hidup Lantai			1610,97
Total Beban Hidup Lantai 10 Yang Tereduksi 20%			322,195

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 10 :

$$= 3032,83\text{kN} + 620,16\text{kN} + 1328,12\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 1610,97\text{kN}$$

$$= 8637,64 \text{ kN}$$

## 11. Berat Struktur Lantai 11

**Tabel 4.57 Berat Sendiri Lantai 11**

Balok Ukuran	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
		8,00	24	
0,4 m x 0,7 m	11G.1	7,80	4	0,280
		8,20	1	
0,4 m x 0,7 m	11G.2	9,30	1	0,280
0,4 m x 0,5 m	11G.3	6,00	6	0,200
		6,65	3	
0,3 m x 0,6 m	11G.4	5,11	1	0,180
		6,93	1	
		2,80	1	
0,35 x 0,6 m	11B.1	8,00	16	0,210
0,35 x 0,5 m	11B.2	6,00	8	0,175
		1,35	4	
		2,65	4	
0,25 m x 0,5 m	11B.3	3,61	2	0,125
		4,81	2	
		2,40	5	
		3,00	2	
		1,40	7	
		3,32	2	
0,25 m x 0,4 m	11B.4	2,82	2	0,100
		2,00	1	
		1,00	1	
0,2 m x 0,4 m	11B.5	2,35	2	0,08
0,2 m x 0,3 m	11B.6	4,10	1	0,06
Total Volume Balok				126,36
Total Berat Balok Lantai 11 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.58 Berat Sendiri Kolom Lantai 11**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
	24	4,0	0,20	19,2
0,45 m x 0,45 m	14	4,0	0,09	5,04



0,3 m x 0,3 m	Total Volume Kolom	24,24
	Total Berat Kolom Lantai 11 (kN)	581,76
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$		
Sumber : Olahan Data, 2022		

**Tabel 4.59 Beban Mati Tambahan Lantai 11**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	54,39	3,300	0,575
Balok Anak	23,17	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 11			1190,68

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.60 Berat Sendiri Pelat Lantai 11**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04
	2,29	5,60	12	0,100	15,39
	2,67	1,35	4	0,135	1,95
	1,43	7,67	1	0,135	1,48
	2,35	6,32	1	0,135	2,01
	2,05	2,00	3	0,135	1,66
	1,07	6,32	1	0,135	0,91
	2,07	4,48	1	0,135	1,25
	2,37	4,48	1	0,135	1,43
	1,07	4,48	1	0,135	0,65
	1,45	5,72	1	0,135	1,12
	1,10	1,10	4	0,135	0,65
	2,10	3,36	2	0,135	1,91
	2,07	1,87	1	0,135	0,52
	1,07	1,87	1	0,135	0,27
	Total Volume Pelat				
Total Berat Pelat Lantai 11					2045,56

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.61 Beban Hidup Lantai 11**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
R. Kantor, R. Rapat	554,18	2,40	1330,03
R. Data Center	147,55	4,79	706,76
Total Beban Hidup Lantai			2036,79
Total Beban Hidup Lantai 11 Yang Tereduksi 20%			407,35

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 11 :

$$= 3032,83\text{kN} + 581,76\text{kN} + 1190,68\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 2036,79\text{kN}$$

$$= 8887,62 \text{ kN}$$

## 12. Berat Struktur Lantai 12

**Tabel 4.62 Berat Sendiri Lantai 12**

Balok Ukuran	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,4 m x 0,7 m	12G.1	8,00	24	0,280
		7,80	4	
		8,20	1	
0,4 m x 0,7 m	12G.2	9,30	1	0,280
0,4 m x 0,5 m	12G.3	6,00	6	0,200
0,3 m x 0,6 m	12G.4	6,65	3	0,180
		5,11	1	
		6,93	1	
0,35 x 0,6 m	12B.1	2,80	1	0,210
		8,00	16	
0,35 x 0,5 m	12B.2	6,00	8	0,175
		1,35	4	
		2,65	4	
0,25 m x 0,5 m	12B.3	3,61	2	0,125
		4,81	2	
		2,40	5	
		3,00	2	
		1,40	7	

		3,32	2	
0,25 m x 0,4 m	12B.4	2,82	2	0,100
		2,00	1	
		1,00	1	
0,2 m x 0,4 m	12B.5	2,35	2	0,08
0,2 m x 0,3 m	12B.6	4,10	1	0,06
Total Volume Balok				126,36
Total Berat Balok Lantai 12 setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$				3032,83

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.63 Berat Sendiri Kolom Lantai 12**

Kolom Ukuran	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0,45 m x 0,45 m	14	4,0	0,20	11,2
	14	4,0	0,09	5,04
0,3 m x 0,3 m	Total Volume Kolom			16,24
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	Total Berat Kolom Lantai 12 (kN)			389,76

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.64 Beban Mati Tambahan Lantai 12**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm	671,24	0,77	516,85
Rangka Partisi Gypsum		0,450	0,450
Plafond + Penggantung	671,24	0,400	268,49
ME (Plumbing)	671,24	0,380	255,07
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	54,39	3,300	0,575
Balok Anak	23,17	3,500	0,575
Total Beban Mati Tambahan Lantai 12			1190,68

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.65 Berat Sendiri Pelat Lantai 12**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Lebar Bersih Pelat (m)	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
$\gamma = 24$ kN/m <sup>3</sup>	2,29	7,60	23	0,135	54,04	
	2,29	5,60	12	0,100	15,39	
	2,67	1,35	4	0,135	1,95	
	1,43	7,67	1	0,135	1,48	
	2,35	6,32	1	0,135	2,01	
	2,05	2,00	3	0,135	1,66	
	1,07	6,32	1	0,135	0,91	
	2,07	4,48	1	0,135	1,25	
	2,37	4,48	1	0,135	1,43	
	1,07	4,48	1	0,135	0,65	
	1,45	5,72	1	0,135	1,12	
	1,10	1,10	4	0,135	0,65	
	2,10	3,36	2	0,135	1,91	
	2,07	1,87	1	0,135	0,52	
	1,07	1,87	1	0,135	0,27	
	Total Volume Pelat					85,23
	Total Berat Pelat Lantai 12					2045,56

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.66 Beban Hidup Lantai 12**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Roof Cafe	554,18	2,40	1330,03
Utilitas Dan Gondola	554,18	4,79	2654,52
Total Beban Hidup Lantai			3984,55
Total Beban Hidup Lantai 12 Yang Tereduksi 20%			796,91

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 12 :

$$= 3032,83\text{kN} + 389,76\text{kN} + 1190,68\text{kN} + 2045,56\text{kN} + 3984,55\text{kN}$$

$$= 10643,38 \text{ kN}$$

### 13. Berat Struktur Lantai Atap

**Tabel 4.67 Berat Sendiri Lantai Atap**

Balok Ukuran	Kode Balok	Panjang Bersih (m)	Jumlah	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
		8,00	8		8,00
0,4 m x 0,7 m	13G.1	7,80	4	0,280	7,80
		8,20	1		8,20
		9,30	1		9,30
0,4 m x 0,7 m	13G.2	9,30	1	0,280	9,30
0,4 m x 0,5 m	13G.3	6,00	6	0,200	6,00
0,3 m x 0,6 m	13G.4	6,65	3	0,180	6,65
		5,11	1		5,11
		6,93	1		6,93
		2,80	1		2,80
0,35 x 0,6 m	13B.1	8,00	4	0,210	8,00
0,35 x 0,5 m	13B.2	6,00	4	0,175	6,00
		1,35	4		1,35
		2,65	4		2,65
		3,61	2		3,61
0,25 m x 0,5 m	13B.3	4,81	2	0,125	4,81
		2,40	5		2,40
		3,00	1		3,00
		1,40	7		1,40
		2,82	2		2,82
0,25 m x 0,4 m	13B.4	2,00	1	0,100	2,00
		1,00	1		1,00
		2,35	2		2,35
0,2 m x 0,4 m	13B.5	2,35	2	0,08	2,35
0,2 m x 0,3 m	13B.6	4,10	1	0,06	4,10
Total Volume Balok					106,28
Total Berat Balok Lantai Atap setelah dikali $\gamma = 24 \text{ kN/m}$					2550,72

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.68 Beban Mati Tambahan Lantai Atap**

	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Keramik(19mm) + Mortar bed 13mm			
Rangka Partisi Gypsum			

Plafond + Penggantung	181,368	0,400	72,54
ME (Plumbing)	181,368	0,380	68,91
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk			
Balok Anak			
Total Beban Mati Tambahan Lantai Atap			141,46

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.69 Berat Sendiri Pelat Lantai Atap**

Berat Jenis Beton	Panjang Bersih Pelat (m)	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Jumlah	Tebal (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
$\gamma = 24$	2,29	7,60	6	0,135	14,10
kN/m <sup>3</sup>	2,29	5,60	6	0,135	10,38
Total Volume Pelat					24,48
Total Berat Pelat Lantai Atap					587,63

Sumber : Olahan Data, 2022

**Tabel 4.70 Beban Hidup Lantai Atap**

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m <sup>2</sup> )	Berat Sendiri (kN/m <sup>2</sup> )	Total (kN)
Gondola	181,368	4,79	868,75
Total Beban Hidup Lantai			868,75
Total Beban Hidup Lantai Atap Yang Tereduksi 20%			173,75

Sumber : Olahan Data, 2022

Berat total struktur lantai 12 :

$$= 2550,72\text{kN} + 141,46\text{kN} + 587,63\text{kN} + 868,75\text{kN}$$

$$= 4148,56 \text{ kN}$$

	Total Beban Mati	Total Beban Hidup	Total Beban Mati Tambahan
Lantai 1	: 9252,937	4766,289	1804,824
Lantai 2	: 9437,17	5167,33	1808,27
Lantai 3	: 5299,35	1720,86	1089,90
Lantai 4	: 6920,01	3746,64	1362,20

Lantai 5	: 6172,98	2570,84	1190,25
Lantai 6	: 5859,83	1610,97	1190,25
Lantai 7	: 5859,83	1610,97	1190,25
Lantai 8	: 5859,83	1610,97	1190,25
Lantai 9	: 5698,55	1610,97	1328,12
Lantai 10	: 5698,55	1610,97	1328,12
Lantai 11	: 5660,15	2036,79	1190,68
Lantai 12	: 5468,15	3984,55	1190,68
Atap	: 3138,35	868,75	141,46

Total berat Beban Mati : 80325,69 kN

Total berat Beban Hidup : 32916,89 kN

Total berat Beban Mati Tambahan : 16004,45 kN

Berat total struktur (Wt) :

Lantai Atap = 4148,56 kN

Lantai 12 = 10643,38 kN

Lantai 11 = 8887,62 kN

Lantai 10 = 8637,64 kN

Lantai 9 = 8637,64 kN

Lantai 8 = 8661,05 kN

Lantai 7 = 8661,05 kN

Lantai 6 = 8661,05 kN

Lantai 5 = 9934,07 kN

Lantai 4 = 12028,85 kN

Lantai 3	= 8110,11 kN		
Lantai 2	= 16412,77 kN		
Lantai 1	= 15823,25 kN	Total	= 129247,040 kN

#### 4.3.3.2 Distribusi Beban Gempa Lateral Ekuivalen

Berdasarkan Kategori Desain Seismik (KDS) bangunan adalah D, sistem struktur yang diizinkan SNI 1726:2019 Tabel 12 yaitu Sistem penahan gaya seismik Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, dengan factor modifikasi respon

$$R = 8$$

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{R} = \frac{0,49}{8} = 0,061$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu melebihi dari nilai berikut ini :

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,53}{1,6745 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,039$$

Nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \cdot S_{Ds} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,49 \cdot 1 \geq 0,01 \\ &= 0,021 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Maka  $C_s$  terpakai yaitu 0,039

Gaya Geser Dasar Seismik

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W_t \\ &= 0,039 \cdot 129247,040 \\ &= 5040,63 \text{ kN} \end{aligned}$$



Beban Gempa

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k}$$

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

Menurut Subpasal 7.8.3 SNI 1726:2019 nilai eksponen “k” dapat ditentukan

dengan berikut :

- Untuk struktur dengan  $T \leq 0,5$  detik,,  $k = 1$
- Untuk struktur dengan  $T \geq 2,5$  detik,  $k = 2$
- Untuk struktur dengan  $0,5 < T < 2,5$  detik,  $k = 2$  atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

$$T = 1,6745$$

$$k = 0,5 \cdot T + 0,75 = 0,5 \cdot 1,6745 + 0,75 = 1,587$$

**Tabel 4.71 Distribusi Beban Gempa**

Lantai	Berat Efektif $W_i$ (kN)	Tinggi $h$ (m)	$k$	$W_i \times h_i$ (kN.m)	$V$ (kN)	$F$ (kN)
Atap	4148,56	53,500		2295064,14		437,20
12	10643,38	49,500		5204967,46		991,50
11	8887,62	45,500		3802327,88		724,30
10	8637,64	41,500		3193283,15		608,30
9	8637,64	37,500		2718834,20		517,90
8	8661,05	33,500		2279379,60		434,20
7	8661,05	29,500	1,587	1862850,90	5040,63	354,84
6	8661,05	25,500		1478256,60		281,60
5	9934,07	21,500		1293323,20		246,40
4	12028,85	17,500		1129602,10		215,20
3	8110,11	13,500		504506,11		96,10
2	16412,77	9,500		584560,20		111,34

1	15823,25	3,500	115539,81	22,00
Total	129247.040		26462495,35	

Sumber : Data Olahan, 2022

Gempa arah x :

$$\text{Fx Lantai 13} = \frac{437,20}{6} = 72,866 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 12} = \frac{991,50}{6} = 165,250 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 11} = \frac{724,30}{6} = 120,716 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 10} = \frac{608,30}{6} = 101,383 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 9} = \frac{517,90}{6} = 86,316 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 8} = \frac{434,20}{6} = 72,366 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 7} = \frac{354,84}{6} = 59,140 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 6} = \frac{281,60}{6} = 46,933 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 5} = \frac{246,40}{6} = 41,066 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 4} = \frac{215,20}{6} = 35,866 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 3} = \frac{96,10}{6} = 16,016 \text{ kN}$$

$$\text{Fx Lantai 2} = \frac{111,34}{6} = 18,556 \text{ kN}$$

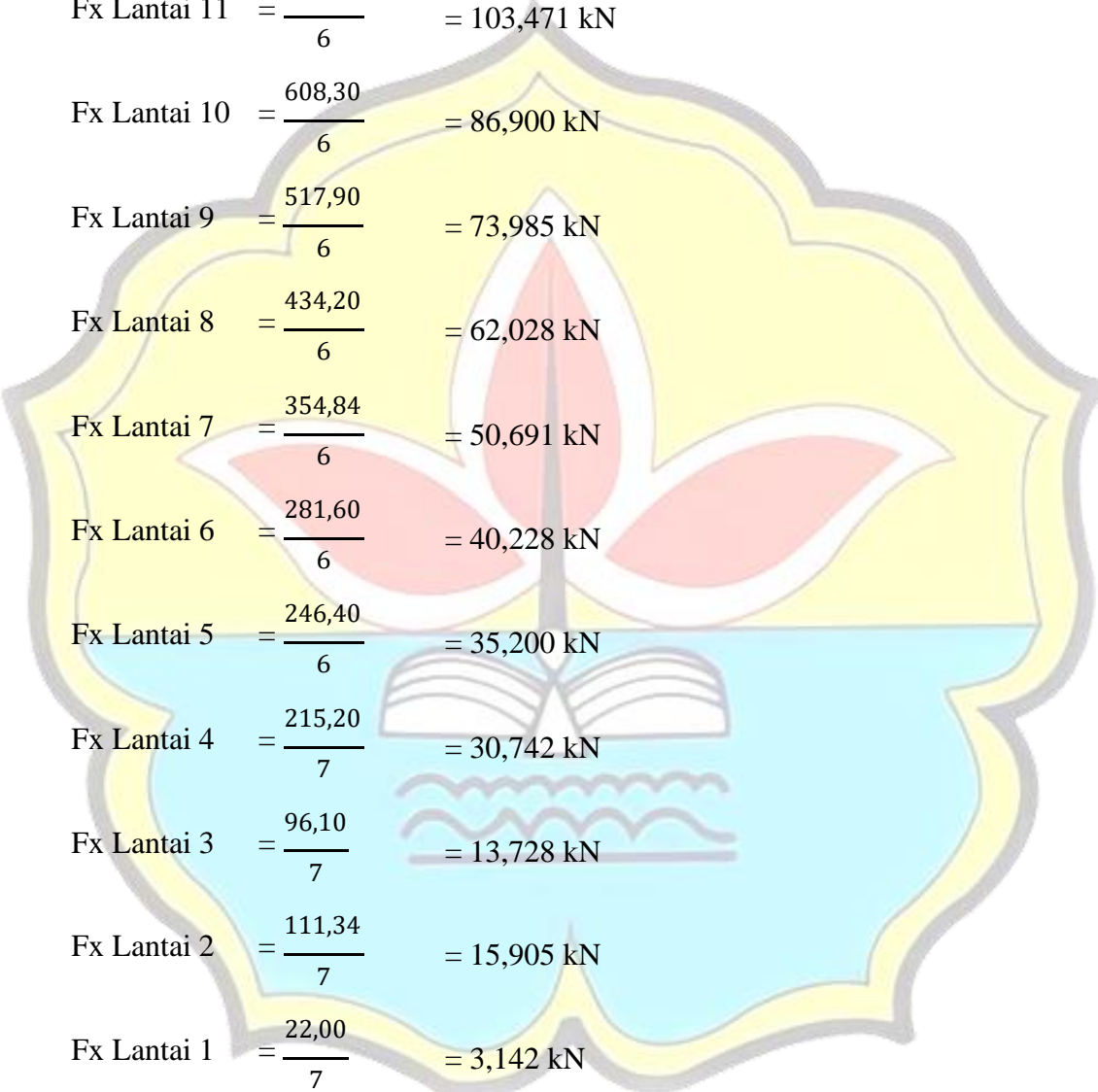
$$\text{Fx Lantai 1} = \frac{22,00}{6} = 3,666 \text{ kN}$$

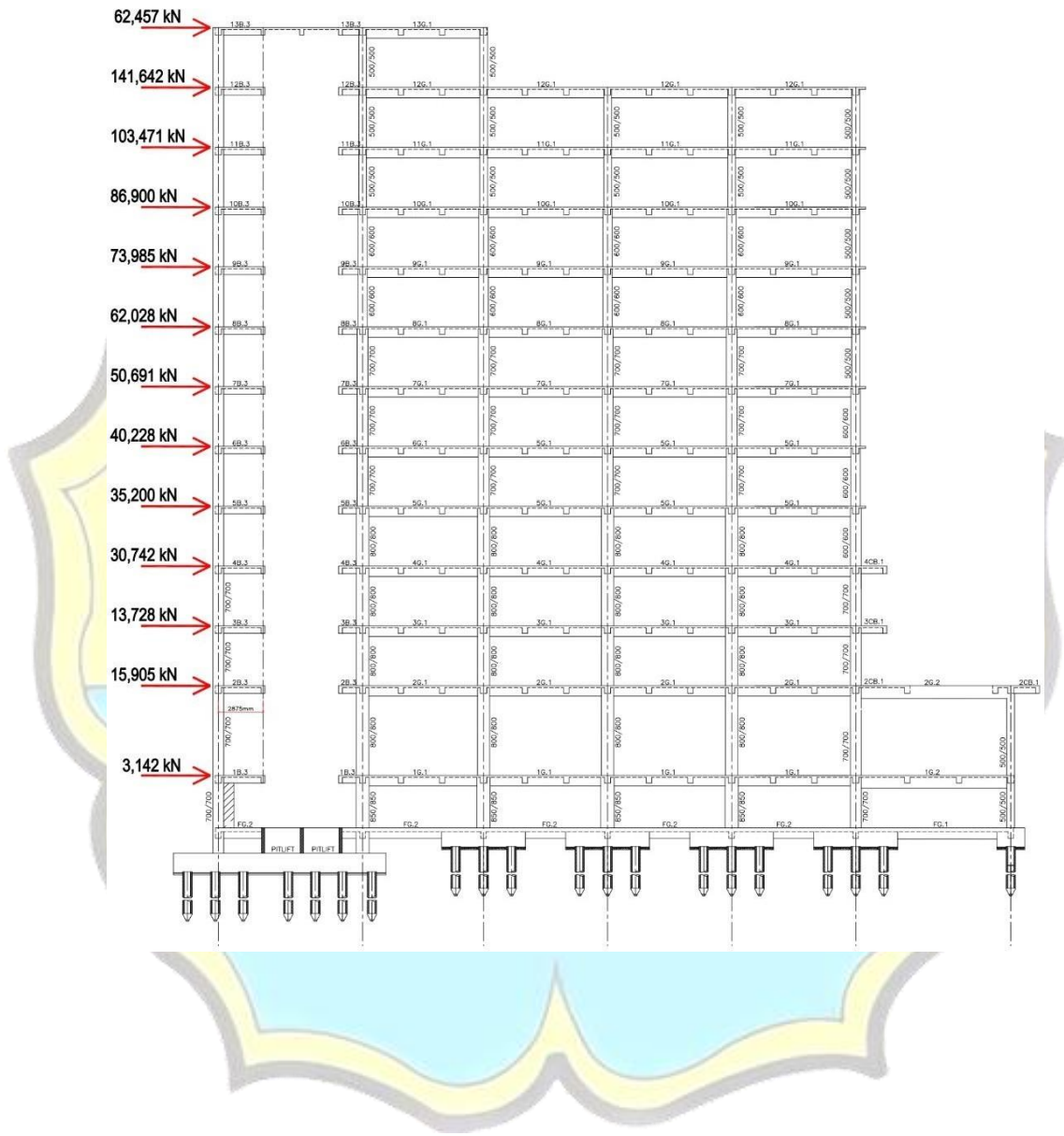


**Gambar 4.29 Distribusi Beban Gempa Arah X**

Sumber : Data Olahan, 2022

Gempa arah Y :

$$\begin{aligned}
 \text{Fx Lantai 13} &= \frac{437,20}{6} &= 62,457 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 12} &= \frac{991,50}{6} &= 141,642 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 11} &= \frac{724,30}{6} &= 103,471 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 10} &= \frac{608,30}{6} &= 86,900 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 9} &= \frac{517,90}{6} &= 73,985 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 8} &= \frac{434,20}{6} &= 62,028 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 7} &= \frac{354,84}{6} &= 50,691 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 6} &= \frac{281,60}{6} &= 40,228 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 5} &= \frac{246,40}{6} &= 35,200 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 4} &= \frac{215,20}{7} &= 30,742 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 3} &= \frac{96,10}{7} &= 13,728 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 2} &= \frac{111,34}{7} &= 15,905 \text{ kN} \\
 \text{Fx Lantai 1} &= \frac{22,00}{7} &= 3,142 \text{ kN}
 \end{aligned}$$




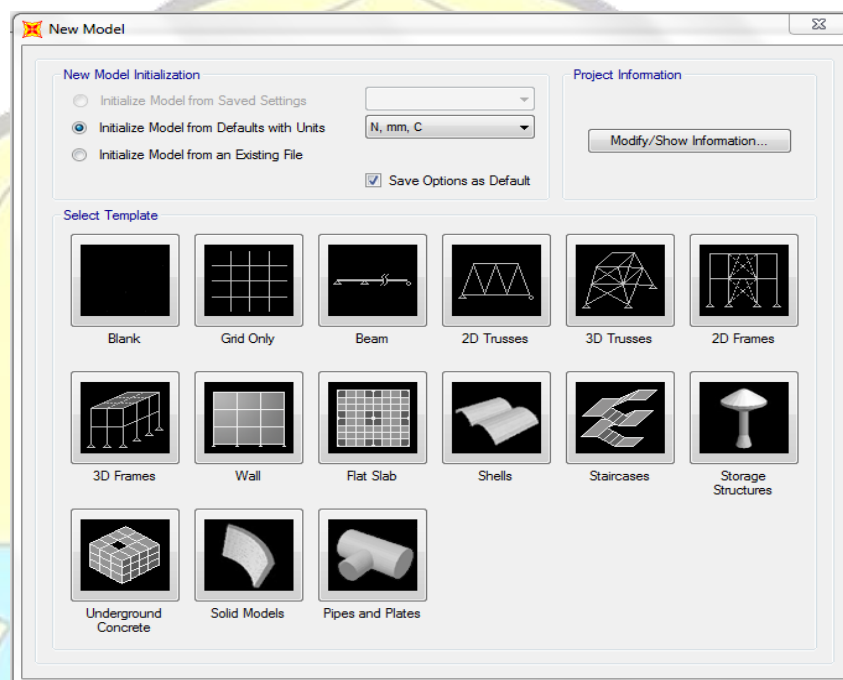
**Gambar 4.30 Distribusi Beban Gempa Arah Y**

Sumber : Data Olahan, 2021

#### 4.4 Pemodelan Struktur

Struktur dimodelkan dalam skala 3 dimensi yang terdiri dari elemen struktur yang berupa balok dan kolom. Untuk membuat pemodelan struktur digunakan perangkat lunak SAP2000, adapun langkah – langkahnya yaitu :

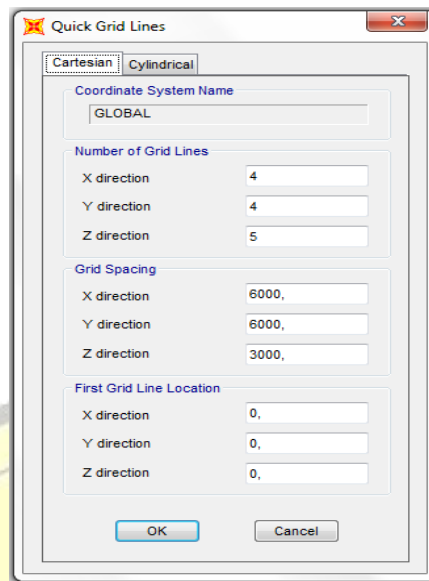
- Buka program SAP2000, Kemudian Klik menu *File > New Model*, maka tampil layar kerja sebagai berikut:



**Gambar 4.31 Template SAP2000**

Sumber : Data Olahan, 2022

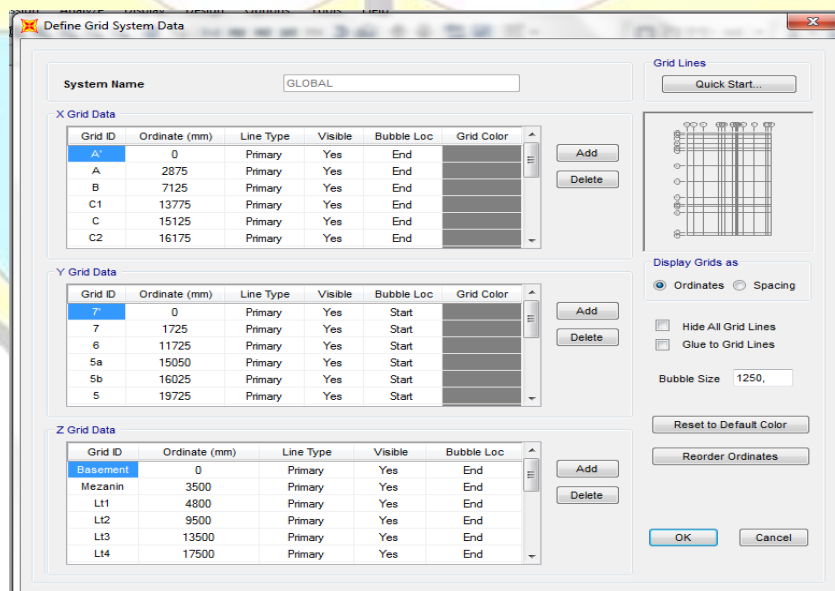
- Ubah Satuan yang digunakan (kN, m, C) > Pilih *Grid Only*.
- Isikan sesuai dengan denah rencana seperti *Number of Grid Lines, Grid Spacing*.



**Gambar 4.32 Input Data Grid Bangunan**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Karna ketinggian dan lebar pada bangunan berbeda, maka perlu penyesuaian ketinggian dan lebar pada bangunan, selanjutnya Klik *Edit Grid* Lalu Klik Ok.



**Gambar 4.33 Edit Data Dimensi Bangunan**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Untuk menentukan jenis material yang digunakan Klik *Define > Materials > Add New Materials > Isi tab Material name and Display Color dengan kata Beton > Klik tab Material Type dengan Concrete, Lalu Spesifikasi Materials sesuai yang digunakan.*

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: BETON

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2,358E-05

Mass per Unit Volume: 2,403E-09

Units: N, mm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 25742,96

Poisson, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 10726,233

**Other Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 30,

Expected Concrete Compressive Strength: 30,

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

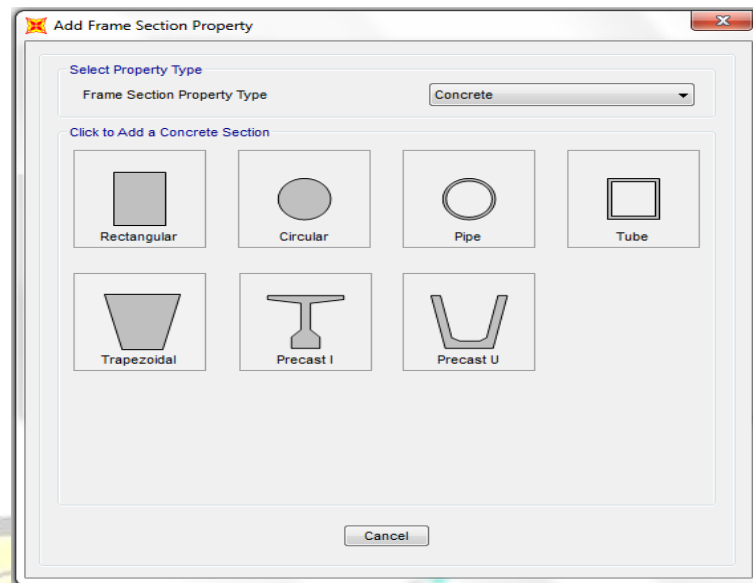
OK Cancel

**Gambar 4.34 Input Material Property Data**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Untuk input data kolom Klik *Define > Section Properties > Frame Section > Add New Property > Concrete > Klik Rectangular > Ok.*

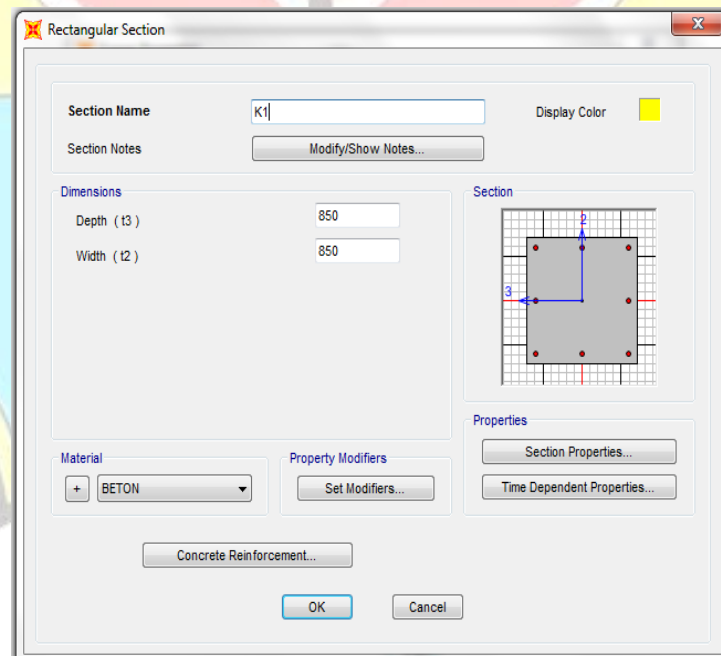




**Gambar 4.35 Input Material Property Data Kolom**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Selanjutnya isi tab *Section Name* dengan K1 > Ubah Material dengan Beton, isi tab *Dimensions*.



**Gambar 4.36 Input Dimensi Kolom**

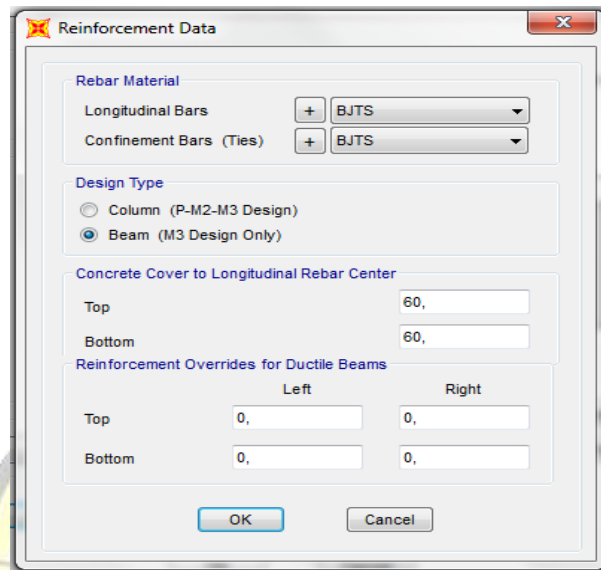
Sumber : Data Olahan, 2022

- Klik *Concrete Reinforcement* > Klik *Column (P-M2-M3 Design)* pada *Design Type* > Ok

**Gambar 4.37 Reinforcement Kolom**

Sumber : Data Olahan, 2022

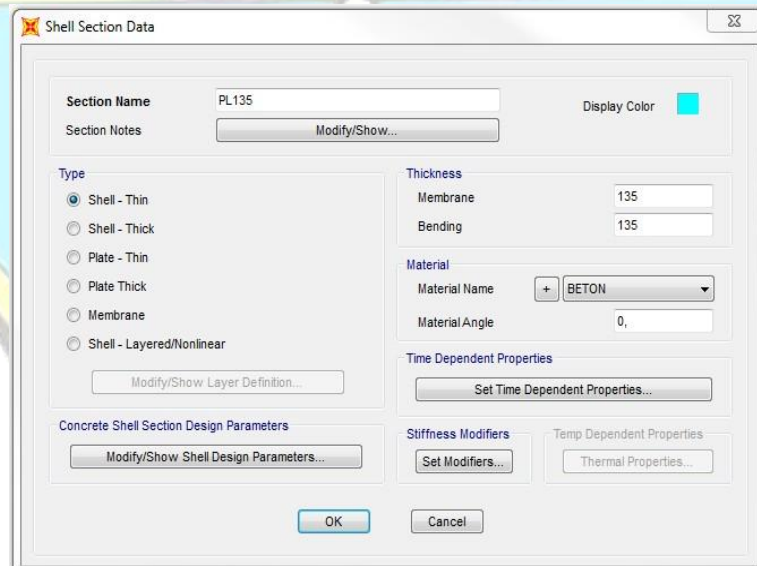
- Untuk input data Balok sama seperti langkah – langkah input data kolom, hanya berbeda pada *Concrete Reinforcement* > Klik *Beam (M3 Design Only)* pada *Design Type* > Ok.



**Gambar 4.38 Reinforcement Balok**

Sumber : Data Olahan, 2022

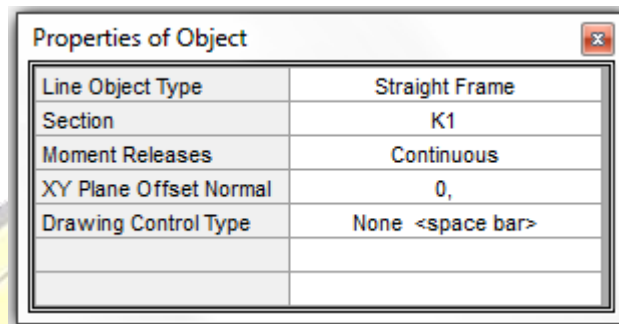
- Untuk membuat pelat klik *Define > Section Properties > Area Section > Klik Select Section Type to Add* pilih *Shell > Klik add new Section > Klik Shell-Thin* dibawah *Type > isi tab Material Name* dengan beton.



**Gambar 4.39 Input Dimensi Pelat**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Untuk menggambar kolom dengan cara klik *View > Set 2D View > X-Z Plane Y = 0* Klik *Draw > Draw Frame/Cable/Tendon >* pada *Pop Up* klik *Section K1*.

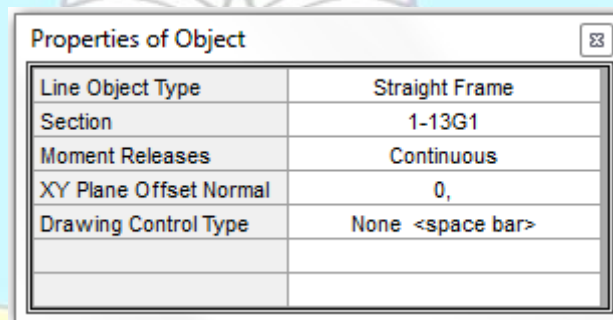


Properties of Object	
Line Object Type	Straight Frame
Section	K1
Moment Releases	Continuous
XY Plane Offset Normal	0,
Drawing Control Type	None <space bar>

**Gambar 4.40 Pilihan Section Property Kolom**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Lakukan langkah diatas keseluruhan lantai tempat rencana kolom.
  - Untuk menggambar balok dengan cara klik *View > Set 2D View > X-Y Plane Z = 0* Klik *Draw > Draw Frame/Cable/Tendon >* pada *Pop Up* klik *Section 13G1*.

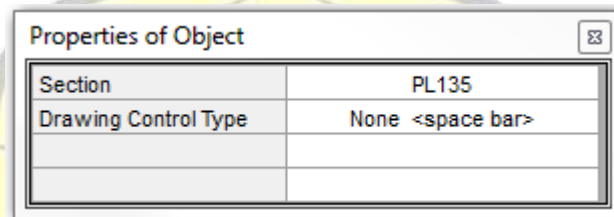


Properties of Object	
Line Object Type	Straight Frame
Section	1-13G1
Moment Releases	Continuous
XY Plane Offset Normal	0,
Drawing Control Type	None <space bar>

**Gambar 4.41 Pilihan Section Property Balok**

Sumber : Data Olahan, 2022

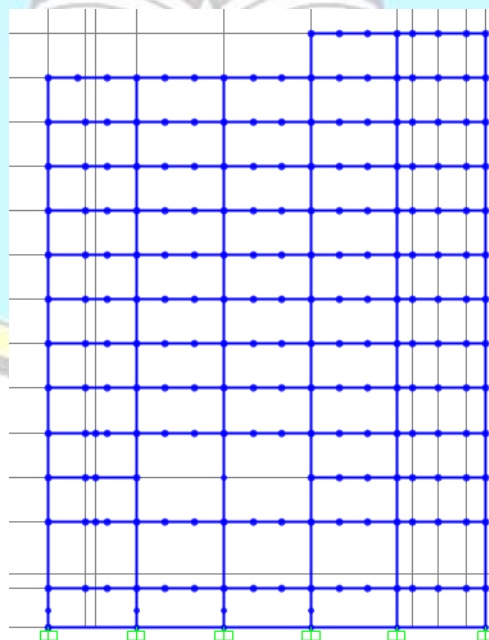
- Lakukan langkah diatas pada seluruh balok di setiap balok
- Untuk menggambar pelat lantai dengan cara Klik *set XY View* > Klik *Draw* > *Draw Rectangular Area* > Pada *Pop Up* yang muncul pilih nama PL 135 pada *Section*.



**Gambar 4.42 Pilihan Section Property Pelat**

Sumber : Data Olahan, 2022

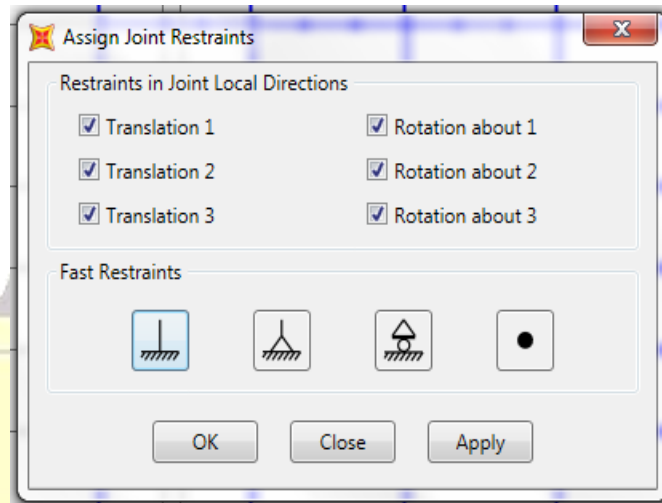
- Karena pada tumpuan kita menggunakan tumpuan jepit, maka perlu dilakukan penyesuaian tumpuan dengan cara pada lantai Base, Klik semua titik-titik yang berada dibawah kolom



**Gambar 4.43 Menentukan Lokasi Perletakan**

Sumber : Data Olahan, 2022

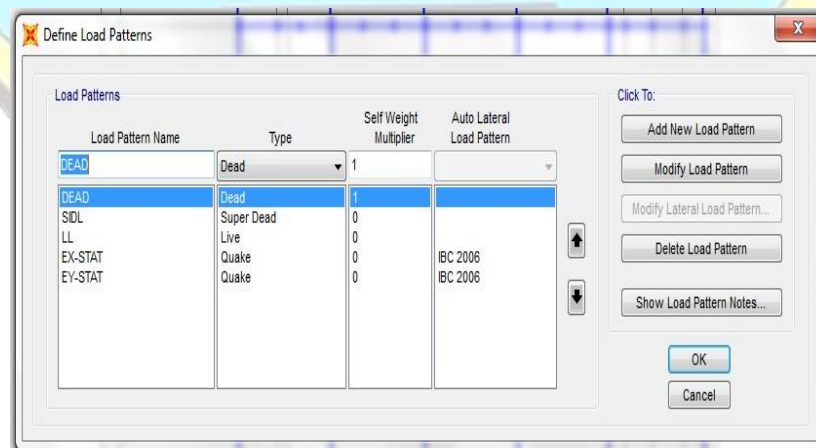
- Selanjutnya Klik *Assign > Joint > Restraints > Pilih tumpuan > Ok*



**Gambar 4.44 Menentukan Jenis Perletakan**

Sumber : Data Olahan, 2022

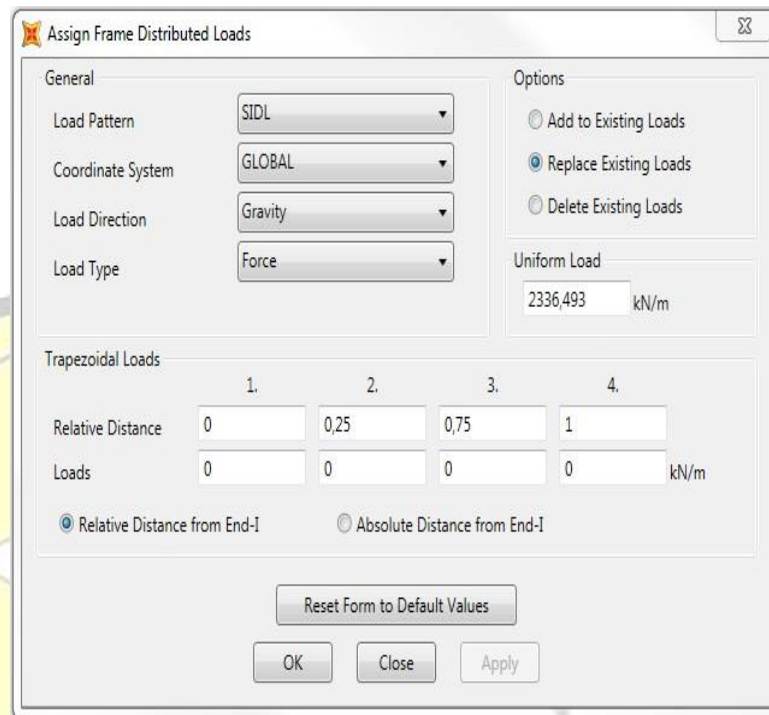
- Untuk membuat tipe beban klik *Define > Load Patterns > pada Load Pattern > pada Load Patterns Name* beri nama sesuai yang diinginkan > pada tab *Self weight multiplier* dengan angka 0 > klik *Add New Load Pattern > Ok*



**Gambar 4.45 Menentukan Tipe beban**

Sumber : Data Olahan, 2022

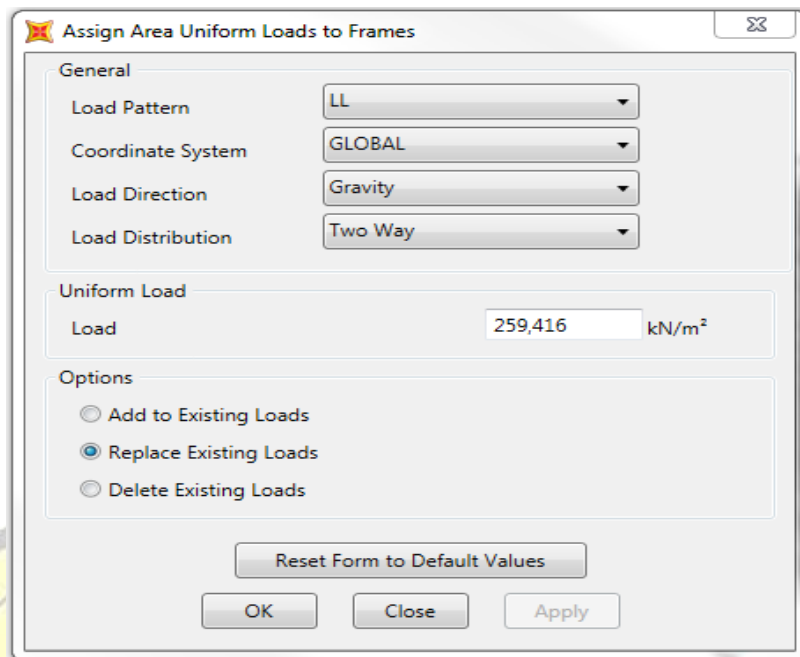
- Untuk beban pada balok Klik *Assign* > *Frame Loads* > *Distributed* > Klik *SIDL* pada tab *Load Pattern Name* > Klik kN, m, C pada tab *Units* untuk satuannya dan *Uniform Load* isikan beban > ok



**Gambar 4.46 Memodelkan beban**

Sumber : Data Olahan, 2022

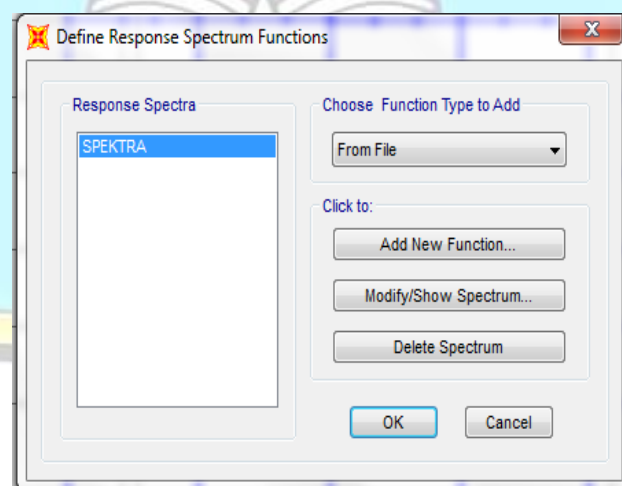
- Untuk beban pada pelat Klik *Assign* > *Area Loads* > *Uniform to Frame (Shell)* > Klik kN, m, C pada tab *Units* untuk satuannya dan *Uniform Load* isikan beban > Klik *Two-Away* pada tab *Distribution* > Ok



**Gambar 4.47 Menentukan Jenis Beban dan Besaran Pada Pelat**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Untuk grafik beban Gempa klik *Define > Functions > Respons Spectrum > Choose Function Type to Add Klik From File >* pada tab Click to klik *Add New Function.*

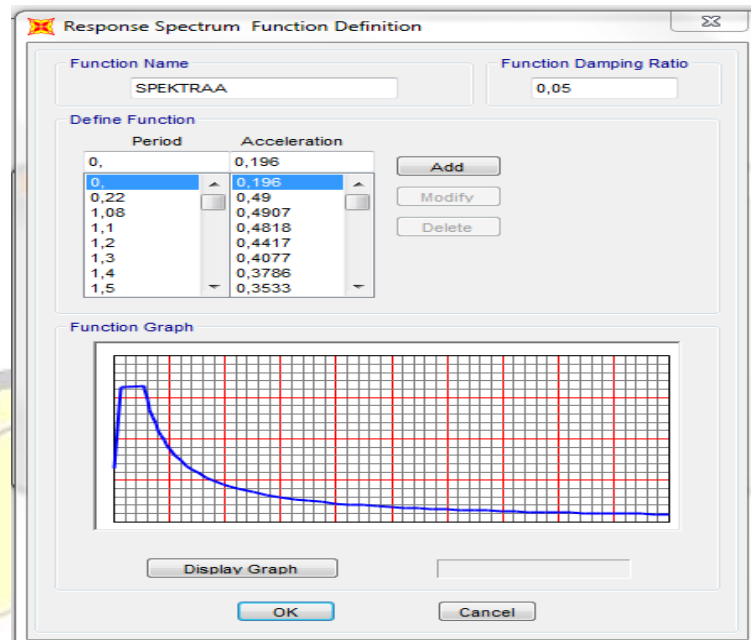


**Gambar 4.48 Pengaturan fungsi Spektrum Desain**

Sumber : Data Olahan, 2022



- Ubah nama menjadi SPEKTRA pada tab *function name* > klik *browser* > klik *Display Graph* > *Convert to user Defined* > *Ok*.



**Gambar 4.49 Input Kurva Spektrum Respons Desain**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Klik *Define* > *Load Patterns* > pada bagian baris EX-STAT klik pada kolom *Auto Lateral Load Pattern* klik IBC 2006 > *Klik Modify Lateral Load Pattern*.

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
EX-STAT	Quake	0	IBC 2006
DEAD	Dead	1	
SIDL	Super Dead	0	
LL	Live	0	
EX-STAT	Quake	0	IBC 2006
EY-STAT	Quake	0	IBC 2006

**Gambar 4.50 Tipe Beban Gempa Statis**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Isikan *Overstrength Fraction R* dengan angka 8 > Isikan *Importance Factor I* > Ok

IBC 2006 Seismic Load Pattern

**Load Direction and Diaphragm Eccentricity**

Global X Direction  
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

**Time Period**

Approx. Period Ct (ft), x =

Program Calc Ct (ft), x =

User Defined T =

**Lateral Load Elevation Range**

Program Calculated  
 User Specified

Max Z

Min Z

**Factors**

Response Modification, R   
System Overstrength, Omega   
Deflection Amplification, Cd   
Occupancy Importance, I

**Seismic Coefficients**

Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.  
 Ss and S1 from USGS - by Zip Code  
 Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees)   
Site Longitude (degrees)   
Site Zip Code (5-Digits)

0.2 Sec Spectral Accel, Ss   
1 Sec Spectral Accel, S1   
Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa   
Site Coefficient, Fv

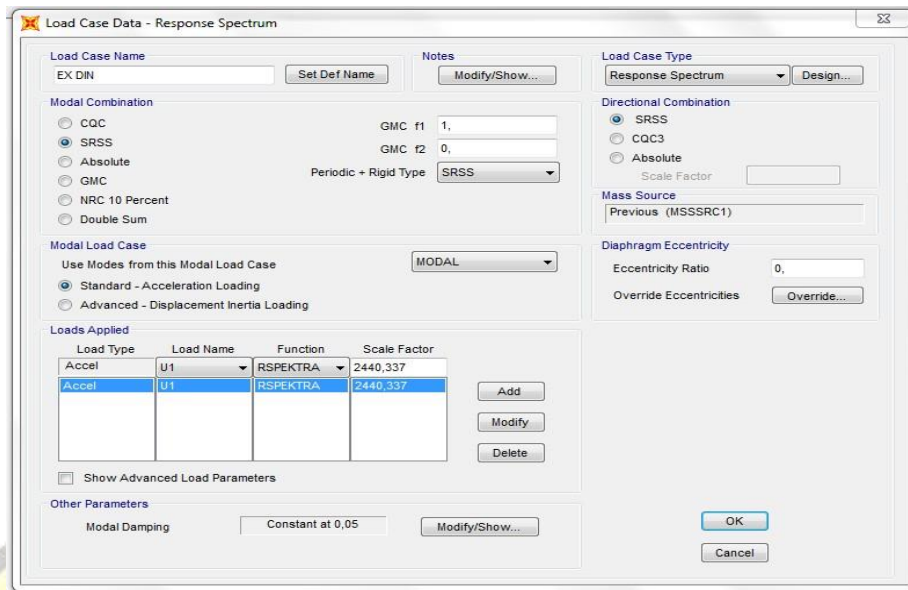
**Calculated Coefficients**

SDS = (2/3) \* Fa \* Ss   
SD1 = (2/3) \* Fv \* S1

**Gambar 4.51 Modify Seismic Load Pattern**

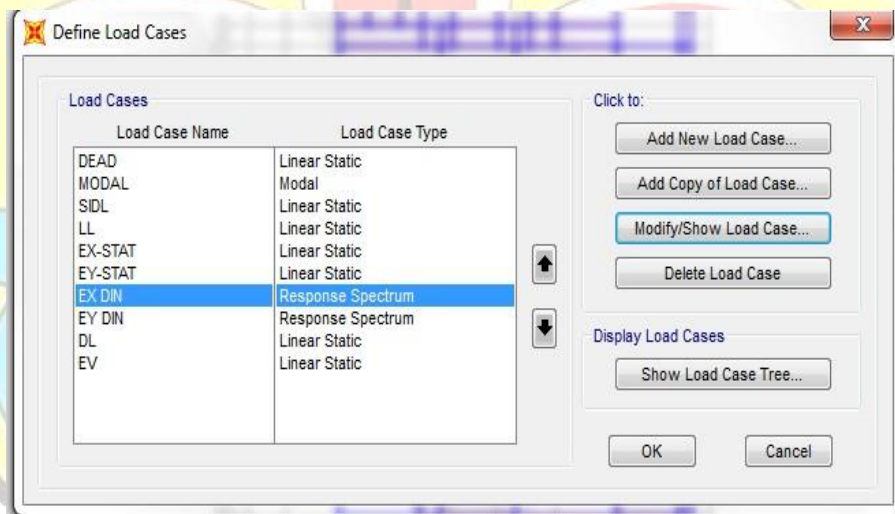
Sumber : Data Olahan, 2022

- Untuk Input tipe beban dinamis klik *Define* > *Load Cases* > *Add New Load Cases Name EX DIN* adalah penaman tipe beban dinamis arah-X > Pada *Load Case Type* klik *Response Spectrum* > Pada *Modal Combination* sementara klik *CQC* > Pada bagian *Load Applied* > *Function* ada *SPEKTRA* > *Scale Factor* didapat dai  $g/R=9,81/8 = 1,2263$  > Ok
- Ulangi pembuatan tipe beban dinamis arah-Y, dengan cara yang sama. Namun, Pada isian *Loads Applied*, ganti U1 dengan U2>Ok.



**Gambar 4.52 Beban Respons Spektrum**

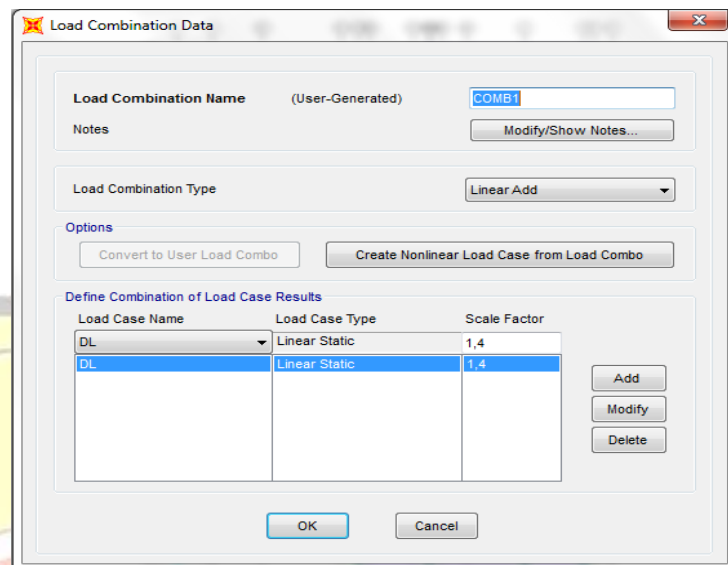
Sumber : Data Olahan, 2022



**Gambar 4.53 Tipe Beban Dinamis**

Sumber : Data Olahan, 2022

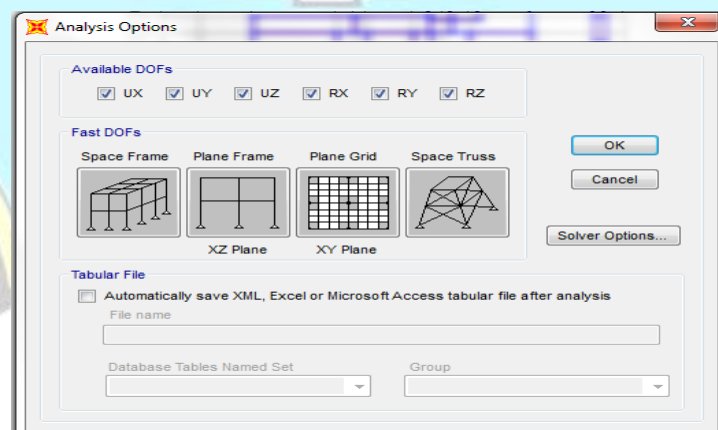
- Klik Ok dan Selesai Langkah penambahan tipe beban dinamis.
- Untuk kombinasi pembebanan klik *Define > Load Combinations > Add New Combo*> Isi sesuai yang diinginkan.



**Gambar 4.54 Kombinasi Pembebanan**

Sumber : Data Olahan, 2022

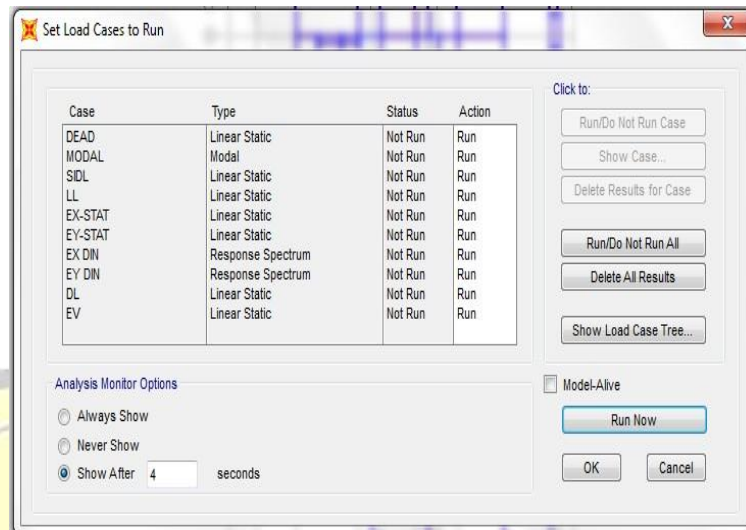
- Untuk *Analysis* klik *Analyze > set Analysis Options*> Klik gambar *Space Frame* > Ok.



**Gambar 4.55 Pilihan Program Analisis**

Sumber : Data Olahan, 2022

- Klik *Analyze* > *Run Analysis* > Klik *Always Show* pada tab *Analysis Monitor Options* > Klik *Run Now*.



**Gambar 4.56 Pilihan Menjalankan Program**

Sumber : Data Olahan, 2022

## 4.5 Kontrol dan Analisis Struktur

Setelah permodelan struktur dan pembebanan selesai digunakan, maka struktur perlu dicek terhadap standar dan persyaratan yang berlaku sebagai berikut.

### 4.5.1 Pemeriksaan Berat Struktur

**Tabel 4.71 Perhitungan Berat Struktur Output SAP2000**

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
DEAD	LinStatic	-105,286	-20,975	79193,986	2998368,434	-1772876,25	2512,2531
SIDL	LinStatic	-77,766	-7,939	19563,302	746266,5097	-413337	2207,9459
LL	LinStatic	-185,435	-30,724	30054,293	878428,6037	-556020,47	4861,6869
DL	LinStatic	-183,052	-28,914	109248,279	3744634,94	-2186213,25	4720,199

Berdasarkan perhitungan tabel diatas terlihat nilai Fz akibat beban DEAD adalah 79193,986 kN, beban LL adalah 30054,293 kN dan beban SIDL adalah 19563,302 kN. Perhitungan manual beban mati adalah 80325,69 kN, beban hidup 32916,89 kN dan beban mati tambahan 16004,45 kN. Total Berat Bangunan hasil perhitungan SAP2000, 128811,60 kN sedangkan hitungan manual, 129247,03 kN. Terdapat perbedaan 0,34 %, karena pada hitungan manual panjang dan lebar komponen struktur diukur dari As joint ke joint, sedangkan SAP memperhitungkan offset antara joint.

### 4.5.2 Pemeriksaan Partisipasi Massa Rasio

SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 Analisis harus dilakuakn dengan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur.

Tabel 4.72 Perhitungan Partisipasi massa rasio

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	2,274	0,782	0,000	0,000	0,782	0,000
MODAL	Mode	2	2,109	0,000	0,798	0,000	0,782	0,798
MODAL	Mode	3	1,898	0,009	0,000	0,000	0,791	0,799
MODAL	Mode	4	0,816	0,121	0,000	0,000	0,912	0,799
MODAL	Mode	5	0,765	0,000	0,121	0,000	0,912	0,919
MODAL	Mode	6	0,697	0,004	0,000	0,000	0,916	0,920
MODAL	Mode	7	0,465	0,033	0,000	0,000	0,949	0,920
MODAL	Mode	8	0,445	0,000	0,032	0,000	0,949	0,952
MODAL	Mode	9	0,411	0,001	0,000	0,000	0,949	0,952
MODAL	Mode	10	0,320	0,020	0,000	0,000	0,969	0,952
MODAL	Mode	11	0,310	0,000	0,017	0,001	0,969	0,969
MODAL	Mode	12	0,292	0,000	0,000	0,000	0,969	0,969
MODAL	Mode	13	0,292	0,000	0,000	0,001	0,969	0,969
MODAL	Mode	14	0,288	0,000	0,000	0,000	0,969	0,969
MODAL	Mode	15	0,254	0,008	0,000	0,000	0,977	0,969
MODAL	Mode	16	0,249	0,000	0,004	0,004	0,977	0,973
MODAL	Mode	17	0,248	0,000	0,005	0,032	0,977	0,978
MODAL	Mode	18	0,236	0,000	0,001	0,555	<b>0,977</b>	<b>0,979</b>

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas modal 1 sampai dengan modal 18 didapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 98%, sedangkan SNI 1726:2019 mensyaratkan 100%. Untuk pengecualian sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

#### 4.5.3 Pemilihan Jenis Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.3 nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan dengan menggunakan metode SRSS atau CQC. Metode CQC harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam di mana ragam berjarak dekat dan berkorelasi silang yang signifikan di antara respons translasi dan rotasi.

Waktu alami getar dianggap berdekatan apabila selisih nilainya kurang dari 15%. Untuk gedung yang memiliki waktu getar alami berjauhan penjumlahan respons ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode SRSS.

**Tabel 4.73 Waktu Getar Alami**

Modal	Period (T)	$\Delta T$
1	2,274	7,244
2	2,109	9,998
3	1,898	57,020
4	0,816	6,260
5	0,765	8,904
6	0,697	33,265
7	0,465	4,346
8	0,445	7,502
9	0,411	22,182
10	0,320	3,180
11	0,310	5,676
12	0,292	0,071
13	0,292	1,290
14	0,288	11,778
15	0,254	2,210
16	0,249	0,449
17	0,248	4,735
18	0,236	100,000

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada Tabel, terlihat bahwa selisih waktu getar struktur modal 2 ke 3 juga 3 ke 4 melebihi 15%, dan pada modal 5 ke 6 juga 6 ke 7 melebihi 15% maka sebaiknya digunakan kombinasi ragam spectrum SRSS sesuai dengan peraturan SNI Gempa 1726:2019.

#### **4.5.4 Perbandingan Geser Dasar Statis Dan Geser Dasar Dinamis**

Geser dasar (V) harus dihitung dalam masing-masing dua arah horizontal ortogonal menggunakan periode fundamental struktur yang dihitung T dalam masing-masing arah dan prosedur.



Tabel 4.74 Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis Output SAP2000

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalVX	GlobalVY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
EX-STAT	LinStatic		3525,460	-84,868	0,000	-70,142	-176336,483	-135544,182
EY-STAT	LinStatic		-6,693	3023,566	0,000	178283,780	-22,568	66184,777
EX DIN	LinRespSpec	Max	1771,684	32,794	20,757	860,056	85644,830	65280,984
EY DIN	LinRespSpec	Max	58,197	1778,365	180,635	94084,495	3530,362	36494,381

Berdasarkan Hasil perhitungan tabel diatas gaya geser dinamis  $V_{dx} = 1771,684$  maupun  $V_{dy} = 1778,365$  kurang dari nilai gaya geser statis  $V_{tx} = 3525,460$  dan  $V_{ty} = 3023,566$  oleh karna itu harus diberi penskalaan gaya.

Faktor Skala = Geser Statis / Geser Dinamis

$$F_x = V_{tx} / V_{dx}$$

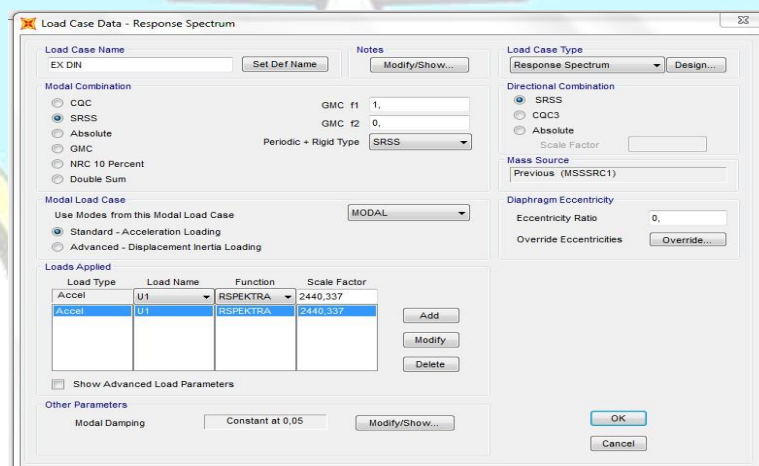
$$= 3525,460 / 1771,684$$

$$= 1,990$$

$$F_y = V_{ty} / V_{dy}$$

$$= 3023,566 / 1778,365$$

$$= 1,710$$



Gambar 4.57 Perubahan Scale Factor Geser Statis Dan Dinamis Di SAP2000

Sumber : Data Olahan, 2022

Setelah diberikan faktor skala, gaya geser Statis dan Dinamis hasil SAP2000 adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.75 Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis Output SAP2000 setelah diberi skala gaya**

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalVX	GlobalVY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
EX-STAT	LinStatic		3525,46	-84,868	1,465E-08	-70,1423	-176336,483	-135544,182
EY-STAT	LinStatic		-6,693	3023,566	-2,241E-09	178283,7799	-22,5679	66184,7765
EX DIN	LinRespSpec	Max	3525,652	65,261	41,306	1711,5118	170433,2119	129909,1586
EY DIN	LinRespSpec	Max	99,517	3041,004	308,885	160884,4861	6036,9183	62405,3917

Berdasarkan perhitungan tabel diatas setelah diberi faktor skala gaya geser dinamis sudah 100% dari pada gaya geser dasar statis.

$$V_{dx} = 3525,652 < V_{tx} = 3525,460 \sim \text{sudah terpenuhi}$$

$$V_{dy} = 3041,004 < V_{ty} = 3023,566 \sim \text{sudah terpenuhi}$$

#### 4.5.5 Pemeriksaan Simpangan Antarlantai

Dari hasil keluaran SAP2000 dapat dilakukan pemeriksaan simpangan antarlantai sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.8.6.

Penentuan simpangan antarlantai  $\Delta$  harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah lantai yang ditinjau.

$$\Delta x = ((\delta_{ex} - \delta_{ex-1}) \times C_d) / I < \Delta a$$

**Tabel 4.76 Simpangan Antar lantai Izin**

Struktur	Kategori risiko		
	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 untu	0,025hsx	0,020hsx	0,015hsx

mengakomodasi simpangan antar tingkat.			
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	0,010h <sub>sx</sub>	0,010h <sub>sx</sub>	0,015h <sub>sx</sub>
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007h <sub>sx</sub>	0,007h <sub>sx</sub>	0,007h <sub>sx</sub>
Semua struktur lainnya	0,020h <sub>sx</sub>	0,015h <sub>sx</sub>	0,010h <sub>sx</sub>

Jenis gedung adalah bangunan perkantoran ( kategori risiko II )

$$\Delta a = 0,020h_{sx}$$

**Tabel 4.77 Pemeriksaan Simpangan Antarlantai**

Lantai	H <sub>sx</sub>	δ <sub>x</sub>	δ <sub>y</sub>	Δ <sub>x</sub>	Δ <sub>y</sub>	Δa(ijin)	keterangan
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
13	4000	84,352	83,779	15,917	14,292	80	OK !!
12	4000	81,458	81,181	54,788	20,658	80	OK !!
11	4000	77,012	77,425	30,332	28,253	80	OK !!
10	4000	71,497	72,288	36,581	35,986	80	OK !!
9	4000	64,846	65,745	36,808	35,521	80	OK !!
8	4000	58,153	59,287	40,845	40,490	80	OK !!
7	4000	50,727	51,925	43,464	44,192	80	OK !!
6	4000	42,824	43,890	38,414	39,240	80	OK !!
5	4000	35,840	36,755	39,854	42,060	80	OK !!
4	4000	28,594	29,108	42,131	46,452	80	OK !!
3	4000	20,934	20,662	45,065	47,858	80	OK !!
2	6000	12,740	11,961	70,070	65,784	120	OK !!
1	3500	0,000	0,000	0,000	0,000	0	OK !!

Berdasarkan hasil perhitungan tabel diatas defleksi pada pusat massa dibawah dan diatas lantai yang ditinjau tidak melebihi batas yang diizinkan.

#### 4.5.6 Pengecekan Ketidakberaturan

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.3.2 struktur harus diklasifikasikan beraturan atau tidak beraturan berdasarkan pada kriteria pada pasal ini. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur.

#### 4.5.6.1 Ketidakberaturan Horizontal

Struktur yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang terdapat pada tabel 4.75 harus dinyatakan mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal.

**Tabel 4.78 Ketidakberaturan horizontal pada Struktur**

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	<b>Ketidakberaturan torsi</b> didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_s = 1,0$ , di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	<b>Ketidakberaturan torsi berlebihan</b> didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_s = 1,0$ , di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	<b>Ketidakberaturan sudut dalam</b> didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
3.	<b>Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4.	<b>Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang</b> didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	<b>Ketidakberaturan sistem nonparalel</b> didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 13



**Tabel 4.80 Perhitungan ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah Y**

Story	Load Case	UY Joint 981	UY Joint 927	D981	D927	Dmax	Davg	Dmax/Davg	Dmax/Davg>1,2	Dmax/Davg>1,4
		mm	mm	mm	mm	mm	mm			
12	EYDIN	83,779	81,511	2,598	2,521	2,598	2,560	1,015	NO	NO
11	EYDIN	81,181	78,990	3,756	3,652	3,756	3,704	1,014	NO	NO
10	EYDIN	77,425	75,338	5,137	4,944	5,137	5,041	1,019	NO	NO
9	EYDIN	72,288	70,393	6,543	6,281	6,543	6,412	1,020	NO	NO
8	EYDIN	65,745	64,112	6,458	6,168	6,458	6,313	1,023	NO	NO
7	EYDIN	59,287	57,944	7,362	7,023	7,362	7,192	1,024	NO	NO
6	EYDIN	51,925	50,922	8,035	7,661	8,035	7,848	1,024	NO	NO
5	EYDIN	43,890	43,261	7,135	6,782	7,135	6,958	1,025	NO	NO
4	EYDIN	36,755	36,479	7,647	7,182	7,647	7,415	1,031	NO	NO
3	EYDIN	29,108	29,297	8,446	7,905	8,446	8,175	1,033	NO	NO
2	EYDIN	20,662	21,392	8,702	8,469	8,702	8,585	1,014	NO	NO
1	EYDIN	11,961	12,923	11,961	12,923	12,923	12,442	0,519	NO	NO

Berdasarkan hasil pengecekan ketidakberaturan torsi 1a didapat 4 ketidakberaturan pada arah X dan tidak ada pada arah Y. Lalu pada pengecekan ketidakberaturan 1b pada arah X dan arah Y tidak didapat ketidakberaturan 1b.

## 2. Cek Ketidakberaturan Sudut Dalam

Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.

**Tabel 4.81 Perhitungan ketidakberaturan Sudut Dalam**

Tingkat	ARAH X				ARAH Y			
	Lx (m)	Px (m)	Px/Lx	Px/Lx > 15 % ?	Ly (m)	Py (m)	Py/Ly	Py/Ly > 15 % ?
Atap	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	17,10	1,10	6%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
12	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
11	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
10	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
9	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
8	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
7	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
6	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
5	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
4	22,00	14,00	64%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam
3	30,25	14,00	46%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	16,00	39%	Ketidakteraturan sudut dalam
2	30,25	14,00	46%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	16,00	39%	Ketidakteraturan sudut dalam
1	30,25	14,00	46%	Ketidakteraturan sudut dalam	41,10	1,10	3%	Tidak ada ketidakberaturan sudut dalam

Berdasarkan hasil pengecekan ketidakberaturan sudut dalam denah struktur terdapat ketidakberaturan sudut dalam arah X untuk semua tingkat. Sedangkan pada arah Y ketidakberaturan sudut dalam terdapat hanya pada tingkat 2 dan tingkat 3.

### 3. Cek Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.

**Tabel 4.82 Perhitungan ketidakberaturan Diskontinuitas diafragma**

Tingkat	Luas Lantai Bruto (m <sup>2</sup> )	Luas Void Lantai (m <sup>2</sup> )	Luas Diafragma Tertutup (m <sup>2</sup> )	Rasio %
Atap	360,80	0,00	360,80	0,00
12	888,80	37,55	851,25	4,22
11	888,80	51,11	837,69	5,75
10	888,80	51,11	837,69	5,75
9	888,80	51,11	837,69	5,75
8	888,80	51,11	837,69	5,75
7	888,80	51,11	837,69	5,75
6	888,80	51,11	837,69	5,75
5	888,80	51,11	837,69	5,75
4	914,70	51,11	863,59	5,59
3	1077,23	345,11	732,12	32,04
2	1667,56	228,75	1438,81	29,96
1	1278,80	70,22	1208,58	5,49
<b>Total</b>	<b>12409,49</b>	<b>1090,51</b>	<b>11318,98</b>	<b>9,04</b>

Berdasarkan hasil pengecekan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dimana luas bukaan total adalah 1090,51 m<sup>2</sup> dan luas bruto adalah 12.409,49 m<sup>2</sup>



maka persentase adalah 9,04 % sehingga ketidakberaturan diskontinuitas diafragma tidak ada.

#### **4. Cek Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang**

Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.

Elemen Vertikal pemikul gaya lateral dalam hal ini adalah elemen struktur kolom. Elemen struktur kolom menerus dari bawah ( Lantai semibasement sampai dengan lantai atas sehingga ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang tidak ada.

#### **5. Cek Ketidakberaturan sistem Non-Paralel**

Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.

Pada sistem rangka pemikul momen khusus dalam memikul gaya lateral yaitu elemen kolom terletak pada arah sumbu X dan Y sehingga ketidakberaturan sistem non-paralel tidak ada.

#### 4.5.6.2 Ketidakberaturan Vertikal

Struktur yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang terdapat pada tabel 4.80 harus dinyatakan mempunyai ketidakberaturan struktur Vertikal.

**Tabel 4.83 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur**

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	<b>Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 16	D, E, dan F
1b.	<b>Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2.	<b>Ketidakberaturan Berat (Massa)</b> didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3.	<b>Ketidakberaturan Geometri Vertikal</b> didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	Tabel 16	D, E, dan F
4.	<b>Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral</b> didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	<b>Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat</b> didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b.	<b>Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat</b> didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 7.3.3.2 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 14

#### 1. Cek Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 1a

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

**Tabel 4.84 Perhitungan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak Arah X**

(1a)

Story	Load Case	Shear X	Drift X	Stiffness X	STIFFNESS<70%	STIFFNESS<80%
		N	mm	N/mm	Above	AVG 3 STORIES ABOVE
13	EX DIN	13738,740	2,894	4747,330		
12	EX DIN	7573,820	4,447	1703,318	YES	
11	EX DIN	15029,130	5,515	2725,163	NO	
10	EX DIN	18383,550	6,651	2763,976	NO	NO
9	EX DIN	19289,970	6,692	2882,366	NO	NO
8	EX DIN	22083,860	7,426	2973,689	NO	NO
7	EX DIN	22681,690	7,902	2870,198	NO	NO
6	EX DIN	29422,980	6,984	4212,645	NO	NO
5	EX DIN	24669,090	7,246	3404,441	NO	NO
4	EX DIN	38924,080	7,660	5081,395	NO	NO
3	EX DIN	30308,530	8,194	3699,034	NO	NO
2	EX DIN	15526,150	12,740	1218,694	YES	YES
1	EX DIN	0,000	0,000	0,000		

**Tabel 4.85 Perhitungan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak Arah Y**

(1a)

Story	Load Case	Shear Y	Drift Y	Stiffness Y	STIFFNESS<70%	STIFFNESS<80%
		N	mm	N/mm	Above	AVG 3 STORIES ABOVE
13	EY DIN	18600,710	2,598	7158,321		
12	EY DIN	29009,820	3,756	7723,456	NO	
11	EY DIN	42032,530	5,137	8182,373	NO	
10	EY DIN	59380,590	6,543	9075,511	NO	NO
9	EY DIN	59057,530	6,458	9144,286	NO	NO
8	EY DIN	71789,710	7,362	9751,645	NO	NO
7	EY DIN	82938,670	8,035	10322,289	NO	NO
6	EY DIN	78454,400	7,135	10996,332	NO	NO
5	EY DIN	85489,860	7,647	11179,145	NO	NO
4	EY DIN	110275,020	8,446	13056,854	NO	NO
3	EY DIN	88614,290	8,702	10183,795	NO	NO
2	EY DIN	131201,230	11,961	10969,342	NO	NO
1	EY DIN	0,000	0,000	0,000		

Berdasarkan hasil perhitungan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1a didapatkan 2 ketidakberaturan pada arah X di tingkat 2 dan tingkat 12 sedangkan tidak ada pada arah Y.

## 2. Cek Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan 1b

Ketidakteraturan kekakuan tingkat lunak berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat diatasnya atau urang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat diatasnya.

**Tabel 4.86 Perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan Arah X**

(1b)

Story	Load Case	Shear X	Drift X	Stiffness X	STIFFNESS<60%	STIFFNESS<70%
		N	mm	N/mm	Above	AVG 3 STORIES ABOVE
13	EX DIN	13738,740	2,894	4747,330		
12	EX DIN	7573,820	4,447	1703,318	YES	
11	EX DIN	15029,130	5,515	2725,163	NO	
10	EX DIN	18383,550	6,651	2763,976	NO	NO
9	EX DIN	19289,970	6,692	2882,366	NO	NO
8	EX DIN	22083,860	7,426	2973,689	NO	NO
7	EX DIN	22681,690	7,902	2870,198	NO	NO
6	EX DIN	29422,980	6,984	4212,645	NO	NO
5	EX DIN	24669,090	7,246	3404,441	NO	NO
4	EX DIN	38924,080	7,660	5081,395	NO	NO
3	EX DIN	30308,530	8,194	3699,034	NO	NO
2	EX DIN	15526,150	12,740	1218,694	YES	YES
1	EX DIN	0,000	0,000	0,000		

**Tabel 4.87 Perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan Arah Y**

(1b)

Story	Load Case	Shear Y	Drift Y	Stiffness Y	STIFFNESS<60%	STIFFNESS<70%
		N	mm	N/mm	Above	AVG 3 STORY ABOVE
13	EY DIN	18600,710	2,598	7158,321		
12	EY DIN	29009,820	3,756	7723,456	NO	
11	EY DIN	42032,530	5,137	8182,373	NO	
10	EY DIN	59380,590	6,543	9075,511	NO	NO
9	EY DIN	59057,530	6,458	9144,286	NO	NO
8	EY DIN	71789,710	7,362	9751,645	NO	NO
7	EY DIN	82938,670	8,035	10322,289	NO	NO
6	EY DIN	78454,400	7,135	10996,332	NO	NO
5	EY DIN	85489,860	7,647	11179,145	NO	NO
4	EY DIN	110275,020	8,446	13056,854	NO	NO
3	EY DIN	88614,290	8,702	10183,795	NO	NO
2	EY DIN	131201,230	11,961	10969,342	NO	NO
1	EY DIN	0,000	0,000	0,000		

Berdasarkan hasil perhitungan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan 1b didapatkan 2 ketidakberaturan pada arah X di tingkat 2 dan tingkat 12 sedangkan tidak ada pada arah Y.

### 3. Cek Ketidakberaturan Berat ( Massa )

Ketidakberaturan berat (massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu di tinjau.

**Tabel 4.88 Perbandingan Berat Antarlantai**

Stories	Massa	Cek > 1,5 di lantai atas	Cek > 1,5 di lantai bawah
	(kN)		
Atap	2831,722		OK
12	11987,732	NO	OK
11	9899,730	OK	OK
10	11023,041	OK	OK
9	11023,041	OK	OK
8	9913,106	OK	OK
7	9913,106	OK	OK
6	9913,106	OK	OK
5	11032,435	OK	OK
4	13009,568	OK	OK
3	10086,226	OK	OK
2	16855,120	NO	OK
1	16684,608	OK	

Berdasarkan perhitungan tabel diatas terjadi ketidakberaturan berat ( massa) pada lantai 2 dan lantai 12 karna melebihi 150% berat lantai diatasnya.

### 4. Cek Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Ketidakberaturan geometri vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.

**Tabel 4.89 Perhitungan Ketidakberaturan Geometri Vertikal**

Stories	As. B		Stories	As. C	
	Dimensi Kolom	Ketidakberaturan Vertikal		Dimensi Kolom	Ketidakberaturan Vertikal
Atap	450	1,11	Atap	450	1,11
12	450		12	450	
11	450		11	450	
10	450		10	500	1,20
9	450		9	500	
8	500	1,20	8	600	1,16
7	500		7	600	
6	500		6	600	
5	600	1,00	5	700	
4	600		4	700	
3	600		3	700	
2	600		2	700	
1	600		1	700	

Berdasarkan hasil perhitungan tabel diatas tidak terjadi ketidakberaturan geometri vertikal karena dimensi kolom tingkat di dekatnya ( di atas atau bawah ) tidak melebihi 130%.

#### **5. Cek Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral**

Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya laterallebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi ekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.

Elemen penahan lateral adalah kolom yang menerus sepanjang tinggi bangunan sehingga ketidakberaturan ini tidak terjadi.

## 6. Cek Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat (5a)

Ketidakteraturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat di definisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang di tinjau.

**Tabel 4.90 Perhitungan Ketidakberaturan Geometri Vertikal 5a**

Stories	Load Case	Location	Vx	Vy	Cek Arah X	Cek Arah Y
			N	N	$K_i < 80\% \times K_{i+1}$	$K_i < 80\% \times K_{i+1}$
13	EX DIN/EY DIN	Bottom	13738,740	18600,710		
12	EX DIN/EY DIN	Bottom	7573,820	29009,820	YES	NO
11	EX DIN/EY DIN	Bottom	15029,130	42032,530	NO	NO
10	EX DIN/EY DIN	Bottom	18383,550	59380,590	NO	NO
9	EX DIN/EY DIN	Bottom	19289,970	59057,530	NO	NO
8	EX DIN/EY DIN	Bottom	22083,860	71789,710	NO	NO
7	EX DIN/EY DIN	Bottom	22681,690	82938,670	NO	NO
6	EX DIN/EY DIN	Bottom	29422,980	78454,400	NO	NO
5	EX DIN/EY DIN	Bottom	24669,090	85489,860	NO	NO
4	EX DIN/EY DIN	Bottom	38924,080	110275,020	NO	NO
3	EX DIN/EY DIN	Bottom	30308,530	88614,290	YES	NO
2	EX DIN/EY DIN	Bottom	15526,150	131201,230	YES	NO
1	EX DIN/EY DIN	Bottom	0,000	0,000	NO	NO

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas terjadi ketidakberaturan geometri vertikal pada arah X di tingkat 2, tingkat 3 dan Tingkat 12 karna 80% kuat lateralnya melebihi tingkat dibawahnya, sedangkan pada arah Y tidak ada.

## 7. Cek Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat (5b)

Ketidakteraturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat di definisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang di tinjau.

**Tabel 4.91 Perhitungan Ketidakberaturan Geometri Vertikal 5b**

Stories	Load Case	Location	Vx	Vy	Cek Arah X	Cek Arah Y
			N	N	Ki < 65% $\times$ Ki+1	Ki < 65% $\times$ Ki+1
13	EX DIN/EY DIN	Bottom	13738,740	18600,710		
12	EX DIN/EY DIN	Bottom	7573,820	29009,820	YES	NO
11	EX DIN/EY DIN	Bottom	15029,130	42032,530	NO	NO
10	EX DIN/EY DIN	Bottom	18383,550	59380,590	NO	NO
9	EX DIN/EY DIN	Bottom	19289,970	59057,530	NO	NO
8	EX DIN/EY DIN	Bottom	22083,860	71789,710	NO	NO
7	EX DIN/EY DIN	Bottom	22681,690	82938,670	NO	NO
6	EX DIN/EY DIN	Bottom	29422,980	78454,400	NO	NO
5	EX DIN/EY DIN	Bottom	24669,090	85489,860	NO	NO
4	EX DIN/EY DIN	Bottom	38924,080	110275,020	NO	NO
3	EX DIN/EY DIN	Bottom	30308,530	88614,290	NO	NO
2	EX DIN/EY DIN	Bottom	15526,150	131201,230	YES	NO
1	EX DIN/EY DIN	Bottom	0,000	0,000	NO	NO

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas terjadi ketidakberaturan geometri vertikal berlebihan pada arah X di tingkat 2 dan Tingkat 12 karna 65% kuat lateralnya melebihi tingkat dibawahnya, sedangkan pada arah Y tidak ada.



#### 4.5.7 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta

Pada SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.6, pengaruh P-Delta harus ditentukan sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.8.7.

Pengaruh P-Delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antartingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas memenuhi  $\theta \leq 0,1$ .

Rumus Koefisien stabilitas adalah sebagai berikut:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I}{V_x h_{sx} C_d}$$

Dan koefisien stabilitas tidak boleh melebihi nilai

$$\theta_{\max} < 0,25$$

Keterangan

$\theta$  = Koefisien Stabilitas

$P_x$  = beban desain vertikal total pada tingkat x

$\Delta_x$  = simpangan antartingkat pada tingkat x

$I$  = faktor keutamaan = 1

$V_x$  = gaya geser seismik yang bekerja antartingkat

$h_{sx}$  = tinggi tingkat dibawah tingkat x

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi dalam tabel 12 = 5,5

$\beta$  = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan x-1, sesuai SNI 1726 nilai  $\beta = 1$

**Tabel 4.92 Pemeriksaan pengaruh P- Delta arah X**

Stories	Diaphragm	Px kN	$\Delta x$ m	l	Vx kN	h m	Cd	$\theta$	$\theta$ max	Cek		
										$\theta < 0,1$	$\theta < \theta$ max	$\theta$ max $< 0,25$
13	D13	4209,28	0,015	1	393,99	4,00	5,5	0,0073	0,0909	YA	YA	YA
12	D12	14871,27	0,054	1	1464,07	4,00	5,5	0,0249		YA	YA	YA
11	D11	24382,83	0,030	1	2246,36	4,00	5,5	0,0150		YA	YA	YA
10	D10	33819,78	0,037	1	2869,41	4,00	5,5	0,0196		YA	YA	YA
9	D9	43385,89	0,037	1	3378,98	4,00	5,5	0,0215		YA	YA	YA
8	D8	52764,46	0,041	1	3805,87	4,00	5,5	0,0257		YA	YA	YA
7	D7	62138,26	0,043	1	4184,03	4,00	5,5	0,0293		YA	YA	YA
6	D6	71807,34	0,038	1	4530,80	4,00	5,5	0,0277		YA	YA	YA
5	D5	82411,47	0,040	1	4908,17	4,00	5,5	0,0304		YA	YA	YA
4	D4	94862,96	0,042	1	5321,45	4,00	5,5	0,0341		YA	YA	YA
3	D3	102857,37	0,045	1	5509,06	4,00	5,5	0,0382		YA	YA	YA
2	D2	98411,72	0,070	1	4411,35	6,00	5,5	0,0474		YA	YA	YA
1	D1	134122,47	0,000	1	3986,41	3,50	5,5	0,0000		YA	YA	YA

**Tabel 4.93 Pemeriksaan pengaruh P- Delta arah Y**

Stories	Diaphragm	Px kN	$\Delta x$ m	l	Vx kN	h m	Cd	$\theta$	$\theta$ max	Cek		
										$\theta < 0,1$	$\theta < \theta$ max	$\theta$ max $< 0,25$
13	D13	4209,28	0,014	1	431,78	4,00	5,5	0,0063	0,0909	YA	YA	YA
12	D12	14871,27	0,021	1	1371,99	4,00	5,5	0,0102		YA	YA	YA
11	D11	24382,83	0,028	1	2067,49	4,00	5,5	0,0151		YA	YA	YA
10	D10	33819,78	0,036	1	2636,62	4,00	5,5	0,0210		YA	YA	YA
9	D9	43385,89	0,036	1	3105,67	4,00	5,5	0,0226		YA	YA	YA
8	D8	52764,46	0,040	1	3509,46	4,00	5,5	0,0277		YA	YA	YA
7	D7	62138,26	0,044	1	3871,74	4,00	5,5	0,0322		YA	YA	YA
6	D6	71807,34	0,039	1	4179,25	4,00	5,5	0,0306		YA	YA	YA
5	D5	82411,47	0,042	1	4530,88	4,00	5,5	0,0348		YA	YA	YA
4	D4	94862,96	0,046	1	4887,72	4,00	5,5	0,0410		YA	YA	YA
3	D3	102857,37	0,048	1	5082,28	4,00	5,5	0,0440		YA	YA	YA
2	D2	98411,72	0,066	1	4198,49	6,00	5,5	0,0467		YA	YA	YA
1	D1	134122,47	0,000	1	3403,26	3,50	5,5	0,0000		YA	YA	YA

Berdasarkan hasil perhitungan tabel diatas pengaruh P – Delta tidak perlu diperhitungkan karena  $\theta \leq 0,1$ .

**Tabel 4.94 Rekapitulasi Hasil Kontrol Pengecekan Struktur**

No	Kontrol Dan Analisis Struktur	Keterangan
1	Pemeriksaan Berat Struktur	Dalam Pemeriksaan berat struktur terdapat perbedaan perhitungan manual dengan SAP Berdasarkan perhitugnan SAP beban DEAD = 94514,986 kN, Live = 30054,293 kN, Dan SIDL = 22822,302 kN. Sedangkan perhitungan manual DEAD = 80325,69 kN, Live = 32916,89 kN, dan SIDL 16004,45 kN. Terdapat perbedaan 0,34 %, karena pada hitungan manual panjang dan lebar komponen struktur diukur dari As joint ke joint, sedangkan SAP memperhitungkan offset antara joint.
2	Pemeriksaan Partisipasi massa Rasio	Pada pemeriksaan partisipasi massa rasio didapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 97,7% pada pada arah X dan 97,9% pada arah Y,
3	Pemilihan Jenis Ragam	Pada Pemilihan jumlah ragam beberapa nilai getar alami melebihi 15%. (selisih waktu getar struktur modal 2 ke 3 juga 3 ke 4 melebihi 15%, dan pada modal 5 ke 6 juga 6 ke 7 melebihi 15%). Maka digunakan kombinasi ragam spectrum SRSS.
4	Perbandingan Geser Dasar Statis Dan Geser Dasar Dinamis	Hasil analisis SAP2000 didapat gaya geser dinamis $V_{dx} = 1771,684$ dan $V_{dy} = 1778,365$ kurang dari gaya geser statis $V_{tx} = 3525,460$ dan $V_{ty} = 3023,566$ . Gaya geser dinamis harus 100% dari gaya geser statis oleh karena itu harus diberi faktor skala. Setelah diberi faktor skala hasil yang didapat $V_{dx} = 3525,652 < V_{tx} = 3525,460$ dan $V_{dy} = 3041,004 < V_{ty} = 3023,566$ .
5	Pemeriksaan Simpangan antar Lantai	Pada Pemeriksaan simpangan antar lantai defleksi maksimal yang didapat sebesar 65,784 mm masih memenuhi defleksi izin sebesar 100 mm.

---

6	Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal	<p data-bbox="678 293 1366 421">1a Berdasarkan hasil pengecekan didapat 4 ketidakberaturan torsi 1a di tingkat 3, 4, 5, dan 6 pada arah X dan tidak ada pada arah Y</p> <p data-bbox="678 459 1366 577">1b Berdasarkan hasil pengecekan tidak didapat ketidakberaturan torsi berlebihan 1b pada arah X maupun arah Y</p> <p data-bbox="678 616 1366 862">2 Berdasarkan hasil pengecekan Ketidakberaturan sudut dalam denah struktur terdapat ketidakberaturan sudut dalam arah X untuk semua tingkat. Sedangkan pada arah Y ketidakberaturan sudut dalam terdapat hanya pada tingkat 2 dan tingkat 3.</p> <p data-bbox="678 896 1366 1142">3 Berdasarkan hasil pengecekan Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dimana luas bukaan total adalah 1090,51 m<sup>2</sup> dan luas bruto adalah 12409,49 m<sup>2</sup> maka persentase rasio adalah 9,04 % sehingga ketidakberaturan diskontinuitas diafragma tidak ada</p> <p data-bbox="678 1176 1366 1422">4 Elemen Vertikal pemikul gaya lateral dalam hal ini adalah elemen struktur kolom. Elemen struktur kolom menerus dari bawah ( Lantai semibasement sampai dengan lantai atas sehingga Ketidakbearaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang tidak ada.</p> <p data-bbox="678 1456 1366 1702">5 Elemen Vertikal pemikul gaya lateral dalam hal ini adalah elemen struktur kolom. Elemen struktur kolom menerus dari bawah ( Lantai semibasement sampai dengan lantai atas sehingga Ketidakberaturan sistem nonparalel tidak ada</p>
---	----------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

- |   |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal | <p>1a Berdasarkan hasil pengecekan didapat 3 Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1a di tingkat 2 dan 12 yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya dan 1 di tingkat 2 yang kekakuan lateralnya kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya pada arah X dan pada arah Y tidak ada.</p> <p>1b Berdasarkan hasil pengecekan didapat 3 Ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan 1b di tingkat 2 dan 12 yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya dan 1 di tingkat 2 yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya pada arah X dan pada arah Y tidak ada.</p> <p>2 Berdasarkan pengecekan Ketidakberaturan Berat (Massa) terdapat 2 ketidakberaturan pada lantai 2 dan lantai 12 karna melebihi 150% berat lantai di atasnya.</p> <p>3 Berdasarkan hasil Pengecekan Ketidakberaturan geometri vertikal tidak terjadi ketidakberaturan karena dimensi kolom tingkat didekatnya (di atas atau di bawah) tidak melebihi 130%</p> <p>4 Elemen penahan lateral adalah kolom yang menerus sepanjang tinggi bangunan sehingga Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral ini tidak terjadi</p> <p>5a Berdasarkan hasil pengecekan terjadi 3 Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat 2, tingkat 3, dan tingkat 12 karna 80% kuat lateralnya melebihi tingkat dibawahnya, sedangkan pada arah Y tidak ada.</p> |
|---|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

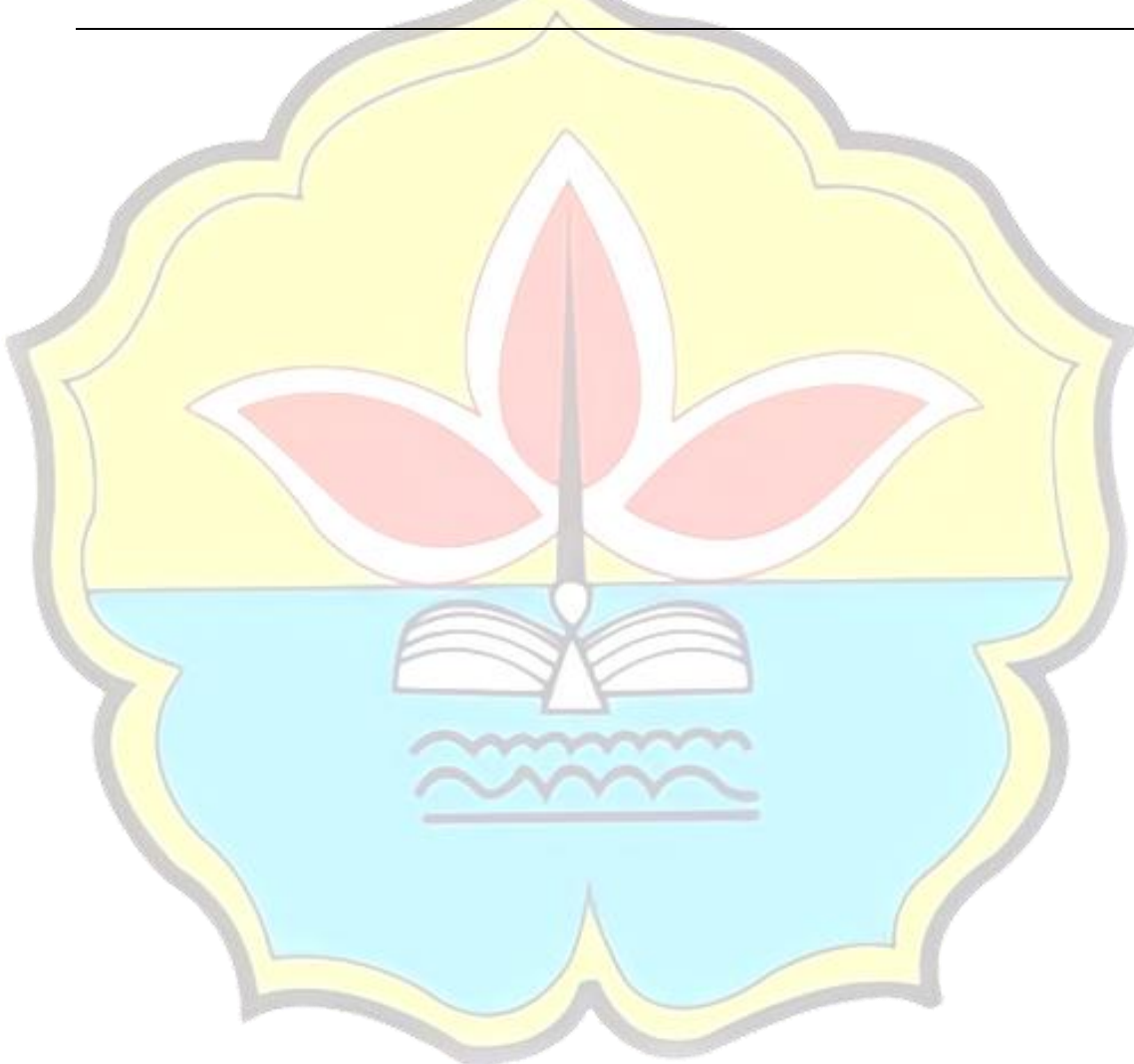
---

5b Berdasarkan hasil pengecekan terjadi 2 Ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat 2 dan tingkat 12 karna 65% kuat lateralnya melebihi tingkat dibawahnya, sedangkan pada arah Y tidak ada.

---

8 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta Dalam periksaan ini pengaruh Nilai P-Delta tidak perlu diperhitungkan karena nilai  $\theta \leq 0,1$ .

---



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

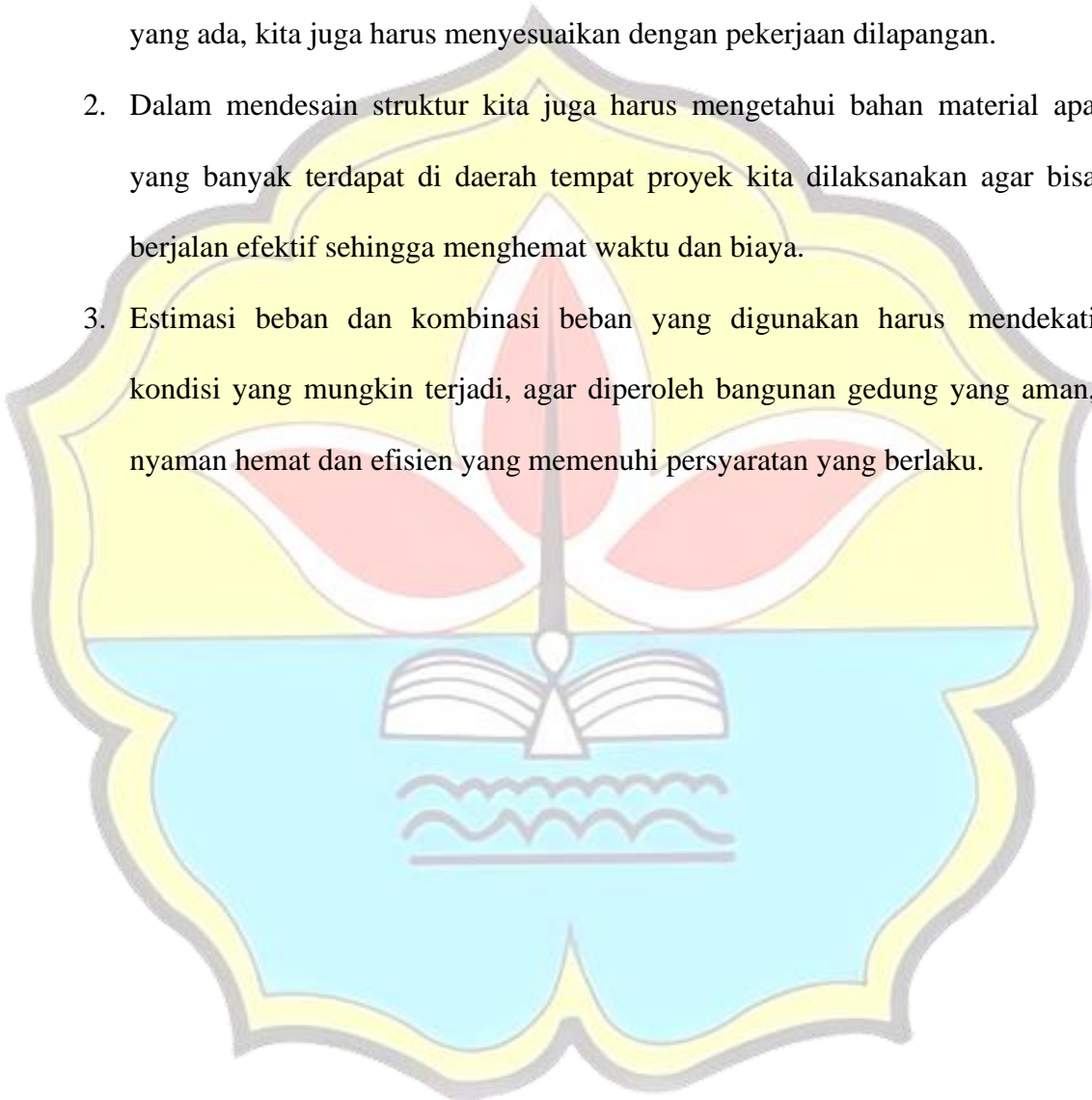
Adapun kesimpulan yang didapat dirangkumkan berdasarkan hasil analisis adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur bangunan kantor pusat BPD Jambi termasuk kategori resiko II, dan Kategori Desain Seismik (KDS) bangunan adalah D, maka sistem penahan gaya seismik adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan diizinkan menggunakan prosedur Analisis spektrum respons ragam.
2. Berdasarkan hasil analisis menggunakan aplikasi SAP2000 dengan ukuran Kolom, Balok, Pelat lantai yang lebih kecil dan sesuai peraturan terbaru yaitu Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019) dalam pengecekan analisis struktur, bangunan terdapat beberapa ketidakberaturan horizontal dan Vertikal. Dalam hal ini analisis struktur sudah benar, dengan menggunakan KDS D dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan oleh penulis dalam tugas akhir ini adalah :

1. Untuk merencanakan struktur gedung selain berpedoman dengan peraturan yang ada, kita juga harus menyesuaikan dengan pekerjaan dilapangan.
2. Dalam mendesain struktur kita juga harus mengetahui bahan material apa yang banyak terdapat di daerah tempat proyek kita dilaksanakan agar bisa berjalan efektif sehingga menghemat waktu dan biaya.
3. Estimasi beban dan kombinasi beban yang digunakan harus mendekati kondisi yang mungkin terjadi, agar diperoleh bangunan gedung yang aman, nyaman hemat dan efisien yang memenuhi persyaratan yang berlaku.





## DAFTAR PUSTAKA

- 2020, Pembangunan Gedung Kantor Pusat BPD Jambi : PT. Jaya Konstruksi Manggala Pratama Tbk.
- Amir, Muhamad A, 2020, Analisa Struktur Atas Pada Proyek Pembangunan Karunia Global School Kota Jambi Dengan Aplikasi Sanspro, Tugas Akhir, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari, Jambi.
- Bashoricenter.Wordpress.Com (2018, 10 Maret). Apa Itu SAP200?. Diakses Pada 26 November 2021, Dari <https://bashoricenter.wordpress.com/2018/03/10/klik-dan-baca/>
- Badan Standardisasi Nasional (2019), Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2020), Persyaratan Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2019), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untukuuu Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2020), Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2020), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Enri dan Pamungkas, Anugrah. (2018). *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. ANDI
- McCormac C. J., 2004, *Desain Beton Bertulang*, (Edisi Lima), (Terjemahan Sumargo), Erlangga, Jakarta.
- Pamungkas, Anugrah. (2021). *CONTOH LAPORAN PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) Sesuai SNI-1727:2020, SNI-1726:2019, SNI-2847:2019*. CV BUDI UTAMA

Widya Apriani. 2016. Pelatihan SAP 2000 Dalam Perencanaan Konstruksi Gedung Beton Bertulang Dan Baja Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012. Makalah.



