

**TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2019**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Ameillia Widyastuti**

**NIM : 30201900035**

**Dwi Nia Satriavi**

**NIM : 30201900074**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG**  
**4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2019**



**Ameillia Widyastuti**  
NIM : 30201900035



**Dwi Nia Sastriavi**  
NIM : 30201900074

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 23 Januari 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T.**  
NIDN: 0605046703
2. **Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102
3. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D**  
NIDN: 0607046802

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

## BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 35 / A.2 / SA-T/3 / 2023

Pada hari ini tanggal 23-01-2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Prof. Dr. Ir. Antonius, MT  
Jabatan Akademik : Guru Besar  
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

2. Nama : Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.  
Jabatan Akademik : Lektor  
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Ameillia Widyastuti  
NIM : 30201900035

Dwi Nia Sastriavi  
NIM : 30201900074

Judul : PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4  
LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2019 dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	16/09/2022	ACC
2	Seminar Proposal	01/11/2022	ACC
3	Pengumpulan data	Oktober 2022	ACC
4	Analisis data	November 2022	ACC
5	Penyusunan laporan	November 2022	ACC
6	Selesai laporan	15/01/2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.

Dosen Pembimbing Pendamping



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Ameillia Widyastuti

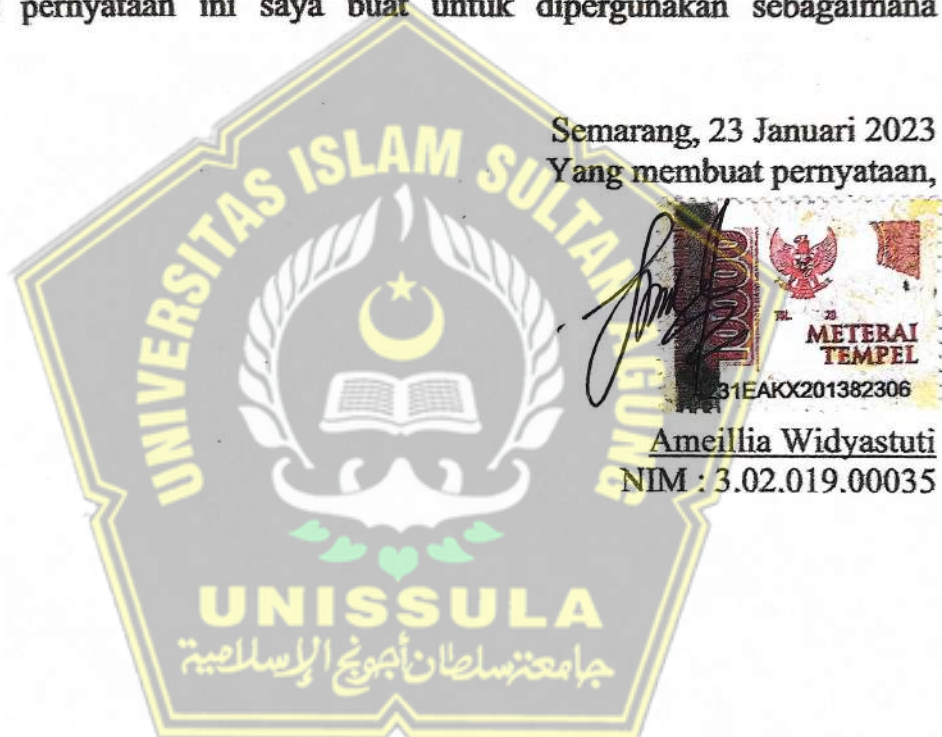
NIM : 30201900035

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :  
PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI  
BERDASARKAN SNI 1726:2019 benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan  
ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang  
berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana  
mestinya.

Semarang, 23 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Dwi Nia Sastriavi

NIM : 30201900074

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :  
**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI  
BERDASARKAN SNI 1726:2019** benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan  
ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang  
berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana  
mestinya.

Semarang, 23 Januari 2023  
Yang membuat pernyataan,



*Dwi*  
Dwi Nia Sastriavi  
NIM : 3.02.019.00074

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Ameillia Widyastuti

NIM : 302001900035

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2019 Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 23 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



Ameillia Widyastuti  
NIM : 3.02.019.00035

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Dwi Nia Sastriavi

NIM : 302001900074

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2019 Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 23 Januari 2023  
Yang membuat pernyataan,



Dwi Nia Sastriavi  
NIM : 3.02.019.00074

## MOTO

“Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.”

(Al – Imran Ayat 110)

“Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya; hidup di tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah.”

(Abu Bakar Sibli)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”

(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“Jangan hanya menunggu, tapi ciptakan waktumu sendiri”

“Perjalanan seribu batu bermula dari satu langkah”

(Lao Tze)





## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Papa saya Damuri dan Alm Mama saya Mulyanti, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T. dan M. Rusli Ahyar, S.T., M.Eng yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terima kasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Sahabat sekaligus *partner* laporan Tugas Akhir saya Dwi Nia Sastriavi terima kasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Kakak saya Riana Damayanti, terima kasih atas semangat dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Untuk teman-temanku "50 kg" dan "Assalamualaikum" terima kasih atas bantuan serta perhatiannya untuk selama ini. Dan juga sahabatku Sinthia Tamalin, terima kasih sudah selalu ada.
7. Teman - teman BTS, TXT, ENHYPEN yang telah memberikan hiburan, semangat serta motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA Angkatan 2019, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Ameillia Widyastuti

NIM : 30201900035

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Hadi Siswoyo dan Ibu saya Mainah, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, S.T., M.T. dan M. Rusli Ahyar, S.T.,M.Eng yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terima kasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Kepada Agung Yunanto terima kasih untuk selalu ada dan menyempatkan waktunya untuk menemani saya dan memberi semangat agar saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Kepada *partner* laporan Tugas Akhir saya Ameillia Widyastuti terima kasih sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Kepada Ahida Nur Rizkana, Oktaria Lestari dan Fairuz Izdihar Athallah yang selalu memberi dukungan dan semangat untuk terus berjuang dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman yang menemani saya dari awal maba hingga saat ini dengan semua canda, keluh kesah kita lalui bersama, terima kasih sudah memberikan saya warna baru dalam menyelesaikan *Study S1* Teknik Sipil dan tentunya mendukung satu sama lain, Dwiani Fadzilah Fisilmi Kaffah, Elisa Anggraeni, dan Fadhillah Noor Damar Jati.
8. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Dwi Nia Sastriavi

NIM 30201900074

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Segala Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2019” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T. yang telah membimbing, memberikan saran dan mengajarkan saya mempelajari Analisa Struktur Perancangan Ulang untuk Tugas Akhir saya.
4. Bapak M. Rusli Ahyar, S.T., M.Eng. yang telah membantu, memberikan saran dan mengajarkan saya mempelajari tata cara penulisan yang baik dan benar.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada Penulis.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi Penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, 23 Januari 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTO.....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
ABSTRAK.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Sistematika Tugas Akhir.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tinjauan Umum .....	4
2.2. Landasan Teori .....	4
2.3. Sistem Struktur Tahan Gempa .....	4
2.3.1. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung.....	5
2.3.2. Klasifikasi Situs dan Parameter Percepatan Terpetakan.....	7
2.3.3. Parameter Percepatan Spektral Desain .....	9
2.3.4. Spektrum Respons Desain .....	9
2.3.5. Kategori Desain Seismik.....	10
2.3.6. Sistem Penahan Gempa.....	10
2.3.7. Gaya Dasar Seismik .....	11
2.3.8. Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	12
2.3.9. Ketidakberaturan Horizontal.....	13
2.3.10. Ketidakberaturan Vertikal.....	15
2.4. Pembebanan .....	16
2.4.1. Beban Mati.....	16
2.4.1.1. Berat Sendiri .....	16

2.4.1.2.	Beban Mati Tambahan .....	16
2.4.2.	Beban Hidup .....	16
2.4.3.	Kombinasi Pembebanan.....	16
2.5.	Perencanaan Struktur Atas .....	17
2.5.1.	Desain Kapasitas .....	17
2.5.2.	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	18
2.5.2.1.	<i>Joint</i> Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	18
2.5.2.2.	Beton Pracetak .....	20
2.5.3.	Desain Pelat .....	20
2.5.4.	Perancangan Dimensi Balok .....	21
2.5.5.	Perancangan Dimensi Kolom .....	22
2.6.	Perancangan Struktur Bawah.....	22
BAB III METODE PERANCANGAN.....		23
3.1.	Pengumpulan Data .....	23
3.1.1.	Data Primer .....	23
3.1.2.	Data Sekunder .....	23
3.2.	Analisa dan Perhitungan Struktur .....	24
3.3.	Bagan Alur Perancangan.....	25
3.4.	Acuan Standar Desain.....	26
3.5.	Permodelan Struktur Bangunan .....	26
BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR.....		27
4.1.	Tinjauan Umum .....	27
4.2.	<i>Preliminary</i> Komponen Struktur .....	27
4.2.1	Elemen Kolom .....	27
4.2.2	Elemen Balok.....	27
4.2.3	Bahan Struktur .....	28
4.2.4	Permodelan Struktur .....	28
4.3.	Pembebanan Struktur .....	29
4.4.	Analisis Desain Seismik .....	30
4.4.1.	Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa .....	30
4.4.2.	Kelas Situs .....	30
4.4.3.	Parameter Percepatan Terpetakan (Nilai $S_S$ dan $S_I$ ).....	31
4.4.4.	Parameter Respons Spektral Gempa Tertaget (Nilai $S_{MS}$ dan $S_{MI}$ ) .....	31
4.4.5.	Parameter Respons Spektral Gempa Desain (Niali $S_{DS}$ dan $S_{DI}$ ).....	32
4.4.6.	Spektrum Respons Desain .....	32
4.4.7.	Kategori Desain Seismik dan Penahan Gaya Gempa .....	33
4.4.8.	Analisa Arah Mode Ragam.....	34

4.4.9.	Kontrol Hasil Analisa Dinamik Gempa.....	37
4.4.9.1.	Kontrol Ragam dan Partisipasi Massa Bangunan.....	37
4.4.9.2.	Penentuan Periode Fundamental Pendekatan .....	37
4.4.9.3.	Partisipasi Massa Struktur.....	38
4.4.9.4.	Gaya Lateral <i>Ekivalen</i> .....	38
4.4.9.5.	Gaya Geser Tiap Lantai .....	39
4.4.10.	Relasi Beban Statik-Dinamik.....	40
4.4.11.	Simpangan Antar Lantai .....	42
4.4.12.	Cek Kestabilan Struktur Akibat Gempa .....	44
4.4.13.	Cek Ketidakberaturan Struktur .....	46
4.4.13.1.	Ketidakteraturan Horizontal.....	46
4.4.13.2.	Ketidakteraturan Vertikal.....	48
4.4.14.	Cek Eksentrisitas.....	49
4.4.15.	Cek Redudansi .....	50
4.4.16.	Cek Kapasitas Penampang Struktur.....	51
4.4.17.	Pengecekan Rasio Tegangan Baja Atap .....	53
4.5.	Perancangan Atap .....	54
4.5.1.	Perhitungan Atap .....	54
4.5.2.	Perhitungan Sambungan Aksial Lentur dan Geser .....	61
4.5.3.	Perhitungan Tumpuan ( <i>Bearing</i> ).....	65
4.6.	Perancangan Balok.....	70
4.7.	Perancangan Kolom.....	76
4.8.	Perancangan Pelat .....	78
4.9.	Perancangan Pondasi .....	85
4.9.1.	Desain Tiang Pancang.....	85
4.9.2.	Perancangan Pondasi untuk Titik di Tengah Bangunan .....	85
BAB V PENUTUP		
5.1.	Kesimpulan .....	93
5.2.	Penutup .....	94
DAFTAR PUSTAKA .....		xxi
LAMPIRAN.....		xxiii

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung Untuk Beban Gempa.....	6
Tabel 2.2.	Faktor Keutamaan Gempa .....	6
Tabel 2.3.	Kelas Situs .....	7
Tabel 2.4.	Koefisien Situs $F_a$ .....	8
Tabel 2.5.	Koefisien Situs $F_v$ .....	8
Tabel 2.6.	Kategori Desain Seismik Yang Didasarkan Pada Parameter Percepatan Dalam Periode Pendek .....	9
Tabel 2.7.	Kategori Desain Seismic Yang Didasarkan Pada Parameter Percepatan Dalam Periode 1 Detik .....	10
Tabel 2.8.	Faktor R, Cd dan $\Omega_0$ untuk sistem pemikul gaya seismik.....	11
Tabel 2.9.	Ketidakteraturan Horizontal Pada Struktur.....	14
Tabel 2.10.	Ketidakteraturan Vertikal Pada Struktur.....	15
Tabel 2.11.	Jenis Terkait Pembebanan Untuk Beban Hidup .....	16
Tabel 2.12.	Kekuatan Geser Nominal Joint $V_n$ .....	18
Tabel 2.13.	Tebal Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang .....	20
Tabel 2.14.	Tebal Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Dengan Balok Diantara Tumpuan Pada Sisinya.....	20
Tabel 2.12.	Tinggi Minimum Balok Nonprategang.....	21
Tabel 4.1.	Dimensi Kolom Struktur Gedung .....	27
Tabel 4.2.	Dimensi Balok Struktur Gedung.....	28
Tabel 4.3.	Konfigurasi Gedung .....	29
Tabel 4.4.	Pembebanan Struktur Bangunan.....	30
Tabel 4.5.	Nilai Spektrum Respons Desain .....	32
Tabel 4.6.	Nilai Spektrum Respons Percepatan Desain.....	37
Tabel 4.7.	Partisipasi Massa Struktur .....	38
Tabel 4.8.	Gaya Geser Antar Tingkat Arah – X .....	39
Tabel 4.9.	Gaya Geser Antar Tingkat Arah – Y .....	39
Tabel 4.10.	Gaya Geser Tiap Lantai .....	40
Tabel 4.11.	Gaya Geser Statik dan Dinamik Tiap Lantai .....	40

Tabel 4.12.	Gaya Geser Antar Tingkat Dinamik <i>Correction</i> .....	41
Tabel 4.13.	Gaya Geser Desain Antar Tingkat .....	41
Tabel 4.14.	Gaya Lateral Desain.....	42
Tabel 4.15.	Simpangan Antar Lantai Arah – X .....	43
Tabel 4.16.	Simpangan Antar Lantai Arah – Y .....	43
Tabel 4.17.	Cek Kestabilan Struktur Akibat Gempa Arah – X .....	44
Tabel 4.18.	Cek Kestabilan Struktur Akibat Gempa Arah – Y .....	45
Tabel 4.19.	Ketidakteraturan Horizontal .....	45
Tabel 4.20.	Ketidakteraturan Vertikal.....	48
Tabel 4.21.	Ketidakteraturan Vertikal 2.....	48
Tabel 4.22.	Ketidakteraturan Vertikal 5.....	49
Tabel 4.23.	Momen Torsi Arah X.....	49
Tabel 4.24.	Momen Torsi Arah Y.....	50
Tabel 4.25.	<i>Steel Frame Design Summary</i> .....	54
Tabel 4.26.	Tulangan Balok B1 .....	76
Tabel 4.27.	Tulangan Kolom K1 .....	78
Tabel 4.28.	Data Susunan Tiang.....	86





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Simpangan Antar Lantai .....	13
Gambar 2.2.	Mekanisme Keruntuhan Rangka .....	17
Gambar 2.3.	Luas <i>Joint</i> Efektif .....	19
Gambar 3.1.	Bagan Alur Perhitungan .....	25
Gambar 3.2.	Hasil Pemodelan Gedung Menggunakan Etabs .....	26
Gambar 4.1.	Permodelan Secara 3D .....	28
Gambar 4.2.	Grafik Spektral Percepatan Gedung Sekretariat Daerah Salatiga ..	33
Gambar 4.3.	Mode 1 (Translasi Arah Y).....	34
Gambar 4.4.	Mode 2 (Rotasi).....	34
Gambar 4.5.	Mode 3 (Translasi Arah X).....	35
Gambar 4.6.	Mode 1 (Translasi Arah Y).....	35
Gambar 4.7.	Mode 2 (Translasi Arah X).....	35
Gambar 4.8.	Mode 3 (Rotasi).....	36
Gambar 4.9.	Titik <i>Bracing Plan View</i> Lantai 2.....	36
Gambar 4.10.	Titik <i>Bracing 3D View</i> .....	37
Gambar 4.11.	Lateral Antar Lantai Arah X dan Y .....	42
Gambar 4.12.	Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y .....	43
Gambar 4.13.	Grafik P Delta Arah – X.....	45
Gambar 4.14.	Grafik P Delta Arah – Y.....	45
Gambar 4.15.	Grafik Ketidakberaturan Horizontal 1a Arah X.....	46
Gambar 4.16.	Grafik Ketidakberaturan Horizontal 1a Arah Y .....	46
Gambar 4.17.	Grafik Cek Redudansi .....	51
Gambar 4.18.	Diagram Aksial Kombinasi <i>Envelope</i> .....	52
Gambar 4.19.	Diagram Gaya Momen Kombinasi <i>Envelope</i> .....	52
Gambar 4.20.	Diagram Gaya Geser Kombinasi <i>Envelope</i> .....	53
Gambar 4.21.	Rasio Atap .....	53
Gambar 4.22.	Tulangan Balok .....	76
Gambar 4.23.	Tulangan Kolom.....	78
Gambar 4.24.	Letak Pondasi Kolom yang Ditinjau .....	85

# PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2019

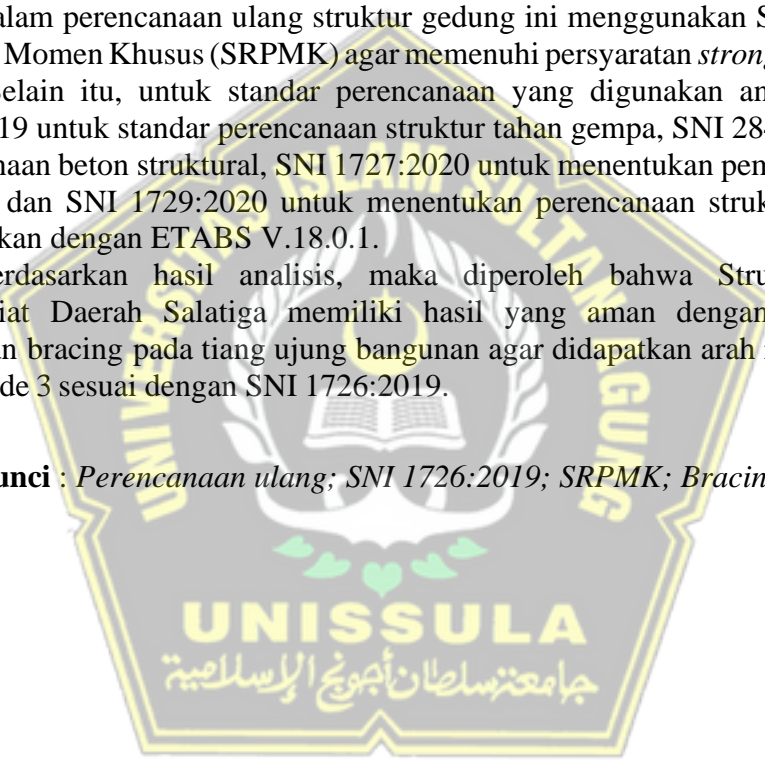
## Abstrak

Perencanaan ulang Gedung Sekretariat Daerah Salatiga direncanakan dengan kriteria pembangunan gedung perencanaan tahan gempa terbaru yaitu SNI 1726:2019 dimana analisa yang dimodelkan harus mencapai nilai partisipasi massa sebesar 100% dari massa struktur. Ditinjau dari aspek tersebut, maka dilakukan perancangan ulang yang bertujuan untuk mendesain agar bangunan aman dan layak untuk dipakai serta sesuai dengan peraturan struktur tahan gempa yang berlaku.

Dalam perencanaan ulang struktur gedung ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. Selain itu, untuk standar perencanaan yang digunakan antara lain SNI 1726:2019 untuk standar perencanaan struktur tahan gempa, SNI 2847:2019 untuk perencanaan beton struktural, SNI 1727:2020 untuk menentukan pembebanan pada gedung, dan SNI 1729:2020 untuk menentukan perencanaan struktur baja yang dimodelkan dengan ETABS V.18.0.1.

Berdasarkan hasil analisis, maka diperoleh bahwa Struktur Gedung Sekretariat Daerah Salatiga memiliki hasil yang aman dengan memberikan perkuatan bracing pada tiang ujung bangunan agar didapatkan arah rotasi minimal pada mode 3 sesuai dengan SNI 1726:2019.

**Kata Kunci :** *Perencanaan ulang; SNI 1726:2019; SRPMK; Bracing.*



# **REDESIGN OF STRUCTURE BUILDING WITH THE 4 STOREY BASED ON SNI 1726:2019**

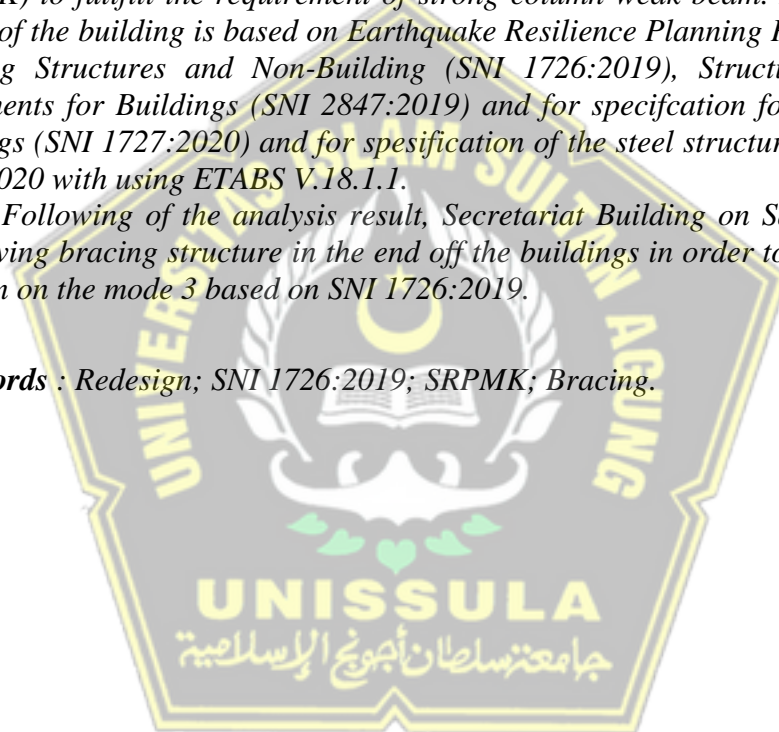
## *Abstract*

*Redesign of Secretariat Building on Salatiga is planned with new standard of SNI 1726:2019 which the analysis have to get participation mass ratio as large as 100% of the structure mass. In terms of that spesification, so redesign of this building is needed with a purpose the building is safe, suitable and match with a new standard requiment for earthquake-resist structure.*

*Redesign of this building is using Special Moment Resisting Frame System (SRPMK) to fullfill the requirement of strong column weak beam. Moreover, the design of the building is based on Earthquake Resilience Planning Procedures for Building Structures and Non-Building (SNI 1726:2019), Structural Concrete Requiments for Buildings (SNI 2847:2019) and for spesification for loads of the buildings (SNI 1727:2020) and for spesification of the steel structure is using SNI 1729:2020 with using ETABS V.18.1.1.*

*Following of the analysis result, Secretariat Building on Salatiga is safe with giving bracing structure in the end off the buildings in order to get minimum rotation on the mode 3 based on SNI 1726:2019.*

**Key Words :** *Redesign; SNI 1726:2019; SRPMK; Bracing.*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kota Salatiga merupakan salah satu kota yang berada di Jawa Tengah. Kondisi geografis Kota Salatiga berada tepat dibawah Gunung Merbabu yang masih berstatus aktif dengan jarak yang dekat antara puncak gunung dan pusat Kota Salatiga sehingga dalam melakukan perencanaan konstruksi perlu diperhatikan bahwa struktur yang dirancang harus aman dan tahan terhadap gempa.

Pada perencanaan struktur, khususnya bangunan gedung harus memperhatikan beberapa faktor secara matang dari segi kekuatan, keamanan dan aspek ekonomisnya. Adapun kriteria pembangunan gedung yang tahan terhadap gempa yaitu SNI 1726:2019. Kriteria tersebut digunakan sebagai tolok ukur dalam merencanakan suatu bangunan yang tahan terhadap gempa, agar desain struktur bangunan dapat aman dan tahan terhadap gaya yang ditimbulkan oleh gempa, terlebih bangunan dengan beberapa lantai.

Berdasarkan historisnya Gedung Sekretariat Daerah ini didesain menggunakan peraturan SNI 1726:2012 atau sebelum peraturan saat ini berlaku. Untuk itu pada perencanaan beban gempa ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% atau gempa sebesar 100 % menggunakan standar terbaru (SNI 1726:2019). Perancangan struktur di daerah gempa menggunakan Desain Kapasitas terlebih dahulu harus ditentukan elemen-elemen kritisnya, sedemikian rupa sehingga mekanisme keruntuhannya dapat memancarkan energi sebesar-besarnya. Mekanisme tersebut diusahakan agar sendi-sendi plastis terbentuk pada balok terlebih dahulu dan bukannya pada kolom. Hal tersebut dengan pertimbangan bahwa bahaya ketidakstabilan akibat efek perpindahan jauh lebih kecil dibanding dengan mekanisme sendi plastis pada kolom dan juga kolom sulit untuk diperbaiki daripada balok sehingga harus dilindungi dengan tingkat keamanan yang lebih tinggi. Oleh karena itu konsep yang digunakan adalah *strong column-weak beam*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang terkait dengan latar belakang diatas pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana merancang ulang struktur bangunan tahan gempa Gedung Sekretariat Daerah Salatiga sesuai dengan kriteria yang aman meliputi:

1. Bagaimana menentukan sistem struktur gedung sesuai dengan SNI 1729:2019?
2. Bagaimana menganalisa ketidakberaturan struktur dari Gedung Sekretariat Daerah Kota Salatiga?
3. Bagaimana analisis terhadap kapasitas Kolom, Balok dan Pelat lantai?
4. Bagaimana daya dukung pondasi eksisting terhadap beban dengan standar SNI terbaru?

## 1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan Tugas Akhir ini adalah merancang ulang struktur bangunan tahan gempa Gedung Sekretariat Salatiga dengan standar acuan SNI 1726:2019.

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah perancangan ulang struktur bangunan tahan gempa Gedung Sekretariat Daerah Kota Salatiga diantaranya:

1. Menganalisa sistem struktur gedung sesuai dengan SNI 1729:2019
2. Menganalisa ketidakberaturan struktur Gedung Sekretariat Daerah Kota Salatiga
3. Mendesain dimensi dan penulangan Kolom, Balok dan Pelat
4. Mendesain dan memperhitungkan daya dukung Pondasi dan *Pilecap*

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis terhadap Gedung Sekretariat Daerah Salatiga.
2. Kelas Situs tanah diasumsikan menggunakan kelas situs SE.
3. Tidak memperhitungkan RAB (Rencana Anggaran Biaya) gedung.

4. Tidak meninjau pada segi arsitekturnya.
5. Tidak memperhitungkan penurunan pondasi.
6. Tidak merencanakan *Mechanical Electrical Plumbing (MEP)*

### **1.5. Sistematika Penulisan**

Tata cara dalam melakukan penyusunan Tugas Akhir guna untuk mempermudah dalam penulisan dan pembahasan yang terdiri atas :

#### **BAB I            PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

#### **BAB II           TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan dasar perancangan ini. Teori atau kajian tentang konsep dasar bangunan, pembebanan bangunan dan peraturan struktur tahan gempa.

#### **BAB III          METODE PERANCANGAN**

Bab ini berisi tentang pengumpulan data struktur gedung dan pengolahan data.

#### **BAB IV          PERHITUNGAN STRUKTUR**

Menguraikan permodelan dari struktur yang sudah dirancang, mengestimasi pembebanan struktur dan beban kombinasi. Kemudian menyajikan hasil perhitungan analisis struktur yang sudah dimodelkan.

#### **BAB V            PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari keseluruhan perancangan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Menuliskan secara detail referensi yang telah dipakai untuk pembuatan Tugas Akhir.

#### **LAMPIRAN**

Berisi tentang tabel perhitungan, administrasi atau surat-surat dan gambar struktur (*final design drawing*).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Umum**

Pada *high rise building* atau bangunan bertingkat dibutuhkan desain/perancangan yang baik meliputi struktur bawah ataupun atasnya dengan memperhatikan keselamatan (*safety*), kekuatan (*strength*), umur rencana (*durability*) dan kenyamanan (*serviceability*). Sebagai perancangan awal dibutuhkan data beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake load*) dan beban angin (*wind load*) pada atap yang bekerja pada bangunan, guna menentukan ketahanan penampang dan perkuatan yang diperlukan. (Gideon dan Takim, 1993).

#### **2.2. Landasan Teori**

Suatu performa struktur untuk menghadapi suatu bencana alam (gempa) yaitu salah satu kinerja dari struktur. Dengan melakukan pengamatan langsung di lokasi yang terdampak bencana alam gempa dapat dilihat visualisasi kerusakan bangunan. Hal ini menjadikan kinerja struktur berbanding lurus dengan biaya perbaikan pada bangunan gedung tersebut. Rancangan kinerja struktur harus ditinjau dari segi fungsi dan tujuan bangunan tersebut didirikan serta harus memperhatikan dari segi ekonomi untuk perbaikan saat gedung hancur ketika diterpa bencana alam.

#### **2.3. Sistem Struktur Tahan Gempa**

Dalam merancang suatu bangunan harus disesuaikan dengan kaidah dalam peraturan terbaru yaitu SNI 1726:2019. Struktur yang dirancang harus berperilaku duktail sehingga meminimalisir gaya gempa yang diterima. Saat gaya gempa bekerja pada bangunan maka tidak boleh terjadi kegagalan struktur secara total.

Bangunan Tahan Gempa yang dimaksud adalah :

- a) Pada saat diguncang gempa yang berskala kecil, bangunan tidak runtuh atau rusak sama sekali.
- b) Ketika guncangan terjadi pada gempa berkekuatan sedang, hanya bagian non-bantalan yang rusak, dan bagian bantalan tidak rusak sama sekali.

- c) Ketika sebuah bangunan berguncang saat terjadi gempa besar, bangunan tersebut harus tetap berdiri meskipun struktur dan non strukturnya mengalami kerusakan.

### 2.3.1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa

Struktur bangunan memiliki Kategori Risiko, dibedakan menjadi 4 kategori berdasarkan fungsi dari bangunan itu sendiri. Pada Gedung Sekretariat Daerah Salatiga merupakan gedung perkantoran. Untuk gedung dengan fungsi perkantoran termasuk dalam Kategori Risiko 2 berdasarkan pada Tabel 2.1.

Suatu faktor penyebab utama gempa (*I<sub>e</sub>*) dapat dilihat pada Tabel 2.2 dengan berdasarkan kategori risikonya.

Tabel 2.1. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> </ul>	I
Semua Gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III dan IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> </ul>	II
Gedung dan non Gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul>	III



Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-gedung untuk Beban Gempa  
(lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penjara</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Bioskop</li> <li>- Stadion</li> </ul> <p>Gedung dan non Gedung, tidak termasuk dalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari - hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat telekomunikasi 90</li> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> </ul> <p>Gedung dan non Gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV (termasuk tapi tidak dibatasi fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, limbah berbahaya atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahaya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	<p>III</p>
<p>Gedung dan non Gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan</li> <li>- Bangunan – bangunan monumental</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah atau unit gawat darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur pendukung air atau material peralatan pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</p>	<p>IV</p>

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2.2. Faktor Keutamaan Gempa

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

Sumber : SNI 1726:2019

### 2.3.2. Klasifikasi Situs dan Parameter Percepatan Terpetakan

Berdasarkan Pasal 5.1 SNI 1726:2019 penentuan Klasifikasi Situs *SA*, *SB*, *SC*, *SD*, *SE* atau *SF* dapat dilihat pada tabel berikut. Apabila pada pengujian tanah yang tidak teridentifikasi maka akan diasumsikan *SE*.

Tabel 2.3. Kelas Situs

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{CK}$	$\bar{s}_u$ (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 tiga meter tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Kadar Air, $W \geq 40 \%$ ; 2. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF(tanah khusus yang membutuhkan infestigasi geoteknis spesifik dan analisa respon seismik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : 1. Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) 2. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah. 3. 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		

Sumber : SNI 1726:2019

Saat menentukan percepatan gempa MCER (respon spektrum) ditentukan dengan batas dari nilai  $S_I$  dan  $S_s$  berdasarkan SNI 1726:2019.

Parameter percepatan respons spektrum saat waktu singkat

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

Parameter percepatan respons spektrum pada waktu 1 detik

$$S_{m1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$S_s$  = Parameter Percepatan Gempa MCER untuk respon waktu singkat

$S_1$  = Parameter Percepatan Gempa MCER untuk respon waktu 1,0 detik

Tabel 2.4. Koefisien  $S$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS(a)					

Catatan : SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 6

Tabel 2.5. Koefisien Situs  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS(a)					

Catatan : S1 = Situs yang memerlukan invenstigasi geotektik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 7

**2.3.3. Parameter Percepatan Spektral Desain**

Parameter percepatan spektral desain untuk waktu singkat

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

Parameter percepatan spektral desain untuk waktu 1 detik

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

Keterangan:

$S_{DI}$  = Parameter percepatan respon spektra desain dengan redaman 5% pada waktu 1 detik

$S_{DS}$  = Parameter percepatan respon spektra desain dengan redaman 5% waktu singkat

**2.3.4. Spektrum Respons Desain**

Jika spektrum respons desain yang diperlukan pada prosedur gerakan tanah spesifik lokasi tidak digunakan, grafik respons spektral desain pada periode yang nominalnya lebih kecil dari  $T_0$ , maka  $S_a$  :

$$S_a = S_{DS} \times (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk periode yang nominalnya sama atau lebih besar dari dengan  $T_0$  dan sama atau lebih kecil dengan  $T_s$ ,

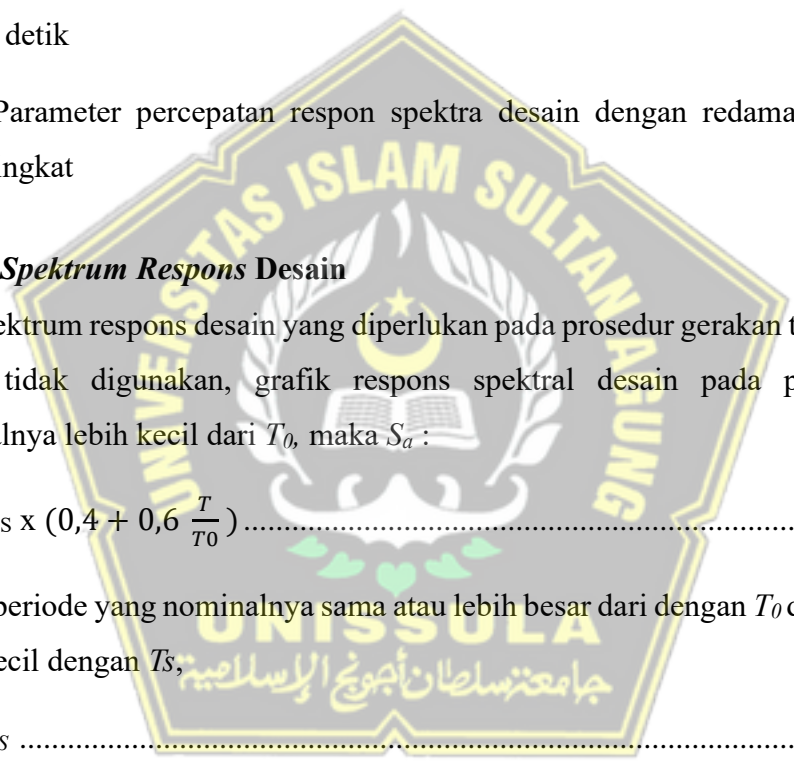
$$S_a = S_{DS} \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk nominal periode lebih besar  $T_s$ , nilai  $S_a$  :

$$S_a = \frac{SD1}{T} \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk nominal periode lebih besar dari  $T_L$ , nilai  $S_a$  :

$$S_a = \frac{SD1 \times T_L}{T^2} \dots\dots\dots (2.8)$$



Keterangan :

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

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

$T$  = Periode getar fundamental struktur

### 2.3.5. Kategori Desain Seismik (KDS)

Untuk menetapkan KDS didasarkan pada kategori resiko bangunan yaitu :

Tabel 2.6. Kategori desain seismik yang didasarkan pada  $S_{DS}$

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 8

Tabel 2.7. Kategori desain seismik yang didasarkan pada  $S_{D1}$

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

Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 9

### 2.3.6. Sistem Penahan Gempa

Untuk Sistem Pemikul Gaya Gempa dapat ditentukan dari parameter Kategori Desain Seismiknya, ketika dipergunakan untuk nilai  $C_d$ ,  $R$ , dan  $\Omega_0$  harus diterapkan (SNI 1726:2019)

Tabel 2.8. Faktor  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega_o$  Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem penahan gaya gempa	Koefisien modifikasi Respon $R$	Faktor kuat lebih sistem $\Omega_o$	Faktor pembesaran defleksi $C_d$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur $h_n$ (m)				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
1. Rangka baja pemikul momen biasa	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI	TI	TI'
2. Rangka baja pemikul momen menengah	$4\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	10	TI	TI'
3. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	48	30	TI
4. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 12

### 2.3.7. Gaya Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik ( $V$ ), arahnya didapat berdasarkan rumusan dibawah ini :

$$V = C_s W \dots\dots\dots (2.9)$$

Koefisien respon seismik ( $C_s$ ) diperoleh dari rumusan berikut;

$$C_s = \frac{SDS}{(R/I_e)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Nilai  $C_s$  yang didapatkan dari persamaan (2.10) tidak diperlukan lebih dari berikut ini:

Untuk  $T$  kurang dari atau sama dengan  $T_L$

$$C_s = \frac{SD1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk  $T$  lebih dari  $T_L$

$$C_s = \frac{SDS \times T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.12)$$

$C_s$  harus bernilai lebih dari

$$C_{smin} = 0,444 S_{Ds} I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots(2.13)$$

Pada struktur yang berada pada zona  $SD1$  yang lebih besar sama dengan dari 0,6g maka nilai  $C_s$  harus lebih sedikit dari:

$$C_s = \frac{SD1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

- $C_s$  = Koefisien respon seismik
- $V$  = Gaya geser dasar seismik
- $W$  = Total beban bangunan

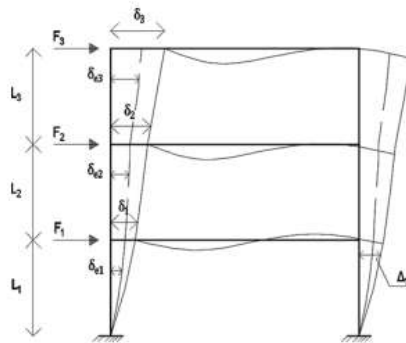
### 2.3.8. Penentuan Dan Batasan Simpangan Antar Lantai

Pada saat menentukan simpangan perlantai harus diperhitungkan beda simpangan pusat berat beban bidang atas dan bidang bawahnya sehingga dapat terlihat perbedaannya seperti pada Gambar 2.1 jika pusat berat beban bukan berada pada satu bidang lurus dengan arah vertikal diperbolehkan untuk melakukan perhitungan. Simpangan pusat berat beban pada bidang x dengan satuan mm dapat dilihat pada menggunakan rumusan berikut:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}}\right)^2 \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

- $A_x$  = Pembesaran momen torsi
- $\delta_{max}$  = Perpindahan secara maksimum ditingkat x (mm) yang dihitung dengan asumsi  $A_x = 1$
- $\delta_{avg}$  = Rata-rata nilai pada perpindahan di titik terjauh struktur ditingkat x yang dihitung dengan asumsi  $A_x = 1$



**Gambar 2.1** Simpangan Antar Lantai (SNI 1726:2019)

Menentukan cara simpangan antar lantai berdasarkan Gambar 2.1

$$\delta_3 = \delta_{e3} \times \frac{C_D}{I_E}$$

→

$$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) \times \frac{C_D}{I_E} \leq \Delta_a$$

$$\delta_2 = \delta_{e2} \times \frac{C_D}{I_E}$$

→

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times \frac{C_D}{I_E} \leq \Delta_a$$

$$\delta_1 = \delta_{e1} \times \frac{C_D}{I_E}$$

→

$$\Delta_1 = \delta_1 \times \frac{C_D}{I_E} \leq \Delta_a$$

### 2.3.9. Ketidakberaturan Horizontal

Apabila suatu struktur mengalami terjadinya Ketidakberaturan Horizontal setidaknya memiliki satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti pada Tabel 2.9. harus ditinjau kembali sesuai dengan penerapan kategori resikonya berdasarkan pasal 7.3.3 SNI 1726:2019



Tabel 2.9. Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Penerapan kategori desain seismik
1a.	<b>Ketidakberaturan torsi</b> didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$ , 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 diafragma kaku atau setengah kaku.	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 $A_x = 1,0$ , 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 diafragma kaku atau setengah kaku.	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.	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.	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.	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.	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

SNI 1726:2019, Tabel 13

### 2.3.10. Ketidakberaturan Vertikal

Apabila suatu struktur mengalami terjadinya Ketidakberaturan vertikal setidaknya memiliki satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti pada Tabel 2.10. maka dipastikan bangunan tersebut memiliki ketidakberaturan struktur vertikal dengan meninjau kembali sesuai dengan penerapan kategori resikonya berdasarkan pasal 7.3.3 SNI 1726:2019

Tabel 2.10. Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur

	<b>Tipe dan penjelasan ketidak beraturan</b>	<b>Penerapan kategori desain seismik</b>
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.	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	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.	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 seismic tingkat didekatnya.	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.	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.	D, E, dan F B, dan C 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.	D, E, dan F B, dan C D, E, dan F

SNI 1726:2019, Tabel 14

## 2.4. Pembebanan

Pembebanan pada suatu struktur terbagi atas 2 yaitu jenis beban yang meliputi vertikal dan horizontal serta kombinasi pembebanan.

### 2.4.1. *Beban Mati*

Beban mati suatu struktur mencakup semua bahan konstruksi, arsitektur dan struktural lainnya termasuk alat berat pengangkut material.

2.4.1.1. *Berat sendiri.* Beban bangunan meliputi kolom, balok, pelat lantai dan lainnya, yang secara otomatis dihitung oleh ETABS.

2.4.1.2. *Beban mati tambahan.* Berat dari struktur bangunan di atasnya yang meliputi beban plesteran keramik, *plafond*, MEP dan dinding.

### 2.4.2. *Beban Hidup*

Dari segi fungsi dan kegunaan harus diperhatikan pembebanan hidupnya karena fungsi tiap ruang dan gedung berbeda – beda besaran nilai bebannya yang berdasarkan SNI 1727:2020. Beban Hidup pada Gedung Sekretariat Daerah Salatiga merupakan gedung dengan fungsi perkantoran yang memiliki beban hidup 2,4 kN/m<sup>2</sup>.

Tabel 2.11. Jenis Terkait Pembebanan Untuk Beban Hidup

Jenis Beban	Beban	Besar Beban
Beban Hidup	1. Beban hidup pada Gedung perkantoran	2,4 kN/m <sup>2</sup>

Sumber : SNI 1727:2020

### 2.4.3. *Kombinasi Pembebanan*

Pada perancangan suatu bangunan terdiri dari kerangka bawah dan kerangka atas. Berdasarkan SNI 1727:2020 bagian dari struktur bangunan harus dapat menopang berat dengan kombinasi berat sehingga bangunan tersebut cukup kuat pada saat menopang berat material. Konfigurasi komponen untuk metode terbaik yaitu :

1.  $1,4D$ .....(2.16)

2.  $1,2D + 1,6L$  ( $L$  atau  $0,5W$ ) .....(2.17)

3.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$ .....(2.18)
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$ .....(2.19)
5.  $1,2D + 1,0W + L$  .....(2.20)
6.  $0,9D + 1,0W$  .....(2.21)
7.  $0,9D + 1,0E$  .....(2.22)

Dalam standar perancangan tahan gempa faktor kombinasi berat pada *dead load*, *live load* dan *earthquake load* dirumuskan sebagai berikut :

$$(1,2 + 0,2Sds) DL + LL \pm 0,3EX \pm 1EY \dots\dots\dots(2.23)$$

$$(1,2 + 0,2Sds) DL + LL \pm 0,3EX \pm 1EY \dots\dots\dots(2.24)$$

$$(0,9 + 0,2Sds) DL \pm 0,3EX \pm 1EY \dots\dots\dots(2.25)$$

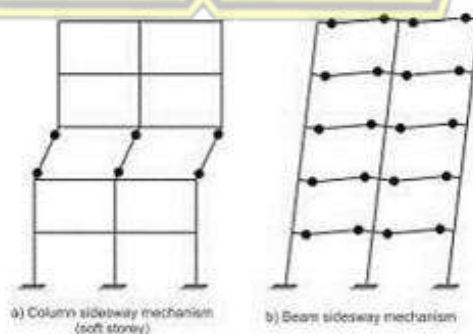
$$(0,9 + 0,2Sds) DL \pm 1EX \pm 0,3EY \dots\dots\dots (2.26)$$

### 2.5. Perancangan Struktur Atas

*Upper structure* dalam sebuah bangunan gedung mempunyai 2 bagian yaitu bagian primer dan sekunder. Pada bagian primer meliputi elemen kolom dan balok induk serta untuk bagian sekunder mencakup elemen balok anak, pelat dan tangga.

#### 2.5.1. Desain Kapasitas

Ketahanan Struktural terhadap beban gempa bumi merupakan sesuatu yang sangat penting. Dilakukannya hal ini untuk mencegah adanya kegagalan jika terjadi bencana alam. Struktur wajib dirancang dengan mempertimbangkan pengaruh yang disebabkan dari gaya lateral akibat gempa tersebut.



**Gambar 2.2.** Mekanisme keruntuhan struktur

### 2.5.2. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK mempunyai durabilitas tinggi dan sesuai untuk diterapkan di daerah dengan ancaman gempa yang tinggi. Keunggulan sistem ini terletak pada segi arsitekturnya yang umum, tetapi kekurangan dari sistem ini terdapat pada detail rumit bisa mempersulit pekerjaan.

Konsep yang digunakan pada SRPMK adalah *strong column and weak beam*. Untuk perancangan struktur di zona gempa agar lebih efisien, kekakuan pada struktur dapat digunakan untuk menyerap energi gempa setelah melebihi batas plastisnya. Karena adanya karakter kekakuan, respons spektrum seismik desain plastis bisa direduksi menjadi beban seismik nominal dengan syarat dirancangnya harus relatif kokoh.

#### 2.5.2.1. Joint Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

##### 1. Syarat-syarat:

- a. Tahanan terhadap bresing balok horizontal di depan tulangan lentur sebesar  $1,25f_y$
- b. Jika penulangan longitudinal balok diteruskan melalui sambungan balok-kolom, dimensi kolom termasuk penulangan balok adalah diameter tulangan longitudinal terbesar balok untuk beton berat normal dan beton ringan harus paling sedikit 20 kali lipat. Harus setidaknya 26 kali diameter tulangan.
- c. Tulangan longitudinal balok yang berhenti di kolom berlanjut ke tingkat terluar kolom inti yang terkekang dan harus disalurkan dalam tarik sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.8.5 dan dalam tekan sesuai pasal 25.4.9.
- d. Tinggi sambungan  $h$  tidak diizinkan lebih sedikit dari  $\frac{1}{2}$  tinggi balok yang merangkap sambungan pada sambungan tersebut yang akan mengakibatkan sebagai salah satu dari sistem pemikul gaya seismik.

##### 2. Kekuatan geser

Kekuatan geser  $V_n$  joint harus sesuai Tabel 2.14 SNI 2847:2019.

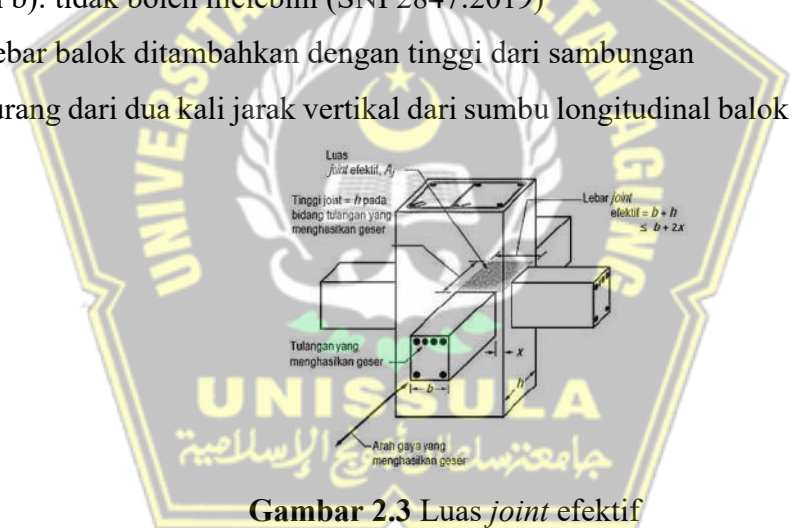
Tabel 2.12. Kekuatan geser nominal joint  $V_n$

Konfigurasi <i>Joint</i>	$V_n$
Untuk <i>joint</i> yang terkekang oleh balok-balok pada keempat sisinya <sup>(1)</sup>	$1,7\lambda \sqrt{f'c} Af^{[2]}$
Untuk <i>joint</i> yang terkekang oleh balok-balok pada tiga sisinya atau dua sisi berlawanan <sup>(1)</sup>	$1,2\lambda \sqrt{f'c} Af^{[2]}$
Untuk kasus-kasus lainnya	$1,0\lambda \sqrt{f'c} Af^{[2]}$

Sumber : SNI 2847:2019

Luas penampang diperhitungkan dengan mangalikan tinggi *sambungan* dengan lebar efektif sambungan. Tinggi sambungan harus sama dengan lebar kolom dan lebar efektif sambungan harus sama dengan lebar kolom. Pengecualian untuk balok yang dipasang pada kolom yang lebih lebar, lebar sambungan efektif a) dan b): tidak boleh melebihi (SNI 2847:2019)

- a) Lebar balok ditambahkan dengan tinggi dari sambungan
- b) kurang dari dua kali jarak vertikal dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom



Gambar 2.3 Luas *joint* efektif

### 3. Panjang penyaluran tulangan Tarik

Untuk D10 sampai dengan D36 yang dilengkapi dengan kait standar di ujungnya, panjang rel  $l_{dh}$  dihitung sesuai pasal 18.8.5.1 SNI 2847:2019 untuk berat standar beton. Untuk beton ringan adalah 150 mm, tetapi tidak boleh di bawah nilai maksimum antara 10 db dan 190 mm.

$$l_{dh} = \frac{f_y db}{5,4 \sqrt{f'c}} \dots \dots \dots (2.27)$$

2.5.2.2. *Beton pracetak*. Sambungan kekakuan pada beton pracetak SRPMK diwajibkan memenuhi (a) sampai (c) :

- a) Syarat beton di cor secara langsung untuk SRPMK sesuai pada pasal 18.6 sampai 18.8 SNI 2847:2019
- b)  $V_n$  untuk joint tidak diizinkan kurang dari  $2V_c$  dimana  $V_c$  dihitung sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.1 atau 18.6.5.1
- c) Penempatan *joint* mekanik penulangan balok diharuskan pada jarak minimal  $\frac{h}{2}$  dari muka sambungan yang sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.2.7.

### 2.5.3. *Desain Pelat*

Pelat non prategang tanpa balok dalam pada semua sisi yang merentang antar kolom dan rasio maksimum bentang panjang dan pendek adalah 2, tebal total pelat,  $h$ , tercantum di Tabel 8.3 SNI 2847:2019. Tidak boleh kurang dari 1,1 batas dan mempunyai nilai terkecil antara a) atau b) kecuali batas lendutan yang diperhitungkan menurut SNI 2847:2019, pasal 8.3.2 harus memenuhi :

- a) Pelat tanpa *drop panel* sesuai 8.2.4 .....125 mm
- b) Pelat dengan *drop panel* sesuai 8.2.4 .....100 mm

Tabel 2.13. Tebal minimum pelat dua arah nonprategang (mm)

$f_y$ MPa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber : SNI 2847:2019, Tabel 8.3.1.1

Tabel 2.14. Tebal minimum *two way slab* non prategang dengan balok diantara tumpuan pada sisinya

$a_{fm}$	$h$ minimum (mm)		
$a_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1 berlaku		(a)
$0,2 < a_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari:	$\frac{(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 5\beta (a_{fm-0,2})}$	(b)
		125	(c)
$a_{fm} > 2,0$	Terbesar dari:	$\frac{(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}$	(d)
		90	(e)

Sumber : SNI 2847:2019, Tabel 8.3.1.2

#### 2.5.4. Desain Dimensi Balok

Untuk perancangan ukuran balok berdasarkan pada balok non-prategang dengan posisi tidak bertumpu di struktur lain dan mengalami kerusakan dikarenakan lendutan yang besar, tebal dari plat  $h$  secara menyeluruh tidak diizinkan lebih sedikit dari batas minimal yang terdapat pada SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1 dikecualikan apabila hasil dari perhitungan batas lendutan yang terdapat pada SNI 2847:2019 pasal 9.3.2 terpenuhi.

Tabel 2.15. Tinggi minimum balok nonprategang

Kondisi Perlekatan	Minimum $h$
Perlekatan Sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18.5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Sumber : SNI 2847:2019

$$1. h_{\min} = \frac{1}{16} \text{ (Digunakan apabila } f_y = 420 \text{ MPa)} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$2. h_{\min} = \frac{1}{16} (0,4 + \frac{fy}{700} (f_y \text{ selain } 420 \text{ MPa)} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$3. h_{\min} = \frac{1}{16} (1,65 - 0,003 Wc), (Wc \text{ } 1440 - 1840 \text{ kg/m}^3) \dots\dots\dots (2.30)$$



### 2.5.5. Desain Dimensi Kolom

Dalam merancang kolom harus memperhatikan dimensi kolom dan mutu beton yang digunakan beserta tulangnya. Untuk perhitungan luas dimensi kolom dapat dirumuskan :

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan :

$A$  = Luas penampang kolom

$W$  = Berat beban total yang diterima kolom

$f'c$  = Kuat tekan beton karakteristik

### 2.6. Perencanaan Struktur Bawah

Ada beberapa elemen *sub structure* yang dirancang yaitu pondasi, *pile cap* dan *sloof*. Data tanah diperoleh dari hasil penyelidikan tanah didapat dari data *Cone Penetration Test* (CPT) dengan 2 titik sondir yaitu S.1 dan S.2 dengan kedalaman masing – masing 5,4 m dan 5,8 m.

Untuk perancangan pondasi konstruksi bangunan dengan beban ringan, maka digunakan Pondasi Telapak. Untuk perhitungan daya dukungnya berdasarkan hasil uji sondir/CPT dapat menggunakan persamaan Schmertmann :

$$q_{un} = 5 + 0,34 \times q_c \dots\dots\dots(2.32)$$

Untuk perancangan pondasi yang menahan beban sedang sampai berat dapat digunakan Pondasi Sumuran dengan daya dukungnya berasal dari hasil uji *Cone Penetration Test* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{ult} = A_h \times q_c + (A_s \times 0,012 \times q_{cr}) \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan:

$q_{un}, Q_{ult}$  = daya dukung tanah *ultimate*

$q_c$  = tekanan ujung konus

$q_{cr}$  = tekanan ujung rata-rata

$A_h$  = luas penampang dasar pondasi sumuran

$A_s$  = luas selimut pondasi sumuran

## **BAB III**

### **METODE PERANCANGAN**

#### **3.1. Pengumpulan Data**

Pada Tugas Akhir ini, Penyusun akan membuat permodelan, analisis dan merancang sebuah struktur bangunan gedung 4 lantai dengan 1 atap untuk didesain ulang berdasarkan SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Permodelan yang digunakan untuk menganalisis struktur gedung dimodelkan dengan aplikasi ETABS V18.1.1.

Data yang didapatkan oleh Penyusun dapat digunakan untuk melakukan pendesainan perkuatan bangunan gedung. Dalam penyusunan laporan data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder.

##### **3.1.1. Data Primer**

Data primer merupakan data yang didapat melalui investigasi lokasi rencana gedung secara langsung dan dijadikan acuan untuk merancang struktur. Data – data terkait adalah :

- Kondisi lokasi rencana gedung Sekretariat Daerah Salatiga Denah lokasi perencanaan
- Kondisi bangunan setempat yang berada di dekat lokasi proyek perencanaan
- Data Tanah
- Gambar *as built drawing*

##### **3.1.2. Data Sekunder**

Data pendukung merupakan data yang diperoleh institusi yang sudah melakukan pengamatan langsung. Data pendukung ini meliputi literatur pendukung seperti diagram, tabel dan peta atau berkolerasi yang kuat pada perancangan struktur Gedung Sekretariat Daerah Salatiga yang mencakup :

a. Data Proyek

Bangunan yang dianalisis memiliki kriteria sebagai berikut :

- Nama Bangunan : Gedung Sekretariat Daerah Salatiga
- Lokasi Bangunan : Jalan Sukowati No.51, Kalicacing, Kecamatan Sidomukti, Salatiga, Jawa Tengah
- Jumlah Lantai : 4 lantai + 1 atap
- Fungsi Bangunan : Perkantoran

b. Data tanah

Data tanah pada Gedung Sekretariat Daerah Salatiga didapat dari pengujian tanah melalui hasil investigasi langsung.

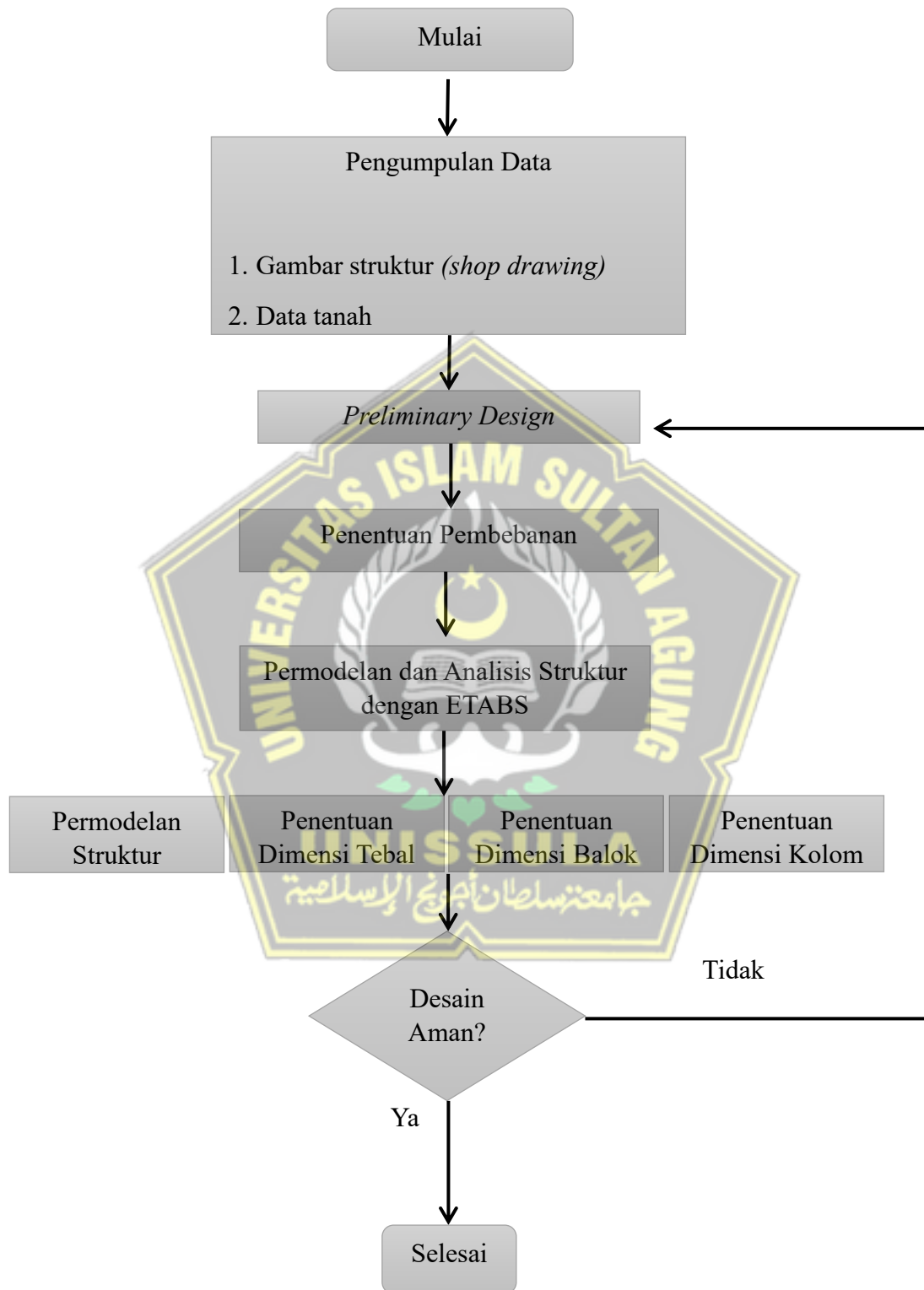
### 3.2. Analisa dan Perhitungan Struktur

Analisa dan perhitungan struktur serta acuan dalam perencanaan struktur Gedung Sekretariat Daerah Salatiga diantaranya:

- 1) Perancangan kostruksi bangunan beserta unsur struktur
- 2) Penentuan pembebanan seperti beban vertikal maupun beban lateral atau beban seismik yang disesuaikan dengan SNI:1727-2019
- 3) Analisa *preliminary* desain dari struktur kolom, balok, pelat lantai, pondasi dan sebagainya

Proses perancangan dari struktur gedung Sekretariat Daerah Salatiga dalam laporan tugas akhir ini ditampilkan dalam diagram alur yang dimodelkan dengan program ETABS.

### 3.3. Bagan Alur Perancangan



Tabel 3.1. Bagan Alur Perancangan

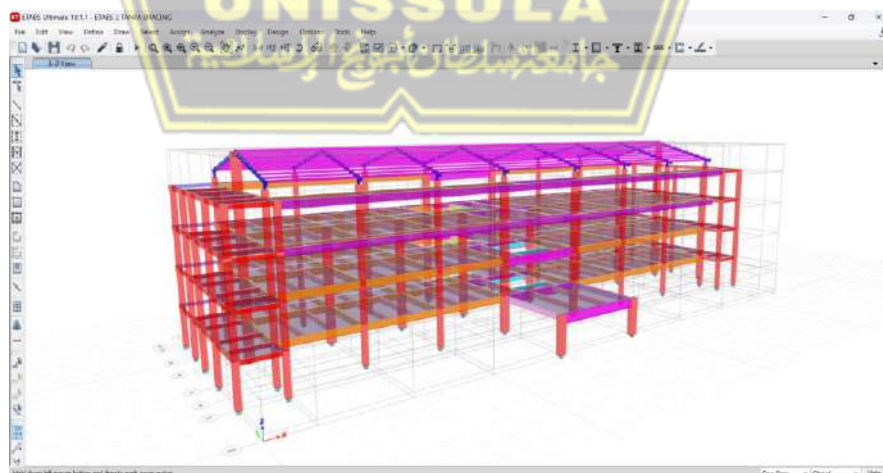
### 3.4. Acuan Desain Standar

Rancangan desain:

- SNI 2847:2019, tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
- SNI 1729:2020, tentang Persyaratan Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural
- SNI 1726:2019, tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung.
- SNI 1727:2020, tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

### 3.5. Permodelan Struktur Bangunan

Permodelan dibuat dengan aplikasi *ETABS V18.1.1*. Langkah – langkahnya dimulai dari membuat permodelan baru lalu menentukan grid arah x dan arah y serta *height elevations* sesuai dengan data *as built drawing*, setelah itu membuat material untuk membuat elemen kolom, balok dan pelat sampai dengan memasukan perhitungan pembebanan. Berikut merupakan permodelan struktur bangunan Sekretariat Daerah Salatiga yang sudah lengkap.



**Gambar 3.1.** 3D View All Structure

## BAB IV

### PERHITUNGAN STRUKTUR

#### 4.1. Tinjauan Umum

Pada pembuatan permodelan digunakan dengan program *ETABS V.18.1.1*, menggambar dan mengukur denah memakai AutoCad. Lalu hasil analisis yang didapatkan dilakukan pengolahan data dengan hitungan manual. Kolom dan Balok yang berasal dari kerangka gedung yang dijadikan model elemen pada *frame*, pelat lantai, dinding beton untuk lift, dan tangga dimodelkan dengan elemen *shell*.

#### 4.2. Preliminary Komponen Struktur

Merancang suatu dimensi dari komponen struktur sangat penting serta digunakan sebagai acuan dalam melakukan analisa struktur. Komponen merupakan bagian yang saling berkaitan membentuk komponen lainnya. *Prelimenary* komponen struktur gedung direncanakan dengan tepat.

##### 4.2.1 Elemen Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 fungsi dari elemen kolom yaitu sebagai penahan gaya tekan dan momen lentur. Berikut ini merupakan perancangan dari elemen kolom yaitu :

Tabel 4.1. Dimensi Kolom Struktur Gedung

No	Dimensi Kolom (mm)	Kode Kolom
1	K(600x800)	K1
2	K(500x500)	K2

Sumber: Hasil Analisis

##### 4.2.2 Elemen Balok

Elemen balok berfungsi untuk menyalurkan beban ke kolom yang berdasarkan SNI 2847:2019. Berikut ini merupakan elemen balok yang akan dirancang:

Tabel 4.2. Dimensi Balok Struktur Gedung

No	Dimensi Balok (mm)	Kode Balok
1	450 x 950	B1
2	350 x 700	B2
3	300 x 650	B3
4	200 x 400	B4
5	250 x 600	BA1
6	200 x 400	BA2
7	200 x 350	BA3
8	150 x 350	B4
9	200 x 700	B

Sumber: Hasil Analisis

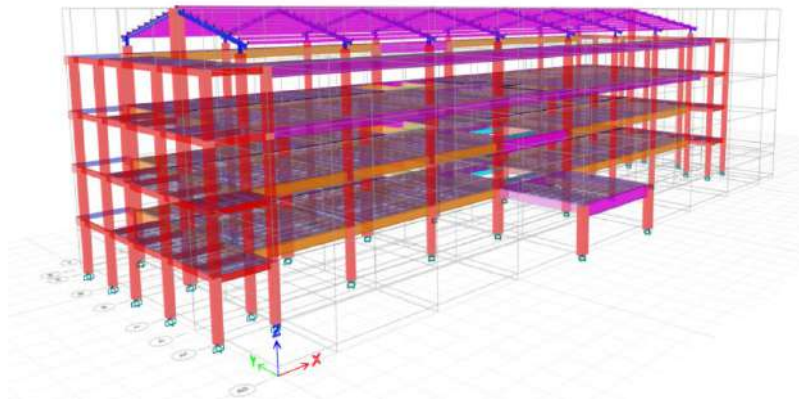
#### 4.2.3 Bahan Struktur

Bahan konstruksi berperan penting dalam keamanan dan kenyamanan pembentuk struktur bangunan. Pemilihan mutu bahan konstruksi harus disesuaikan dengan fungsi dari bangunan tersebut. Dalam memilih dan menentukan mutu bahan tepat digunakan akan mengantarkan tercapainya kinerja ekonomis, dan efisien. Berikut spesifikasi material yang digunakan:

- Beton =  $f'_c$  30 MPa
- Baja Tulangan = Mutu Baja 420 MPa  
(Kolom, Balok, Pelat)  $f_u = 470$  MPa  
 $f_y = 420$  MPa
- Modulus Elastisitas Beton = 25742,96 MPa

#### 4.2.4 Permodelan Struktur

Permodelan struktur gedung Sekretariat Daerah Kota Salatiga menggunakan program ETABS yang sesuai dengan dimensi dari denah rencana.



**Gambar 4.1.** Permodelan secara 3D

Tabel 4.3. Konfigurasi Gedung

No	Lantai	Tinggi Bangunan (m)
1	Top Atap	19,45
2	Lantai Atap	16
3	Lantai 4	12
4	Lantai 3	8
5	Lantai 2	4
6	Lantai 1	0

Sumber: Hasil Analisis

#### 4.3. Pembebanan Struktur

Pembebanan Struktur adalah penentuan berat pada kerangka bangunan sesuai acuan SNI 1727:2020. Setiap beban khusus harus diterapkan pada struktur model ini. Klasifikasi beban meliputi perhitungan berat diam, berat gerak dan beban berasal dari getaran gempa. Pembebanan gempa pada struktur tercantum dalam SNI 1726:2019.



Tabel 4.4. Pembebanan Struktur Bangunan

Lantai	No	Lokasi	Tebal Pelat (mm)	Berat Material		Beban Mati					Dinding	Beban Hidup (kN/m)
				Beton Bertulang	Beton Polos	Berat Sendiri Pelat	Beban Mati Tambahan					
				kN/m	kN/m		Fin. Lantai (50 mm)	Plafond + Peggantung	ME	Total		
Lantai 1	1	Hall	0,15	24	22	3,60	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	2	Ruang Kantor	0,15	24	22	3,60	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,50
	3	Ruang Rapat	0,15	24	22	3,60	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	4	Ruang Panel	0,15	24	22	3,60	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	5	Ruang Arisp	0,15	24	22	3,60	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	5,00
	8	Lavatory	0,15	24	22	3,60	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,00
Lantai 2	1	Koridor	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	3,83
	2	Ruang Kantor	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,50
	4	Ruang Panel	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	5	Ruang Arisp	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	5,00
	8	Lavatory	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,00
	9	Dak	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	1,00
Lantai 3	1	Koridor	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	3,83
	2	Ruang Kantor	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,50
	3	Ruang Rapat	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	4	Ruang Panel	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	5	Ruang Arisp	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	5,00
	8	Lavatory	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,00
Lantai 4	1	Koridor	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	3,83
	2	Ruang Kantor	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,50
	3	Ruang Rapat	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	4	Ruang Panel	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	4,80
	5	Ruang Arisp	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	5,00
	8	Lavatory	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	2,00
Lantai Atap	1	Area Atap	0,12	24	22	2,88	1,10	0,20	0,50	1,80	2,50	1,00

Sumber: Hasil Analisis

#### 4.4. Analisis Desain Seismik

Analisis gedung seismik pada kerangka bangunan didasari prinsip SNI 1726: 2019 mencakup perhitungan kekuatan struktur seismik bangunan dan struktur lainnya.

##### 4.4.1. Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Pada Gedung Sekretariat Daerah Salatiga merupakan gedung perkantoran ditentukan dari fungsi bangunan. Menurut SNI 1726-2019 besaran nilai *I<sub>e</sub>* dikelompokkan berdasarkan kategori risikonya pada Tabel 2.2 untuk Bangunan Struktur Gedung Sekretariat Daerah mempunyai nilai satu.

##### 4.4.2. Kelas Situs

Berdasarkan Tabel 2.3. dari beberapa kelas situs yang tercantum pada tabel tersebut, maka kelas situs yang diasumsikan SE atau tanah lunak pada perancangan struktur Gedung Sekretariat Daerah Salatiga.

#### 4.4.3. Parameter Percepatan Terpetakan (Nilai $S_s$ dan $S_I$ )

Sesuai dengan Pasal 6.1.2 standar perancangan gempa perolehan parameter  $S_s$  dan  $S_I$  dapat ditentukan dari website resmi [rsa.ciptakarya.pu.id](http://rsa.ciptakarya.pu.id) dengan cara menginput koordinat struktur gedung yang akan diperhitungkan, maka secara otomatis akan muncul nilai dari parameter percepatan spektral. Untuk mendapatkan  $F_v$  dan  $F_a$  dapat dilihat pada Tabel 2.4. dan Tabel 2.5.

Parameter Respons Spektrum Terpetakan

$$S_s = 0,931 \text{ g}$$

$$S_I = 0,416 \text{ g}$$

Perhitungan Koefisien  $F_a$

$$\begin{aligned} S_s &= 0,931 \\ \frac{(0,931 - 0,75)}{(1 - 0,75)} &= \frac{(F_a - 1,3)}{(1,1 - 1,3)} \\ F_a - 1,3 &= \frac{0,181 \times 0,2}{0,25} \\ F_a &= 1,1555 \end{aligned}$$

- Perhitungan Koefisien  $F_v$

$$\begin{aligned} S_I &= 0,416 \\ \frac{(0,416 - 0,4)}{(0,5 - 0,4)} &= \frac{(F_v - 2,4)}{(2,2 - 2,4)} \\ F_v - 2,4 &= \frac{0,016 \times 0,2}{0,1} \\ F_v &= 2,3674 \end{aligned}$$

#### 4.4.4. Parameter Respons Spektral Gempa Tertarget (Nilai $S_{MS}$ dan $S_{MI}$ )

Perolehan nilai parameter respons spektral gempa tertarget tercantum dalam Pasal 2.3.2  $S_{MS}$  dan  $S_{MI}$  dipengaruhi oleh klasifikasi situs struktur gedung, berikut merupakan rumusan untuk memperoleh nilai  $S_{MI}$  dan  $S_{MS}$  :

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s & S_{MI} &= F_v \times S_I \\ &= 1,1555 \times 0,931 & &= 2,3674 \times 0,416 \\ &= 1,0758 & &= 0,9855 \end{aligned}$$

#### 4.4.5. Parameter Percepatan Respons Spektral Gempa Desain (Nilai $S_{DS}$ dan $S_{DI}$ )

Perolehan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$  dapat ditentukan oleh persamaan berikut, yang tercantum dalam 2.3.3 Parameter Percepatan Respon Spektrum Desain.

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} & S_{DI} &= \frac{2}{3} S_{MI} \\
 &= \frac{2}{3} 1,0758 & &= \frac{2}{3} 0,9855 \\
 &= 0,7169 & &= 0,657
 \end{aligned}$$

Hasil dari analisis persamaan tersebut, didapatkan bahwa nilai dari perhitungan diatas maka struktur termasuk dalam kategori risiko D yang ditinjau dari Tabel 2.6. dan 2.7.

#### 4.4.6. Spektrum Respon Desain

Mengacu SNI 1726:2019 Pasal 6.4. Nilai yang didapat dari persamaan – persamaan dapat dihitung dengan desain dimulai dari  $T_0$ ,  $T_s$ .

Perhitungan untuk pembuatan grafik respon spektrum yaitu sebagai berikut :

Menghitung nilai  $T_s$

Menghitung nilai  $T_0$

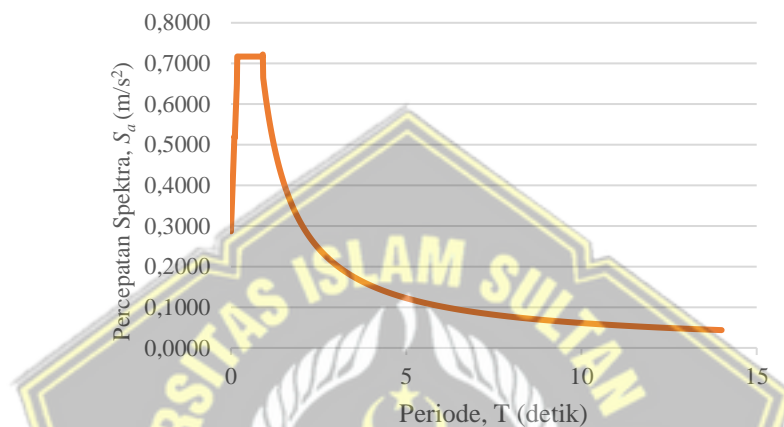
$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{S_{DI}}{S_{DS}} & T_0 &= 0,2 \times T_s \\
 &= \frac{0,6570}{0,7169} & &= 0,2 \times 0,9165 \\
 &= 0,9165 & &= 0,1833
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5. Nilai Spektrum Respons Desain

T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)
		$T_s+0,6$	1,5165	$T_s+1,5$	2,4165	$T_s+2,4$	3,3165
$T_0$	0,1833	$T_s+0,7$	1,6165	$T_s+1,6$	2,5165	$T_s+2,5$	3,4165
$T_s$	0,9165	$T_s+0,8$	1,7165	$T_s+1,7$	2,6165	$T_s+2,6$	3,5165
$T_s+0$	0,9165	$T_s+0,9$	1,8165	$T_s+1,8$	2,7165	$T_s+2,7$	3,6165
$T_s+0,1$	1,0165	$T_s+1$	1,9165	$T_s+1,9$	1,9	$T_s+2,8$	3,7165
$T_s+0,2$	1,1165	$T_s+1,1$	2,0165	$T_s+2$	2,9165	$T_s+2,9$	3,8165
$T_s+0,3$	1,2165	$T_s+1,2$	2,1165	$T_s+2,1$	3,0165	$T_s+3$	3,9165
$T_s+0,4$	1,3165	$T_s+1,3$	2,2165	$T_s+2,2$	3,1165	$T_s+3,1$	4,0165
$T_s+0,5$	1,4165	$T_s+1,4$	2,3165	$T_s+2,3$	0,2857	$T_s+3,2$	4,1165

Sumber : Hasil Analisis

Persamaan parameter – parameter yang telah didapatkan dengan mencari korelasi antara diagram respon spektrum dengan kurva respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 hubungan grafik antara periode (T) dan respon percepatan gempa (SA) tersebut maka disimpulkan bahwa hubungan antar grafik spektrum respons desain secara umum dapat terlihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Grafik Nilai Spektrum Respon Percepatan Gedung Sekretariat Daerah Salatiga

#### 4.4.7. Kategori Desain Seismik Dan Penahan Gaya Gempa

Pada bangunan bertingkat perlu adanya sistem penahan gaya seismik untuk menahan gaya lateral. Pada penentuan sistem penahan gempa dapat dilihat dari kategori desain seismiknya. Pada Gedung Sekretariat Daerah KDS masuk dalam SD dengan parameter kategori resiko II dan nilai  $S_Ds$  yang diperoleh melebihi angka 0,50 dengan  $S_{D1}$  melebihi angka 0,20 sesuai dengan Tabel 8 dan Tabel 9, SNI 1726:2019. Dari parameter itu, Sistem Struktur dari Gedung Sekretariat daerah direncanakan menggunakan Sistem Rangka Penahan Momen Khusus (SRPMK).

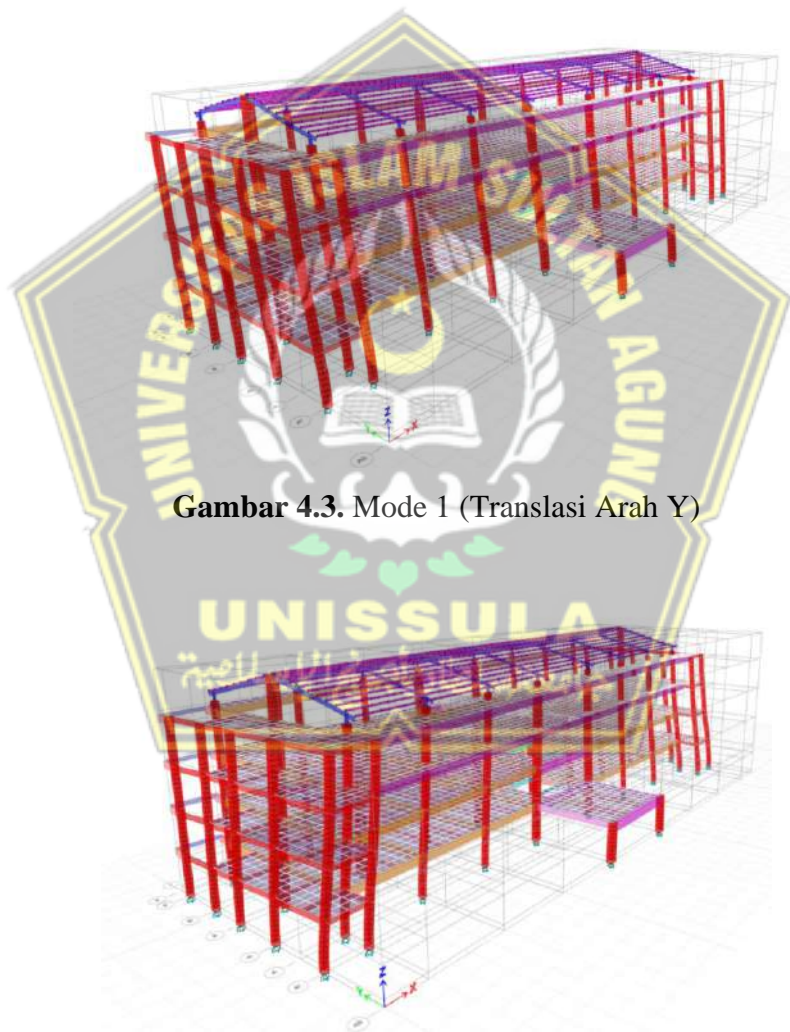
- Faktor Kuat-Lebih Sistem ( $\Omega_0$ ) = 3
- Koefisien Modifikasi Respons ( $R$ ) = 8
- Koefisien Amplifikasi Defleksi ( $C_d$ ) = 5,5

Berikut nilai *Scale Factor* (SRPMK).

$$\begin{aligned} SF &= \frac{g \times I_e}{R} \\ &= \frac{9,8 \times 1}{8} \\ &= 1,225 \end{aligned}$$

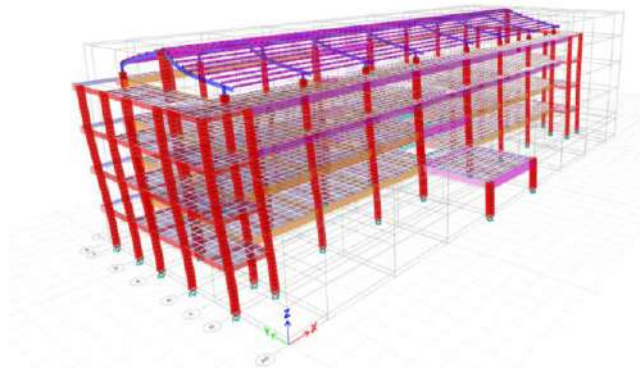
#### 4.4.8. Analisa Arah Mode Ragam

Pada permodelan setelah stuktur gedung sudah di Run Analysis, maka akan terlihat arah ragam getaran dan menunjukkan mode gempa yang terjadi.



**Gambar 4.3.** Mode 1 (Translasi Arah Y)

**Gambar 4.4.** Mode 2 (Rotasi)

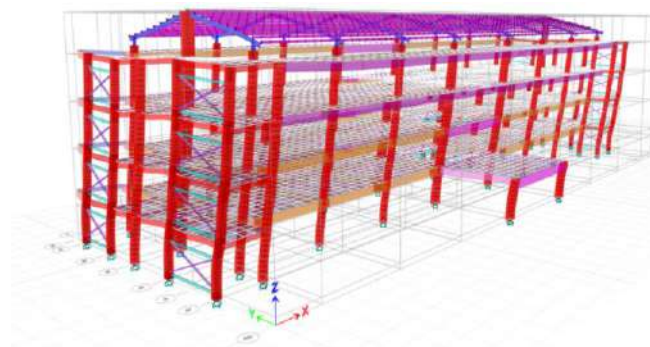


**Gambar 4.5.** Mode 3 (Translasi Arah X)

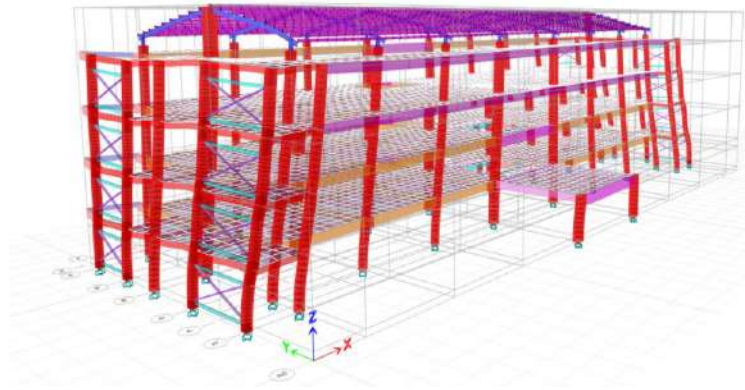
Berdasarkan mode ragam hasil dari analisis gedung menunjukkan rotasi pada mode 2, dimana hal ini tidak sesuai dengan SNI 1726:2019. Dimana arah rotasi minimal terjadi pada mode 3. Untuk itu perlu evaluasi konfigurasi struktur untuk mendapatkan mode 1 dan mode 2 translasi dan mode 3 rotasi yaitu dengan menambahkan *bracing* pada struktur gedung.



**Gambar 4.6.** Mode 1 (Translasi Arah X)



**Gambar 4.7.** Mode 2 (Translasi Arah X)



**Gambar 4.8.** Mode 3 (Rotasi)

Dari analisis yang sudah menambahkan *bracing* pada tiap – tiap ujung sisi bangunan didapatkan hasil getaran mode 1 dan mode 2 mengalami gerak translasi dan pada mode 3 menunjukkan gerak rotasi dimana hal ini menunjukkan bahwa gedung sekretariat daerah salatiga sudah memenuhi standar SNI 1726:2019.

Mode 1 :  $T_y = 0,670$  detik

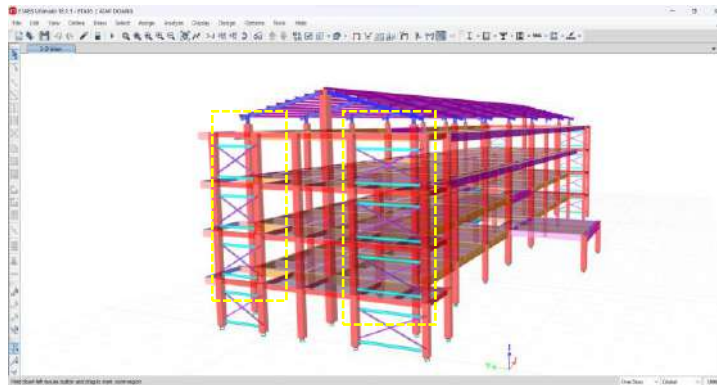
Mode 2 :  $T_x = 0,612$  detik

Mode 3 :  $T_z = 0,482$  detik

Titik pemasangan *bracing* terletak pada tiap ujung – ujung sisi pada Gedung Skeretariat Daerah Salatiga. Berikut titik perancangan ditambahkan pengaku/*bracing*.



**Gambar 4.9.** Titik *Bracing Plan View* Lantai 2



**Gambar 4.10.** Titik *Bracing* 3D View

#### 4.4.9. Kontrol Hasil Anlisa Dinamik Gempa

4.4.9.1. *Kontrol Ragam dan partisipasi massa bangunan.* Untuk mengetahui pola mode ragam digunakan 36 dengan penjumlahan partisipasi massa mode ragam harus 100% sesuai acuan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.

Tabel 4.6. Nilai Response Spektrum Percepatan Desain

Modal Participating Mass Ratios							
Mode	Period	UX	UY	UZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec						
1	0,67	0,8161	0,0002	0	0,0001	0,2012	0,0009
2	0,612	0,0002	0,8215	0	0,1964	0,2013	0,0041
3	0,482	0,0003	0,0031	0	0,1964	0,2021	0,8315
35	0,048	0	0	0	0,9996	1	0,9999
36	0,048	0	0	0	0,9996	1	0,9999

Sumber: Hasil Analisis

4.4.9.2. *Penentuan Periode Fundamental Pendekatan.* Periode desain ( $T$  desain) tidak diizinkan lebih dari batas periode yang ditetapkan ( $T$  maks) dan tidak boleh lebih rendah dari  $T$  minimum ( $T$  min <  $T$  desain <  $T$  maks). Nilai koefisien untuk batas periode struktural yang tercantum sesuai Tabel 18 pada SNI 1726:2019 yang memiliki tipe struktur rangka beton pemikul momen, yaitu  $C_u = 1,4$  untuk parameter percepatan pada 1 detik, dengan nilai  $S_{D1}$  lebih dari 0,4.

$$C_t = 0,466$$

$$x = 0,9$$



Perhitungan batas periode minimal dan periode maksimal dapat dirumuskan :

$$\begin{aligned} T_{\min} &= C_t \cdot h^X \\ &= 0,0466 \times 16^{0,9} \text{ (tinggi total bangunan)} \\ &= 0,565 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= C_u \cdot T_a \\ &= 1,4 \times 0,565 \text{ detik} \\ &= 0,791 \end{aligned}$$

$T_{\max} > T_{\min}$  (Memenuhi syarat)

Pada program akan mendapat hasil dari periode berdasarkan mode arah getaran :

$$T_{c,X} = 0,670 \text{ detik}$$

$$T_{c,Y} = 0,612 \text{ detik}$$

Didapatkan hasil dari  $T_X$  dan  $T_Y$  ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_X &= T_{\min} < T_{c,X} < T_{\max} \\ &0,565 < 0,670 < 0,791 \text{ (dalam satuan detik)} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $T_X$  0,670 detik

$$\begin{aligned} T_Y &= T_{\min} < T_{c,Y} < T_{\max} \\ &0,565 < 0,612 < 0,791 \text{ (dalam satuan detik)} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $T_Y$  0,612 detik

4.4.9.3. *Partisipasi Massa Struktur*. Analisa permodelan dari struktur gedung harus memenuhi ragam terkombinasi partisipasi massa sebesar 100%.

Tabel 4.7. Partisipasi Massa Struktur

<b>TABLE: Modal Load Participation Ratios</b>				
<b>Case</b>	<b>ItemType</b>	<b>Item</b>	<b>Static</b>	<b>Dynamic</b>
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	100
Modal	Acceleration	UY	100	100
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Sumber: Hasil Analisis

4.4.9.4. *Gaya lateral ekuivalen*. Perencanaan gaya lateral ekuivalen perlintai dirumuskan sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.8.3:

$$F = C_v \times V, \text{ dan}$$

$$C_v = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Interpolasi nilai k pada arah x nilai periode desain untuk kisaran  $0,5 < T < 2,5$  :

$$k = 0,5 \times T + 0,75$$

$$k = 0,5 \times 0,670 + 0,75$$

$$k = 1,085$$

Tabel 4.8. Gaya Geser Antar Tingkat Arah – X

LANTAI	TINGGI	BERAT	k	$W_i \times h_i^k$ (kN/m)	Cv	LATERAL
	$h_i$ (m)	$W_i$ (kN)				Fi-X (kN)
2	4	13581,86	1,085	61121,55	0,12	503,29
3	8	12894,22		123097,07	0,25	1013,62
4	12	14674,78		217512,01	0,43	1791,06
Lantai Atap	16	4913,65		99511,76	0,20	819,41
JUMLAH		46064,510		501242,3891		

Sumber: Hasil Analisis

Interpolasi nilai k pada arah y nilai periode desain untuk kisaran  $0,5 < T < 2,5$  :

$$k = 0,5 \times 0,612 + 0,75$$

$$k = 1,056$$

Tabel 4.9. Gaya Geser Antar Tingkat Arah – Y

LANTAI	TINGGI	BERAT	k	$W_i \times h_i^k$ (kN/m)	Cv	LATERAL
	$h_i$ (m)	$W_i$ (kN)				Fi-Y (kN)
2	4	13581,86	1,056	58713,04	0,13	516,90
3	8	12894,22		115893,24	0,25	1020,30
4	12	14674,78		202389,04	0,43	1781,79
Lantai Atap	16	4913,65		91823,73	0,20	808,40
JUMLAH		46064,510		468819,0537		

Sumber: Hasil Analisis

4.4.9.5. *Gaya Geser Tiap Lantai.* Gaya geser pada perlantai yang diakibatkan oleh beban gempa desain dihitung sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.8.4 dengan persamaan :

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

Berikut merupakan gaya geser tiap lantai berdasarkan nilai dari gaya lateral sesuai Tabel 4.6 pada arah X dan pada arah Y pada Tabel 4.7.

Tabel 4.10. Gaya Geser Tiap Lantai

<b>Gaya Geser Tiap Lantai</b>				
<b>LANTAI</b>	<b>F<sub>x</sub></b>	<b>V<sub>x</sub></b>	<b>F<sub>y</sub></b>	<b>V<sub>y</sub></b>
	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>
2	503,2931	4127,380	516,8968	4127,380
3	1013,618	3624,087	1020,299	3610,483
4	1791,059	2610,469	1781,789	2590,185
Lantai Atap	819,4096	819,410	808,396	808,396

Sumber: Hasil Analisis

#### 4.4.10. Relasi Beban Gempa Statik – Dinamik

Relasi/hubungan Pembebanan Gempa Statik dan Dinamik mengharuskan bahwa beban gempa dinamik yang diperoleh minimal 100% dari beban gempa statik sesuai acuan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1. Apabila persyaratan ini tidak dipenuhi, maka harus dilakukan faktor skala baru dirumuskan sebagai berikut :

$$Scale\ factor = \frac{V_{BASESTATIK}}{V_{BASEDINAMIK}}$$

Pada analisis sebelumnya, nilai beban gempa dihitung secara manual sesuai dengan SNI 1726:2019 menggunakan teknik gaya lateral ekuivalen dan spektrum respon dinamik. Nilai beban gempa statik ekuivalen, yang ditentukan secara manual menggunakan Tabel 4.9. dan spektrum respons beban gempa dinamik, akan digunakan dalam perhitungan desain ini.

Tabel 4.11. Gaya Geser Statik dan Dinamik Tiap Lantai

<b>Story</b>	<b>STATIK</b>		<b>STATIK 100%</b>		<b>DINAMIK ETABS</b>	
	<b>V<sub>x</sub></b>	<b>V<sub>y</sub></b>	<b>V<sub>x</sub></b>	<b>V<sub>y</sub></b>	<b>Vspec-X</b>	<b>Vspec-Y</b>
	<b>kN</b>	<b>kN</b>	<b>kN</b>	<b>kN</b>	<b>kN</b>	<b>kN</b>
<b>Lt 2</b>	4106,303	4106,303	4106,303	4106,303	4116,014	4123,247
<b>Lt 3</b>	3380,230	3366,899	3380,230	3366,899	3639,620	3623,861
<b>Lt 4</b>	2322,958	2305,172	2322,958	2305,172	2598,870	2583,652
<b>Lt Atap</b>	679,730	671,316	679,730	671,316	867,757	896,305

Sumber: Hasil Analisis

Dari Tabel 4.9. menunjukkan bahwa gaya dinamik masih lebih dari 100% gempa statik, dengan demikian perlu ditambahkan faktor skala. Berikut perhitungan faktor skala :

$$\begin{aligned}
 Scale\ Factor\ arah\ X\ (pada\ lantai\ 2) &= \frac{V_{STATIK-X}}{V_{DINAMIK-X}} \\
 &= \frac{4106,303}{4116,014} = 0,998
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Scale Factor arah Y (pada lantai 2)} &= \frac{V_{\text{STATIK-Y}}}{V_{\text{DINAMIK-Y}}} \\ &= \frac{4106,303}{4123,247} = 0,996 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan lengkap faktor skala (*scale factor*) ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.12. Gaya Geser Antar Tingkat Dinamik *Correction*

Story	STATIK 100%		DINAMIK ETABS		Skala Gaya		Dinamik <i>Correction</i>	
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>SPEC-X</sub>	V <sub>SPEC-Y</sub>	X-Dir	Y-Dir	V <sub>SPEC-X</sub>	V <sub>SPEC-Y</sub>
	kN	kN	kN	kN			kN	kN
Lt 2	4106,303	4106,303	4116,014	4123,247	0,998	0,996	4106,303	4106,303
Lt 3	3380,230	3366,899	3639,620	3623,861	0,929	0,929	3380,230	3366,899
Lt 4	2322,958	2305,172	2598,870	2583,652	0,894	0,892	2322,958	2305,172
Lt Atap	679,730	671,316	867,757	896,305	0,783	0,749	679,730	671,316

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil faktor skala tiap lantai yang tercantum dalam Tabel 4.10. maka didapatkan pula hasil perhitungan dinamik *correction*, dengan penjabaran sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Dinamik } \textit{Correction} \text{ Arah X} &= \text{Dinamik - X x Faktor Skala - X} \quad (\text{Lantai 2}) \\ &= 4116,014 \times 0,998 \\ &= 4106,303 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dinamik } \textit{Correction} \text{ Arah Y} &= \text{Dinamik - Y x Faktor Skala - Y} \quad (\text{Lantai 2}) \\ &= 4123,247 \times 0,996 \\ &= 4106,303 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk menentukan gaya geser desain antar tingkat menggunakan hasil perhitungan dinamik *correction*.

Tabel 4.13. Gaya Geser Desain Antar Tingkat

Lantai	STATIK		STATIK 100%		Dinamik <i>Correction</i>		Gaya Geser Desain	
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>SPEC-X</sub>	V <sub>SPEC-Y</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Lt 2	4106,3	4106,3	4106,3	4106,3	4106,3	4106,3	4106,3	4106,3
Lt 3	3380,2	3367	3380,2	3367	3380,2	3367	3380,2	3367
Lt 4	2323	2305,2	2323	2305,2	2323	2305,2	2323	2305,2
Lt Atap	679,73	671,32	679,73	671,32	679,73	671,32	679,73	671,32

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil gaya geser desain antar tingkat pada Tabel 4.12. digunakan untuk perhitungan gaya lateral desain.

Tabel 4.14. Gaya Lateral Desain

Story	Gaya Geser Desain		F, Gempa Desain	
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	Kn	kN	kN	kN
Lt 2	4106,303	4106,303	726,073	739,404
Lt 3	3380,230	3366,899	1057,272	1061,727
Lt 4	2322,958	2305,172	1643,228	1633,856
Lt Atap	679,730	671,316	679,730	671,316

Sumber: Hasil Analisis

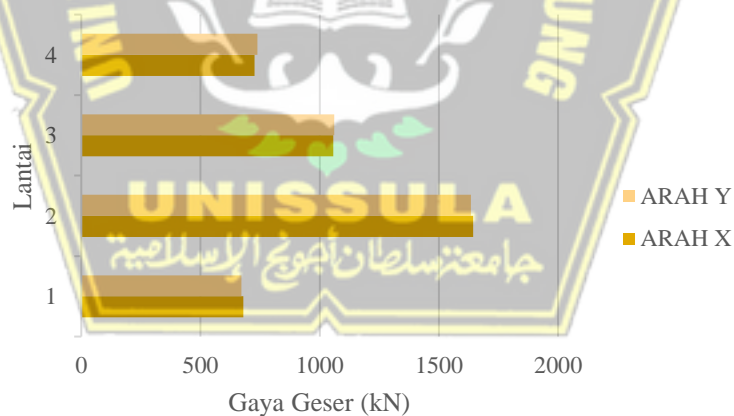
Contoh perhitungan Gaya Lateral Desain arah X (F<sub>x</sub>) :

$$F_{Atap} = V_{Atap} = 679,730 \text{ kN}$$

$$F_6 = V_4 - V_{Atap} = 2232,230 - 679,730 = 1552,5 \text{ kN}$$

$$F_5 = V_3 - V_4 = 3380,230 - 2232,230 = 1148 \text{ kN} \dots \text{Dst.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan gaya lateral desain diatas didapatkan grafik pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.11.** Gambar Lateral Antar Lantai Arah X dan Y  
Sumber : Hasil Analisis

#### 4.4.11. Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui layan bangunan diperlukan pengecekan simpangan antar lantai yang terjadi.

Tabel 4.15. Simpangan Antar Lantai Arah – X

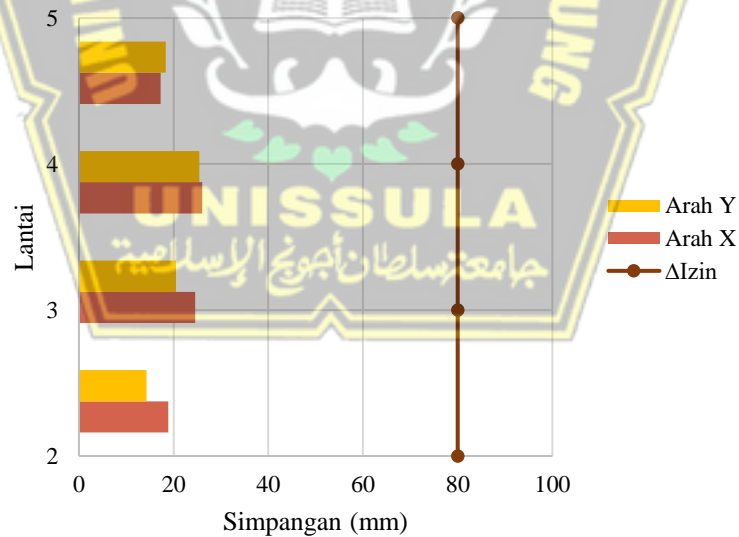
Story	Load Case	Direction	$\delta_e$	$\Delta_{xe}$	Cd	$\Delta_x$	h	$\Delta I_{zin}$	Cek
			mm	mm		mm		Mm	
2	Ex Max	X	3,144	3,14	5,5	17,29	4000	80	AMAN
3	Ex Max	X	7,881	4,74	5,5	26,05	4000	80	AMAN
4	Ex Max	X	12,352	4,47	5,5	24,59	4000	80	AMAN
Lantai Atap	Ex Max	X	15,791	3,44	5,5	18,91	4000	80	AMAN

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.16. Simpangan Antar Lantai Arah – Y

Story	Load Combo	Direction	$\delta_e$	$\Delta_{ye}$	Cd	$\Delta_y$	h	$\Delta I_{zin}$	Cek
			Mm	mm		mm		mm	
2	Ey Max	Y	3,333	3,33	5,5	18,33	4000	80	AMAN
3	Ey Max	Y	7,962	4,63	5,5	25,46	4000	80	AMAN
4	Ey Max	Y	11,69	3,73	5,5	20,49	4000	80	AMAN
Lantai Atap	Ey Max	Y	14,28	2,59	5,5	14,26	4000	80	AMAN

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4.12. Gambar Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan perencanaan dari simpangan antar lantai, dapat disimpulkan bahwa gedung ini aman karena memenuhi syarat kurang dari tegangan ijin diantara

masing-masing lantai yang tercantum dalam pasal 7.12.1 SNI 1726:2019. Dengan batas simpangan antar lantai yang ditentukan oleh kategori risiko II. Berikut ini perumusan untuk menentukan simpangan antar lantai (arah y) dengan memperhitungkan simpangan ijinnya.

$$\delta_{Lantai\ Atas} = \frac{cd \cdot \delta_{Lantai\ Atas}}{Ie} = \frac{5,5 \cdot 14,28}{1} = 78,54$$

$$\delta_{Lantai\ 4} = \frac{cd \cdot \delta_{Lantai\ 4}}{Ie} = \frac{5,5 \cdot 11,867}{1} = 65,27$$

$$\begin{aligned} \Delta_{Lantai\ Atas} &= \delta_{Lantai\ Atas} - \delta_{Lantai\ 4} \\ &= 78,54 - 65,27 \\ &= 13,2715 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{ijin} &= 0,020 \cdot h_{sx} \\ &= 0,020 \cdot 4000 \\ &= 80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } \Delta_{Lantai\ Atas} &\leq \Delta_{ijin} \\ 13,2715 &\leq 80 \quad \text{AMAN (OK)} \end{aligned}$$

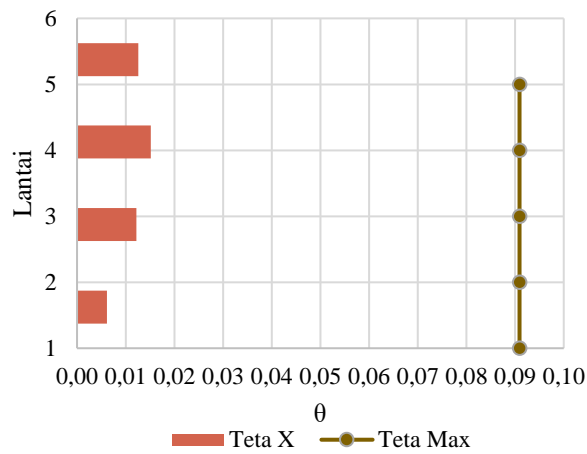
#### 4.4.12. Cek Kestabilan Struktur Akibat Gempa

Untuk mengetahui layan bangunan tidak hanya dari menentukan simpangan antar lantai tetapi juga harus mengetahui tingkat kestabilan struktur yang terjadi akibat gempa.

Tabel 4.17. Cek Kestabilan Struktur Akibat Gempa Arah – X

Arah X								
Story	Px	Delta	Ie	Vx	hsx	Cd	Teta	Cek
	kN	mm		kN	mm			
5	5141,3	18,915	1	720,5	4000	5,5	0,0061	Aman
4	23521,1	24,591	1	2161,3	4000	5,5	0,0122	Aman
3	38815,8	26,054	1	3027,9	4000	5,5	0,0152	Aman
2	54715,6	17,292	1	3424,5	4000	5,5	0,0126	Aman
1	0,0	0,000	1	0,0	0	5,5	0,0000	Aman

Sumber : Hasil Analisi

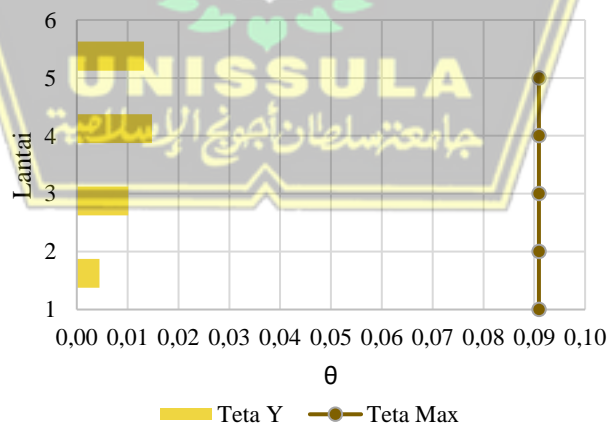


**Gambar 4.13.** Grafik P Delta Arah – X  
Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.18. Cek Kestabilan Struktur Akibat Gempa Arah – Y

Story	Arah Y							
	Px kN	Delta mm	Ie	Vy kN	hsx mm	Cd	Teta	Cek
5	5141,3	14,262	1	749,8	4000	5,5	0,0044	Aman
4	23521,1	20,488	1	2165,0	4000	5,5	0,0101	Aman
3	38815,8	25,460	1	3036,6	4000	5,5	0,0148	Aman
2	54715,6	18,332	1	3456,8	4000	5,5	0,0132	Aman
1	0,0	0,000	1	0,0	0	5,5	0,0000	Aman

Sumber : Hasil Analisis



**Gambar 4.14.** Grafik P Delta Arah – Y  
Sumber : Hasil Analisis



#### 4.4.13. Cek Ketidakberaturan Struktur

##### 4.4.13.1. Ketidakberaturan Horizontal

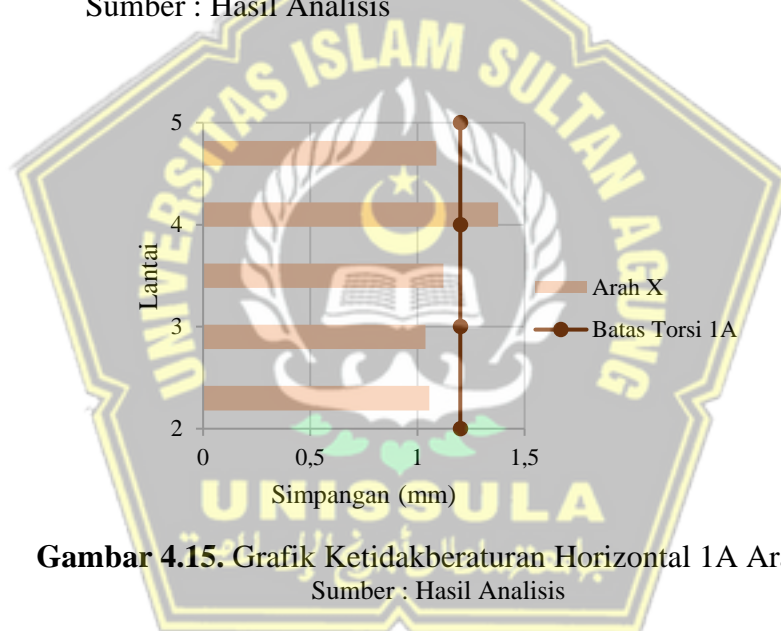
1. Ketidakberaturan torsi dan torsi berlebihan

Pengecekan torsi dan torsi berlebihan

Tabel 4.19. Ketidakberaturan Horizontal

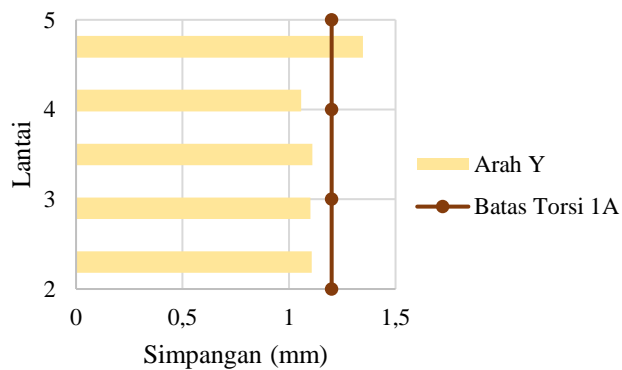
Lantai	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Atap	1,066	OK	1,346	H.1a
Lt. Atap	1,378	H.1a	1,051	OK
4	1,118	OK	1,099	OK
3	1,031	OK	1,089	OK
2	1,052	OK	1,092	OK

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4.15. Grafik Ketidakberaturan Horizontal 1A Arah X

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4.16. Grafik Ketidakberaturan Horizontal 1A Arah Y

Sumber : Hasil Analisis

## 2. Ketidakberaturan 2 (Ketidakberaturan Sudut Dalam)

Untuk pengecekan ketidakberaturan sudut dalam dapat dilihat dari bentuk struktur bangunan dan jika terdapat ketidakberaturan ini dinyatakan apabila dimensi denah memiliki sudut dalam lebih dari 15% yang tercantum dalam SNI 1726:2019. Sesuai dengan analisis bentuk denah pada struktur gedung Sekretariat Daerah Salatiga tidak ditemukan ketidakberaturan sudut dalam karena gedung mempunyai bentuk yang beraturan.

## 3. Ketidakberaturan 3 (Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma)

Terjadi apabila memiliki lubang bukaan suatu lantai dimana ukurannya lebih besar daripada 50% ukuran lantai utuhnya.

Dengan luas total = 1060 m<sup>2</sup>

Luas bukaan = 76 m<sup>2</sup>

Maka dengan pengecekan ini tidak ada ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

## 4. Ketidakberaturan 4 (Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang)

Untuk pengecekan ketidakberaturan ini tidak perlu dilakukan karena struktur rangka tidak mengalami diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral (Tabel 12, SNI 1726:2019).

## 5. Ketidakberaturan 5 (Ketidakberaturan Sistem Non Paralel)

Untuk pengecekan ketidakberaturan sistem non parallel tidak perlu ditinjau karena struktur kerangka tidak mengalami ketidakberaturan sistem tidak parallel.

#### 4.4.13.2. Ketidakberaturan Vertikal

1. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan berlebihan

Tabel 4.20. Ketidakberaturan Vertikal Arah X

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan kN/m	Cek	Kekakuan kN/m	Cek
Atap	17402,066		44262,166	
Lt. Atap	200190,227	OK	258008,707	OK
4	495260,732	OK	497390,21	OK
3	729833,742	OK	649800,127	OK
2	1137369,56	OK	997921,48	OK

Sumber : Hasil Analisis

2. Ketidakberaturan 2 (Ketidakberaturan Massa)

Jika massa disebarkan tingkat melebihi 150% massa efektif tingkat didekatnya, didapatkan ketidakberaturan massa. Permodelan struktur yang sudah dirancang terdapat ketidakberaturan massa pada lantai 4, lantai atap dan atap sesuai dengan Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Ketidakberaturan Vertikal 2

Lantai	Massa	Cek
	kg	
Atap	25219,49	V.2
Lantai. Atap	521904,62	V.2
4	1479971,87	V.2
3	1317598,13	OK
2	1387299,65	OK

Sumber : Hasil Analisis

3. Ketidakberaturan 3 (Ketidakberaturan Geometri Vertikal)

Dikarenakan struktur ini tidak memiliki dinding geser maka untuk pengecekan ketidakberaturan 3 tidak perlu dilakukan.

4. Ketidakberaturan 4 (Ketidakberaturan Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Penahan Gaya Lateral)

Tidak dilakukan pengecekan pada ketidakberaturan diskontinuitas dikarenakan struktur ini tidak memiliki dinding.

5. Ketidakberaturan 5 (Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat)

Tabel 4.22. Ketidakberaturan Vertikal 5

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekuatan	Cek	Kekuatan	Cek
	kN		kN	
Atap	15,7		10,3	
Lantai Atap	720,5	OK	750	OK
4	2161,3	OK	2165	OK
3	3028	OK	3036,6	OK
2	3424,5	OK	3456,8	OK

Sumber : Hasil Analisis

4.4.14. Cek Eksentrisitas

Karena terdapat ketidakberaturan torsi 1a maka perlu dilakukan Pengecekan Eksentrisitas termuat dalam SNI 1726 2019 pasal 7.8.4.2 dikalikan sebesar 5% .

Tabel 4.23. Momen Torsi Arah X

Arah X	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	$A_x$	%	Ecc. (m)
Atap	1,088	0,822	4,1%	0,832
Lt. Atap	1,376	1,315	6,6%	1,331
4	1,122	0,874	4,4%	0,885
3	1,038	0,748	3,7%	0,758
2	1,055	0,773	3,9%	0,783

Sumber : Hasil analisis

Tabel 4.24. Momen Torsi Arah Y

Arah Y	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	$A_x$	%	Ecc. (m)
Atap	1,347	1,260	6,3%	4,139
Lt. Atap	1,057	0,776	3,9%	2,549
4	1,109	0,854	4,3%	2,806
3	1,101	0,842	4,2%	2,765
2	1,106	0,849	4,2%	2,791

Sumber : Hasil analisis

Rumus yang digunakan untuk pembesaran momen torsi ( $A_x$ ) :  $(\frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}})^2$

Contoh perhitungan :

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = 1,106$$

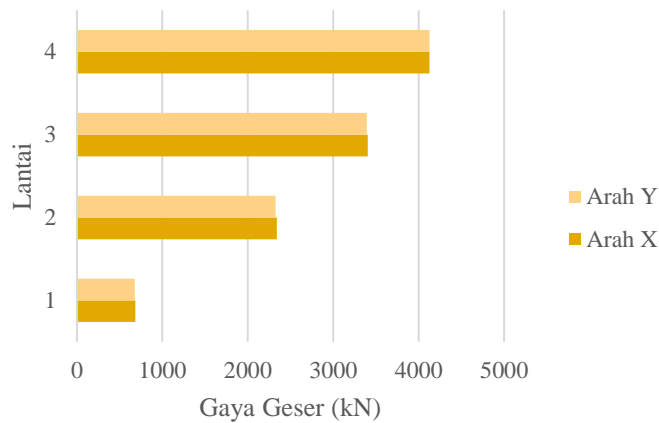
$$A_x = \left(\frac{1,106}{1,2}\right)^2 = 0,849$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio (\%)} &= \text{Torsi tak terduga (SNI 1726 2019)} \times A_x \\ &= 5\% \times 0,849 \\ &= 4,2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas (Ecc)} &= \text{Rasio} \times \text{Lebar struktur arah Y} \\ &= 4,2\% \times 20,25 \\ &= 2,791 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.4.15. Cek Redudansi

Dalam Pengecekan Redudansi dapat ditinjau dari Kategori Desain Seismik. Pada Gedung Sekretariat Daerah termasuk SD, sehingga menurut Pasal 7.3.4.2 SNI 1726 2019 memiliki redundansi sebesar 1,3. Apabila setiap level dapat menopang melebihi angka 35% gaya geser dasar pada arah yang sama, redundansinya bisa menjadi 1,0. Review harus mengikuti pedoman SNI 1726:2019 Tabel 15.



**Gambar 4.17.** Grafik Cek Redundansi

Sumber : Hasil analisis

#### 4.4.16. Cek kapasitas penampang struktur

Tahap pertama sebelum melakukan pengecekan terhadap kapasitas penampang struktur adalah melakukan defnisi terlebih dahulu terhadap *Load Combination*. Kombinasi pembeban pada masing – masing dari elemen struktur diatur dalam SNI 1726:2019 Pasal 4.7.

$S_{Ds} (g) = 0,7169$  (Salatiga, Tanah Lunak)

$P = 1$  (Faktor Redundansi)

U1 = 1,4 DL

U2 = 1,2 DL + 1,6 LL

U3 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL + \rho Ex + 0,3 \rho Ey$

U4 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL + \rho Ex - 0,3 \rho Ey$

U5 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL - \rho Ex + 0,3 \rho Ey$

U6 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL - \rho Ex - 0,3 \rho Ey$

U7 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL + 0,3 \rho Ex + \rho Ey$

U8 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL - 0,3 \rho Ex + \rho Ey$

U9 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL + 0,3 \rho Ex - \rho Ey$

U10 =  $(1,2 + 0,2 S_{Ds}) DL + 1,0 LL - 0,3 \rho Ex - \rho Ey$

U11 =  $(0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL + \rho Ex + 0,3 \rho Ey$

U12 =  $(0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL + \rho Ex - 0,3 \rho Ey$

U13 =  $(0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL - \rho Ex + 0,3 \rho Ey$

U14 =  $(0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL - \rho Ex - 0,3 \rho Ey$

$$\begin{aligned}
 U15 &= (0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL + 0,3 \rho Ex + \rho Ey \\
 U16 &= (0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL - 0,3 \rho Ex + \rho Ey \\
 U17 &= (0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL + 0,3 \rho Ex - \rho Ey \\
 U18 &= (0,9 - 0,2 S_{Ds}) DL - 0,3 \rho Ex - \rho Ey
 \end{aligned}$$

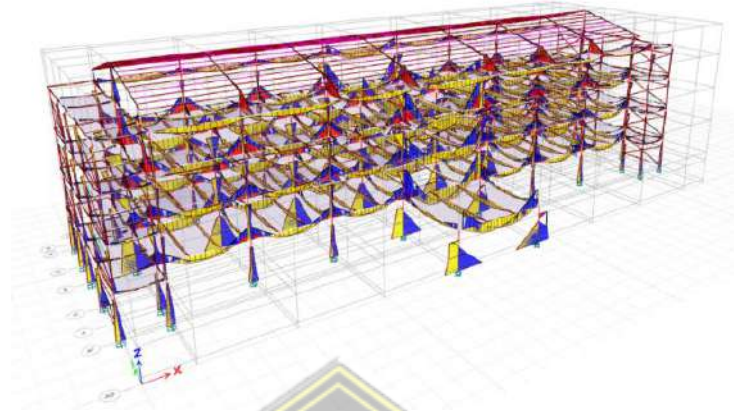
Kombinasi pembebanan yang telah dianalisis akan berfungsi untuk mendapatkan nilai-nilai gaya dalam pada struktur.

### 1. Gaya – Gaya Dalam Struktur



**Gambar 4.18.** Diagram Aksial Kombinasi *Envelope*  
 Sumber : Hasil Analisis

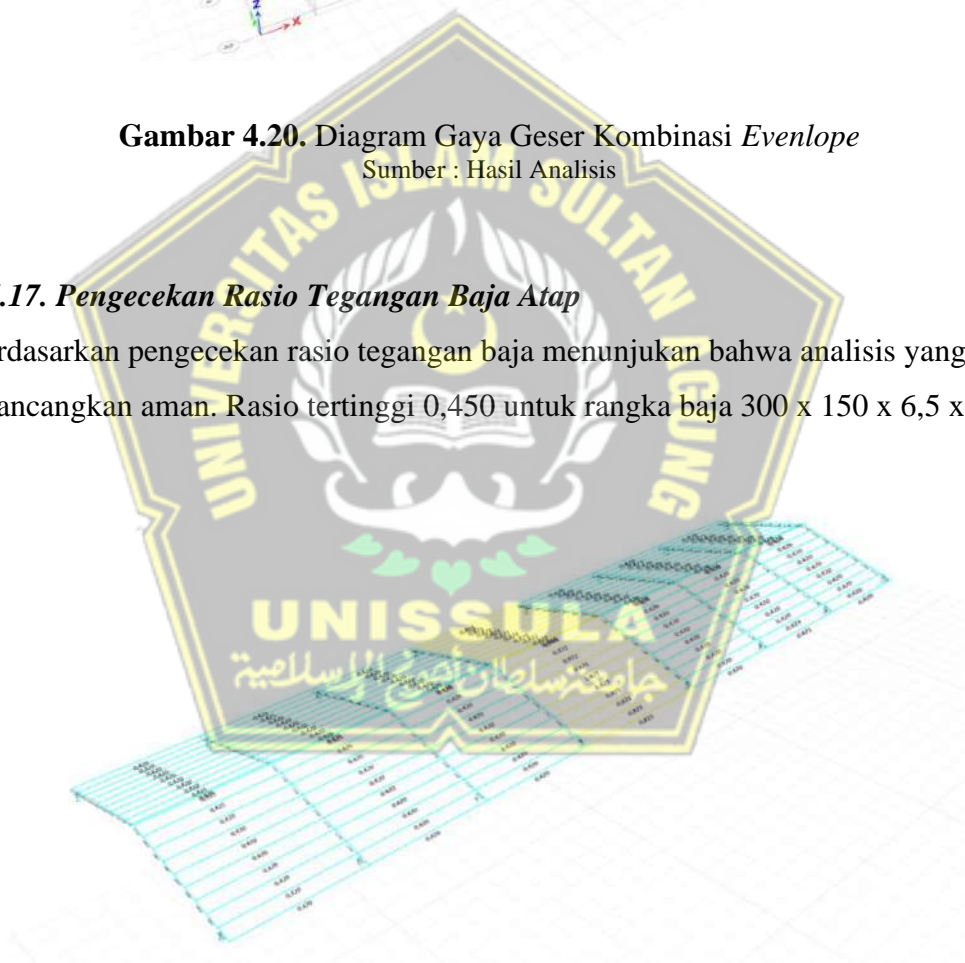
**Gambar 4.19.** Diagram Gaya Momen Kombinasi *Envelope*  
 Sumber : Hasil Analisis



**Gambar 4.20.** Diagram Gaya Geser Kombinasi *Evenlope*  
 Sumber : Hasil Analisis

#### 4.4.17. Pengecekan Rasio Tegangan Baja Atap

Berdasarkan pengecekan rasio tegangan baja menunjukkan bahwa analisis yang dirancangan aman. Rasio tertinggi 0,450 untuk rangka baja 300 x 150 x 6,5 x 9.



**Gambar 4.21.** Rasio Atap  
 Sumber : Hasil Analisis



Tabel 4.25. *Steel Frame Design Summary*

Story	Label	Design Type	Design Section	PMM Combo	PMM Ratio
Rangka Atap	C13	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(T)	0,450
Rangka Atap	C22	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(T)	0,440
Rangka Atap	C24	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(T)	0,437
Rangka Atap	C18	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(T)	0,434
Rangka Atap	C30	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(T)	0,41
Rangka Atap	C17	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(T)	0,408
Rangka Atap	C24	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(C)	0,387
Rangka Atap	C13	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(C)	0,385
Rangka Atap	C22	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(C)	0,384
Rangka Atap	C29	Column	RAFTER WF 300 x 150	Comb3,1(T)	0,382

Sumber : Hasil analisis

#### 4.5. Perancangan Atap

##### 4.5.1. Perhitungan Atap

Data bahan ;

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

$$f_r = 70 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Angka poisson} = 0,3$$

Data profil baja :

Lip Channel : 200 x 75 x 20 x 3,2

$$A = 1181 \text{ mm}$$

$$ht = 200 \text{ mm}$$

$$b = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 20 && \text{mm} \\
 t &= 3,2 && \text{mm} \\
 S_x &= 71600 && \text{mm} \\
 S_y &= 15800 && \text{mm} \\
 I_x &= 7160000 && \text{mm} \\
 I_y &= 840000 && \text{mm} \\
 I_x &= 77,9 && \text{mm} \\
 I_y &= 26,7 && \text{mm} \\
 c &= 21,9 && \text{mm} \\
 w &= 9,27 && \text{kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\phi_f = 0,75$$

$$d = 12 \text{ mm (diameter sagrod)}$$

$$s = 1133 \text{ mm}$$

$$L1 = 5000 \text{ mm}$$

$$L2 = 2,33 \text{ mm}$$

$$\alpha = 35^\circ$$

Section Property:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{200000}{2(1+0,3)} = 76923,1 \text{ MPa}$$

$$h = ht - t = 200 - 3,2 = 196,80 \text{ mm}$$

$$J = 2x \frac{1}{3} x b x t^3 + \frac{1}{3} (ht - 2t)t^3 + \frac{2}{3} (a - t)t^3 = 410,03 \text{ mm}^4$$

$$I_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4} = 8133350400 \text{ mm}^6$$

$$x1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{E \cdot G \cdot J - \frac{A}{2}} = 8488,68 \text{ MPa}$$

$$x2 = 4 \cdot \left(\frac{S_x}{G \cdot J}\right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 0,00198 \text{ mm}^2/\text{N}^2$$

$$Z_x = ht \cdot t + a \cdot t \cdot (ht - a) + t(b - 2t) \cdot (ht - t) = 552334 \text{ mm}^2$$

$$Z_x = ht \cdot t \cdot c \left(c - \frac{t}{2}\right) + 2 a \cdot t \cdot \left(b - c - \frac{t}{2}\right) + t(b - t - c)^2 = 28671 \text{ mm}^2$$

1. Beban Pada Gording

a. Beban mati ( Dead Load)

$$\text{Beban penutup atap} = 92,7 \text{ N/m}$$

$$\text{Berat gording} = 111,4 \text{ N/m}$$

---


$$\text{Beban diam (Q}_{DL}\text{)} = 204,1 \text{ N/m}$$

b. Beban Hidup (Live Load)

Beban gerak yang diakibatkan dari beban air hujan di hitung sama dengan beban genangan air setebal 1 inch = 25 mm

$$q \text{ hujan} = 0,025 \times 10 = 0,025 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Beban air hujan} = q \text{ hujan} \times s \times 10^3 = 279 \text{ N/m}$$

$$\text{Beban hidup merata akibat air hujan} = 279 \text{ N/m}$$

$$\text{Berat gerak Pekerja} = 100 \text{ N/m}^2$$

c. Beban Terfaktor

$$Q_U = 1,2 \times Q_{DL} + 1,6 \times Q_{LL} = 690,52 \text{ N/m}$$

$$P_U = 1,6 P_{LL} = 1600 \text{ N}$$

$$\alpha = 0,26$$

$$Q_{UX} = Q_U \times \cos\alpha \times 10^{-3} = 0,6670 \text{ N/mm}$$

$$Q_{UV} = Q_U \times \sin\alpha \times 10^{-3} = 0,1787 \text{ N/mm}$$

$$P_{UX} = P_U \times \cos\alpha = 1545,48 \text{ N}$$

$$P_{UV} = P_U \times \sin\alpha = 414,11 \text{ N}$$

2. Momen dan gaya akibat beban terfaktor

$$L_x = L_1 = 8000 \text{ mm}$$

$$L_y = L_2 = 26667 \text{ mm}$$

$$M_{UX} = \frac{1}{10} \times Q_{UX} \times Lx^2 + \frac{1}{10} \times Lx$$

$$= \frac{1}{10} \times Q_{UX} \times Lx^2 + \frac{1}{10} \times Lx$$

$$= 5814224 \text{ Nm}$$

$$MA \left( \frac{1}{4} L \right) = 4360668 \text{ Nm}$$

$$MA \left( \frac{1}{2} L \right) = 5814224 \text{ Nm}$$

$$M_A \left( \frac{3}{4} L \right) = 4360668 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned} M_{UY} &= \frac{1}{10} \times Q_{UY} \times Lx^2 + \frac{1}{10} \times Ly \\ &= \frac{1}{10} \times Q_{UX} \times Lx^2 + \frac{1}{10} \times Lx \\ &= 265126 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{UX} &= Q_{UX} \times Lx + P_{UX} \\ &= 6881 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{UY} &= Q_{UY} \times Ly + P_{UY} \\ &= 891 \text{ N} \end{aligned}$$

### 3. Momen nominal pengaruh local buckling

Pengaruh tekuk local (local buckling) pada sayap :

Kelangsingan penampang sayap

$$\lambda = \frac{b}{t} = 23,438$$

Batas kelangsingan maksimum penampang *compact*

$$\lambda_p = \frac{b}{t\sqrt{f_y}} = 10,973$$

Batas kelangsingan maksimum penampang *non compact*

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = 28,378$$

Momen plastis terhadap sumbu x dan sumbu y

$$\begin{aligned} M_{px} &= f_y \times Z_x \\ &= 13256049 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py} &= f_y \times Z_y \\ &= 6881050 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Momen batas tekuk terhadap sumbu x dan sumbu y

$$\begin{aligned} M_{rx} &= S_x (f_y - f_x) \\ &= 12172000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ry} &= S_y (f_y - f_x) \\ &= 286000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\lambda > \lambda_r \text{ dan } \lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Non compact}$$

Momen nominal penampang sumbu x dan sumbu y

$$M_{nx} = M_p - (M_p - M_r) \times (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p) = 12479708 \text{ N.mm}$$

$$M_{ny} = M_p - (M_p - M_r) \times (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p) = 3876767 \text{ N.mm}$$

4. Momen nominal pengaruh lateral buckling

Panjang bentang maksimal pada balok yang mampu menopang momen plastis.

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{r_y}} = 1357 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y \times f_r = 170 \text{ MPa}$$

$$L_r = r_y \times \frac{X_1}{f_L} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 + fL^2}} = 3915 \text{ mm}$$

$$C_b = \frac{1,25M_{ux}}{2,5M_{ux} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} = 1,14$$

Momen plastis terhadap sumbu x dan sumbu y

$$\begin{aligned} M_{px} &= f_x \times Z_x \\ &= 13256049 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py} &= f_y \times Z_y \\ &= 6881050 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Momen batas tekuk terhadap sumbu x dan sumbu y

$$\begin{aligned} M_{rx} &= S_x (f_y - f_x) \\ &= 12172000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ry} &= S_y (f_y - f_x) \\ &= 2686000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Panjang bentang sumbu y (jarak daya dukung lateral) (L) = L2 = 2667 mm

$L > L_p$  dan  $L < L_r$  → bentang sedang

Momen nominal terhadap sumbu x dan sumbu y

$$M_{nx} = M_{px} = f_y \times Z_x = 240 \times 13256049 \text{ N.mm}$$

$$M_{nx} = C_b \left[ M_{rx} (M_{px} - M_{rx}) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] = 14432950 \text{ N.mm}$$

$$M_{ny} = M_{py} = f_y \times Z_y = 240 \times 6881050 \text{ N.mm}$$

$$M_{ny} = C_b \left[ M_{ry} (M_{py} - M_{ry}) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] = 5678532 \text{ N.mm}$$

5. Tahanan Momen lentur

Momen nominal sumbu x:

Berdasarkan pengaruh lateral buckling =  $M_{nx} = 13256049 \text{ N.mm}$

Berdasarkan pengaruh local buckling =  $M_{nx} = 12479708 \text{ N.mm}$

$M_{nx} = 12479708 \text{ N.mm}$

$\phi_b \times M_{nx} = 11231737 \text{ N.mm}$

Momen terhadap sumbu y:

Berdasarkan pengaruh lateral buckling =  $M_{ny} = 5378532 \text{ N.mm}$

Berdasarkan pengaruh local buckling =  $M_{ny} = 3876767 \text{ N.mm}$

$M_{ny} = 3876767 \text{ N.mm}$

$\phi_b \times M_{ny} = 3489090 \text{ N.mm}$

$M_{ux} = 5814224 \text{ mm}$

$M_{uy} = 265126 \text{ mm}$

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \times M_{nx}} = 0,5177$$

$$\frac{M_{uy}}{\phi_b \times M_{ny}} = 0,0760$$

Syarat yang harus dipenuhi

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \times M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \times M_{ny}} \leq 1$$

$$0,5936 \leq 1 \quad \text{OKE}$$

6. Tahanan Geser

Ketebalan plat badan tanpa pengaku harus memenuhi syarat:

$$\frac{h}{t} \leq 6,36 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$61,50 \leq 183,60 \quad \text{OKE}$$

$V_{ux} = 6681$

$A_w = t \times h_t = 640 \text{ mm}^2$

$V_{nx} = 0,60 \times f_y \times A_f = 92160 \text{ N}$

Tahanan gaya geser terhadap sumbu x

$\phi_f \times V_{nx} = 69120 \text{ N}$

$$V_{uy} = 891 \text{ N}$$

$$A_f = 2b \times t = 480 \text{ mm}^2$$

$$V_{nx} = 0,60 \times f_y \times A_f = 69120 \text{ N}$$

Tahanan gaya geser terhadap sumbu y

$$\phi f \times V_{nx} = 51840 \text{ N}$$

$$\frac{V_{ux}}{\phi f \times V_{nx}} = 0,0996$$

$$\frac{V_{uy}}{\phi f \times V_{ny}} = 0,0172$$

Syarat yang harus dipenuhi

$$\frac{V_{ux}}{\phi f \times V_{nx}} + \frac{V_{uy}}{\phi f \times V_{ny}} \leq 1$$

$$0,1167 \leq 1 \quad \text{OKE}$$

#### 7. Kontrol Interaksi geser dan lentur

Syarat yang harus dipenuhi untuk interaksi geser dan lentur:

$$\frac{M_u}{\phi f \times M_n} + \frac{0,625V_u}{\phi f \times V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{M_u}{\phi f \times M_n} = \frac{M_{ux}}{\phi f \times M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi f \times M_{ny}} = 0,5936$$

$$\frac{V_u}{\phi f \times V_n} = \frac{V_{ux}}{\phi f \times V_{nx}} + \frac{V_{uy}}{\phi f \times V_{ny}} = 1,1167$$

$$\frac{M_u}{\phi f \times M_n} + \frac{V_u}{\phi f \times V_n} = 0,6666$$

$$0,6666 \leq 1,375 \quad \text{OKE}$$

#### 8. Tahanan Tarik sagrod

$$Q_{uy} = 0,1787 \text{ N/mm}$$

$$P_{uy} = 414,11 \text{ N/mm}$$

$$L_y = L_2 = 2667 \text{ mm}$$

$$T_u = Q_{uy} \times L_y + P_{uy} = 891 \text{ N}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 270 \text{ MPa}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$A_g = \frac{\pi}{4} d^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_e = 0,90 A_g = 70,69 \text{ mm}^2$$

Tahanan tarik sagrod berdasarkan luas penampang brutto

$$\begin{aligned}\phi \times Tn &= 0,90 A_g \times f_y \\ &= 16965 \text{ N}\end{aligned}$$

Tahanan tarik sagrod berdasarkan luas penampang efektif

$$\begin{aligned}\phi \times Tn &= 0,75 A_e \times f_u \\ &= 19615 \text{ N}\end{aligned}$$

Tahanan tarik sagrod (terkecil) yang digunakan  $\phi \times Tn = 16965\text{N}$

Syarat yang harus dipenuhi:

$$T_u \leq \phi T_n$$

$$891 \leq 16965 \longrightarrow \text{OKE}$$

#### 4.5.2. Perhitungan Sambungan Aksial Lentur dan Geser

Data Sambungan

$$V_u = 3430 \text{ N}$$

$$M_u = 5050224 \text{ Nmm}$$

- Baut (tipe baut = A-325)

$$f_u^b = 620 \text{ MPa}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$a = 70 \text{ mm}$$

$$n_x = 2 \text{ bh}$$

$$n_y = 5 \text{ baris}$$

$$f_t = 0,75$$

$$f_f = 0,75$$

- Plat Sambung

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u^p = 370 \text{ MPa}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

#### 1. Letak Garis Netral

$$n = n_x \cdot n_y = 10 \text{ bh}$$

$$h = n_y \cdot a = 350 \text{ mm}$$



$$d = n_x \frac{\left(\frac{p}{4} \cdot D^2\right)}{a} = 8,9760 \text{ mm}$$

$$b' = 0,75 \cdot b = 112,5 \text{ mm}$$

Diasumsikan garis netral berada pada jarak x dari sisi atas plat sambung.

Momen statis luasan terhadap garis netral,

$$\frac{1}{2} b' (h - x)^2 = \frac{1}{2} \delta \cdot x^2$$

$$\frac{(b' - \delta)}{2} x^2 - b' \cdot h \cdot x + \frac{1}{2} \cdot b' \cdot h^2 = 0$$

$$\frac{(b' - \delta)}{2} x^2 - b' \cdot h \cdot x + \frac{1}{2} \cdot b' \cdot h^2 = 0 \quad (\text{persamaan kuadrat dalam } x)$$

$$A_x = \frac{(b' - \delta)}{2} = 52$$

$$B_x = -b' \cdot h = -39375$$

$$C_x = \frac{1}{2} b' \cdot h^2 = 6890625$$

$$D_x = B_x^2 - 4 \cdot A_x \cdot C_x = 123700211$$

$$\rightarrow x = \frac{[B_x - \sqrt{D_x}]}{(2 \cdot A_x)} = 272,91 \text{ mm}$$

## 2. Tegangan yang Terjadi Pada Baut

Persamaan hubungan tegangan,  $\sigma_3 = \frac{(h - x)}{x \cdot \sigma_1}$  persamaan (I)

$$\sigma_2 = \frac{(h - \frac{\alpha}{2})}{x \cdot \sigma_1} \quad \text{persamaan (II)}$$

Persamaan momen :

$$\frac{1}{2} (h - x) \cdot b' \cdot \sigma_3 \cdot \frac{2}{3} (h - x) + \frac{1}{2} \cdot x \cdot \delta \cdot \sigma_1 \cdot \frac{2}{3} x = M_u$$

$$\frac{1}{2} (h - x) \cdot b' \cdot \frac{(h - x)}{x} \cdot \sigma_3 \cdot \frac{2}{3} (h - x) + \frac{1}{2} x \cdot \delta \cdot \sigma_1 \cdot \frac{2}{3} x = M_u$$

maka diperoleh  $\sigma_1 = \frac{3M_u}{\left[\frac{(h - x)^3}{x \cdot b' + x^2 \cdot \delta}\right]}$  persamaan (III)

Tegangan pada masing-masing baut diperhitungkan:

Tegangan tarik pada sisi atas plat sambung,

$$\text{Dari persamaan (III)} : \sigma_1 = \frac{3M_u}{\left[\frac{(h - x)^3}{x \cdot b' + x^2 \cdot \delta}\right]} = 17,67 \text{ MPa}$$

Tegangan tekan pada sisi bawah pelat sambung,

Dari persamaan (I) :  $\sigma_3 = \frac{(h-x)}{x \cdot \sigma_1} = 4,99 \text{ Mpa}$

Tegangan tarik pada baut baris teratas,

Dari persamaan (II) :  $\sigma_2 = \frac{(h-\frac{a}{2})}{x \cdot \sigma_1} = 15,40 \text{ MPa}$

Tegangan tarik putus pada baut dan plat :

$f_u^b = 620 \text{ MPa}$

$f_u^p = 370 \text{ MPa}$

### 3. Gaya Tarik Pada Baut

$T_u = \sigma_2 \cdot a \cdot \delta = 9679 \text{ N}$

$T_{u1} = \frac{T_x}{n_x} = 4840 \text{ N}$

$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 314 \text{ mm}^2$

$\phi_t \cdot T_n = 109563 \text{ N}$

$T_n = 0,75 \cdot A_b \cdot f_u^b = 146084 \text{ N}$

Syarat yang harus dipenuhi :

$\phi_t \cdot T_n \geq T_{u1}$

$109563 \geq 4840$

**OKE**

### 4. Gaya Geser Pada Baut

$V_{s1} = \frac{V_u}{n} = 343 \text{ N}$

$m = 1$  (Kondisi sambungan baut geser tunggal)

$r_1 = 0,4$

$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 314 \text{ mm}^2$

$V_n = r_1 \cdot m \cdot A_b \cdot f_u^b = 77911 \text{ N}$

Tahanan geser baut

$\phi_f \cdot V_n = 58434 \text{ N}$

Syarat yang harus dipenuhi :

$\phi_f \cdot V_n \geq V_{s1}$

$58434 \geq 343$

**OKE**

## 5. Gaya Tumpu Pada Baut

$$R_{s1} = V_{s1} = 343 \text{ N}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$f_u^p = 370 \text{ MPa}$$

$$R_n = 2.4 \cdot d \cdot t \cdot f_u^p = 177600 \text{ N}$$

Tahanan tumpu,

$$\phi_f \cdot R_n = 133200 \text{ N}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$\phi_f \cdot R_n \geq R_{s1}$$

$$133200 \geq 343 \quad \text{OKE}$$

## 6. Kombinasi Geser dan Tarik

$$f_1 = 620 \text{ MPa}$$

$$f_2 = 620 \text{ MPa}$$

$$r_2 = 1,9 \text{ MPa}$$

$$f_{uv} = \frac{V_u}{(n \cdot A_b)} = 1,09 \text{ MPa}$$

Tahanan geser baut,

$$\phi_f \cdot r_1 \cdot m \cdot f_u^b = 186 \text{ MPa}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_{uv} = \frac{V_u}{(n \cdot A_b)} \leq \phi_f \cdot r_1 \cdot m \cdot f_u^b$$

$$1,09 < 186 \quad \text{OKE}$$

$$T_{u1} = 4840 \text{ N}$$

Tahanan tarik baut,

$$\phi_f \cdot T_n = \phi_f \cdot f_1 \cdot A_b = 146084 \text{ N}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$\phi_f \cdot T_n \geq T_{u1}$$

$$146084 \geq 4840 \quad \text{OKE}$$

$$f_t = 0,75 \cdot f_u^b = 465,00 \text{ MPa}$$

$$f_1 - r_2 \cdot f_{uv} = 617,93 \text{ MPa}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$\begin{aligned} f_1 - r_2 \cdot f_{uv} &\geq f_t \\ 617,93 &\geq 465,00 \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$\begin{aligned} f_2 &\geq f_t \\ 620 &\geq 465,00 \quad \mathbf{OKE} \end{aligned}$$

#### 4.5.3. Perhitungan Tumpuan (Bearing)

Data Tumpuan:

Beban Kolom

$$\begin{aligned} P_u &= 1545,48 \text{ N} \\ V_u &= 6881 \text{ N} \\ M_u &= 5814224 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Base Plate

$$\begin{aligned} f_u^p &= 370 \text{ MPa} \\ f_y &= 240 \text{ MPa} \\ B &= 330 \text{ mm} \\ L &= 540 \text{ mm} \\ t &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kolom Pedestral

$$\begin{aligned} f_c' &= 20 \text{ MPa} \\ I &= 400 \text{ mm} \\ J &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi Kolom Baja

Profil baja = WF 400.200.8.13

$$\begin{aligned} h_t &= 400 \text{ mm} \\ b_f &= 200 \text{ mm} \\ t_w &= 8 \text{ mm} \\ t_f &= 13 \text{ mm} \end{aligned}$$

Angkur Baut (baut tipe =A-325)

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f_u^b = 825 \text{ MPa}$$

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$n_t = 3 \text{ bh}$$

$$n_c = 3 \text{ bh}$$

$$f = 220 \text{ mm}$$

$$L_a = 500 \text{ mm}$$

### 1. Eksentrisitas Beban

$$e = \frac{M_u}{P_u} = 1403,13 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{6} = 90,00 \text{ mm}$$

$$e > \frac{L}{6} \quad \text{OKE}$$

$$h = h_t - t_f = 387 \text{ mm}$$

$$e_c = f - \frac{h}{2} = 26,5 \text{ mm}$$

$$e_t = f + \frac{h}{2} = 414 \text{ mm}$$

Jumlah angkur baut total,

$$n = n_t + n_c = 6 \text{ bh}$$

### 2. Tahanan Tumpu Beton

$$P_t = P_u \cdot \frac{e_c}{e_t} = 1988 \text{ N}$$

$$P_{uc} = P_u + P_t = 33008 \text{ N}$$

$$Y = 3 \cdot \frac{(L-h)}{2} = 229,50 \text{ mm}$$

$$A_1 = B \cdot L = 178200 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = I \cdot J = 240000 \text{ mm}^2$$

$$f_{cn} = 0.85f_c' \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 19,729 \text{ MPa}$$

$$f_{cn} = 1.70 f_c' = 34,000 \text{ MPa}$$

$$f_{cn} = 19,729 \text{ MPa}$$

$$f = 0,65$$

$$f \cdot f_{cn} = \text{MPa}$$

$$f_{cu} = 2 \cdot \frac{P_{uc}}{(Y \cdot X \cdot B)} = 0,872 \text{ MPa}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f \cdot f_{cn} \geq f_{cu}$$

$$12,824 \geq 0,872 \quad \text{OKE}$$

### 3. Kontrol Dimensi Pelat Tumpuan

$$B_{p \text{ min}} = \frac{P_{uc}}{(0,5 \cdot f \cdot f_{cn} \cdot Y)} = 20 \text{ mm}$$

$$B = 330 \text{ mm}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$B \geq B_{p \text{ min}}$$

$$330 \geq 22 \quad \text{OKE}$$

Panjang bagian plat tumpuan jepit bebas,

$$a = \frac{(L - 0,95 \cdot h_t)}{2} = 80 \text{ mm}$$

$$f_{cu1} = \left( \frac{1-a}{Y} \right) \times f_{cu} = 0,568 \text{ MPa}$$

$$Z = \frac{1}{4} B \cdot t^2 = 33000 \text{ mm}^3$$

$$M_{up} = \frac{1}{2} B \cdot f_{cu1} \cdot a^2 + \frac{1}{3} \cdot B \cdot (f_{cu} - f_{cu1}) \cdot a^2 = 813518 \text{ Nmm}$$

$$f_b = 0,90$$

$$M_n = f_y \cdot Z = 7920000 \text{ Nmm}$$

$$f_b \cdot M_n = 7128000 \text{ Nmm}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_b \cdot M_n \geq M_{up}$$

$$7128000 \geq 813518 \quad \text{OKE}$$

### 4. Gaya Tarik Pada Angkur Baut

$$T_{u1} = \frac{P_t}{n_t} = 663 \text{ N}$$

$$A_b = \frac{p}{4} \times d^2 = 284 \text{ mm}^2$$

$$f_u^b = 825 \text{ MPa}$$

$$f_t = 0,90$$

$$T_n = 0,75 \times A_b \times f_u^b = 175433 \text{ N}$$

$$f_t \times T_n = 157890 \text{ N}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_t \times T_n \geq T_{u1}$$

$$157890 \geq 663 \quad \text{OKE}$$

#### 5. Gaya Geser Pada Angkur Baut

$$f_u^b = 825 \text{ MPa}$$

$$m = 1$$

$$r_1 = 0,4$$

$$f_f = 0,75$$

$$V_{u1} = \frac{V_u}{n} = 5111 \text{ N}$$

$$A_b = \frac{P}{4} \times d^2 = 284 \text{ mm}^2$$

$$V_n = r_1 \times m \times A_b \times f_u^b = 93564 \text{ N}$$

$$f_f \times V_n = 70173 \text{ N}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_f \times V_n \geq V_{u1}$$

$$70173 \geq 5111 \quad \text{OKE}$$

#### 6. Gaya Tumpu Angkur Pada Baut

$$R_{u1} = V_{u1} = 5111 \text{ N}$$

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$f_u^p = 370 \text{ MPa}$$

$$R_n = 2,4 \times d \times t \times f_u^p = 337440 \text{ N}$$

$$f_f \times R_n = 253080 \text{ N}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_f \times R_n \geq R_{u1}$$

$$253080 \geq 5111 \quad \text{OKE}$$

7. Kombinasi Geser dan Tarik

$$f_1 = 807 \text{ MPa}$$

$$f_2 = 621 \text{ MPa}$$

$$r_2 = 1,9$$

$$f_{uv} = \frac{V_u}{(n \times A_b)} = 18,03 \text{ MPa}$$

$$f_f \times r_1 \times m \times f_u^b = 247,50 \text{ MPa}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_{uv} = V_u / (n * A_b) \geq f_f \times r_1 \times m \times f_u^b$$

$$18,03 \geq 247,50 \quad \text{OKE}$$

$$T_{u1} = 663 \text{ N}$$

$$f_f \times T_n = f_f \times f_1 \times A_b = 171606 \text{ N}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_f \times f_1 \times A_b \geq T_{u1}$$

$$171606 \geq 663 \quad \text{OKE}$$

$$f_t = 0.75 \times f_u^b = 618,75 \text{ MPa}$$

$$f_1 - r_2 \times f_{uv} = 772,75 \text{ MPa}$$

$$f_2 = 621 \text{ MPa}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_1 - r_2 \times f_{uv} \geq f_t$$

$$772,75 \geq 618,75 \quad \text{OKE}$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$f_2 \geq f_t$$

$$621 \geq 618,75 \quad \text{OKE}$$

8. Kontrol Panjang Angkur Baut

$$L_a = 650 \text{ mm}$$

$$f_c' = 20$$

$$f_y = 400$$

$$d = 19$$

$$L_{\min} = \frac{f_y}{(4 \times \sqrt{f_c'})} \times d = 425 \text{ mm}$$



Syarat yang harus dipenuhi :

$$\begin{array}{rcl} L_a & \geq & L_{\min} \\ 650 & \geq & 425 \quad \longrightarrow \quad \text{OKE} \end{array}$$

#### 4.6. Perancangan Balok

Properti material dan penampang (Berdasarkan SNI 2847:2019)

$$L = 10000 \text{ mm}$$

$$h = 950 \text{ mm}$$

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang tumpuan } 2 \cdot h = 1900 \text{ mm}$$

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

$$d_{bt} = 13 \text{ mm}$$

$$d_s = 10 \text{ mm}$$

$$c_c = 40 \text{ mm}$$

$$d = h - c_c - d_s - \frac{d_b}{2} = 889 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 \text{ (Tabel 22.2.2.4.3)} \quad 0,65 \leq 0,85 - 0,05 \cdot \frac{(f_c' - 28)}{7} \leq 0,85 = 0,8357$$

$$c_1 = 600 \text{ mm}$$

$$c_2 = 800 \text{ mm}$$

$$L_n = L - c_1 = 9400 \text{ mm}$$

$$\lambda \text{ (Asumsi tidak menggunakan beton ringan)} = 1$$

##### 1. Gaya Dalam

$$M_{u,tumpuan (-)} = -1040,63 \text{ kNm}$$

$$M_{u,tumpuan (+)} = 542,2135 \text{ kNm}$$

$$M_{u,lapangan (-)} = -504,362 \text{ kNm}$$

$$M_{u,lapangan (+)} = 540,079 \text{ kNm}$$

##### 2. Syarat Gaya dan Geometri

Syarat Tinggi Efektif (18.6.2.1)

$$L_n \geq 4d$$

$$9400 \text{ mm} \geq 889 \text{ mm}$$

Syarat Lebar 1 (18.6.2.1)

$$\min(0.3h, 250 \text{ mm}) \leq b$$

$$285 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Syarat Lebar 2 (18.6.2.1)

$$b \leq c_2 + 2 \cdot \min(c_2, 0.75 c_1)$$

$$450 \text{ mm} \leq 360000 \text{ mm}$$

### 3. Penulangan Lentur

- Tumpuan Negatif

$$n = 9$$

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

$$\frac{(b - 2c_c - 2d_s - n \cdot d_b)}{(n - 1)} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Total Lapisan} = 2$$

$$\text{As Pasang} \quad n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 3421,194 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}_{\min,1} \quad \frac{(f_c)^{0,5}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 1304,264 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}_{\min,2} \quad \frac{1,4}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 1333,5 \text{ mm}^2$$

Cek As min

$$\text{As}_{\min} \leq \text{As Pasang}$$

$$1333,5 \leq 3421,194 \quad \text{OKE}$$

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d} = 0,86\%$$

$$\rho_{\max,1} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} = 2,24\%$$

$$\rho_{\max,2} = 2,50 \%$$

Cek As max

$$\rho \leq \rho_{\max}$$

$$0,86\% \leq 2,24\% \quad \text{OKE}$$

$$a = A_s \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = 125,220 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 1187,441 \text{ kN-m}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 149,836 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{(d-c)}{c \cdot 0,003} = 0,015$$

$$\phi = 0,65 \leq \frac{(\varepsilon_s - 0,002)}{0,003} \cdot 0,25 \leq 0,9 = 0,9$$

$$\phi M_n = \phi \cdot M_n = 1068,697 \text{ kN-m}$$

$$M_{u,tumpuan (-)} = 1040,626 \text{ kN-m}$$

Cek Kapasitas

$$\begin{aligned} \phi M_n &> M_u \\ 1068,697 &> 1040,626 \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ Perlu} = \frac{M_u}{[f_y \cdot (\frac{a}{2})]} = 2998,199 \text{ mm}^2$$

- Tumpuan Positif

$$N = 5$$

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih Antar Tulangan} = \frac{(b - 2 c_c - 2 d_s - n \cdot d_b)}{(n - 1)} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Total Lapisan} = 2$$

$$A_s \text{ Pasang} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 1900,664 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min},1} = \frac{(f_c)^{0,5}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 1304,264 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min},2} = \frac{1,4}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 1333,500 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min},4} = A_s \text{ Tumpuan Negatif} \cdot 0,5 = 1710,597 \text{ mm}^2$$

Cek As min

$$\begin{aligned} A_s \text{ Pasang} &\geq A_s \text{ min} \\ 1900,664 &\geq 1304,264 \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = 0,48\%$$

$$\rho_{\max,1} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} = 2,24\%$$

$$\rho_{\max,2} = 2,5\% = 2,50\%$$

Cek As max

$$\begin{aligned} \rho &\leq \rho_{\max} \\ 0,48\% &\leq 2,50\% \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$a = A_s \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = 69,567 \text{ mm}$$

$$M_n = (d - \frac{a}{2}) \cdot A_s \cdot f_y = 681,903 \text{ kNm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 83,242 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{(d-c)}{c \cdot 0,003} = 0,029$$

$$\phi = 0,65 \leq \frac{(\epsilon_s - 0,002)}{0,003} \cdot 0,25 \leq 0,9 = 0,9$$

$$\phi M_n = \phi \cdot M_n = 613,71 \text{ kN-m}$$

$$M_u = 542,21 \text{ kN-m}$$

Cek As min

$$\begin{aligned} \phi M_n &> M_u \\ 613,71 &> 542,21 \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ Perlu} = \frac{M_u}{[f_y \cdot (\frac{a}{2})]} = 15411,31 \text{ mm}^2$$

- Lapangan Negatif

$$n = 5$$

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih Antar Tulangan} = \frac{(b - 2 c_c - 2 d_s - n \cdot d_b)}{(n - 1)} = 60 \text{ Mm}$$

$$\text{Total Lapisan} = 2$$

$$A_s \text{ Pasang} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 1900,664 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min},1} = \frac{(f_c)^{0,5}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 1304,264 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min,2} = \frac{1,4}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 1333,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min,4} = 0,25 \cdot A_s \text{ Tumpuan Negatif} = 855,3 \text{ mm}^2$$

Cek As min

$$\begin{aligned} A_s \text{ Pasang} &\geq A_s \text{ min} \\ 1900,664 &\geq 1304,264 \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = 0,48\%$$

$$\rho_{\max,1} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} = 2,24\%$$

$$\rho_{\max,2} = 2,5\% = 2,50\%$$

Cek As max

$$\begin{aligned} \rho &\leq \rho_{\max} \\ 0,76\% &\leq 2,24\% \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$a = A_s \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = 69,567 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 681,903 \text{ kN-m}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 83,242 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{(d-c)}{c \cdot 0,003} = 0,029$$

$$\phi = 0,65 \leq \frac{(\epsilon_s - 0,002)}{0,003} \cdot 0,25 \leq 0,9 = 0,9$$

$$\phi M_n = \phi \cdot M_n = 613,713 \text{ kN-m}$$

$$M_u = 1405,805 \text{ kN-m}$$

Cek

$$\begin{aligned} \phi M_n &> M_u \\ 613,713 &> 504,362 \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ Perlu} = \frac{M_u}{\left[f_y \cdot \left(\frac{a}{2}\right)\right]} = 1405,805 \text{ mm}^2$$

- Lapangan Positif

$$n = 5$$

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih Antar Tulangan} = \frac{(b - 2c_c - 2d_s - n \cdot d_b)}{(n - 1)} = 60$$

$$\text{Total Lapisan} = 2$$

$$A_s \text{ Pasang} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 1900,664 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min},1} = b \cdot \frac{(f_c)^{0,5}}{4 \cdot f_y} \cdot d = 1304,264 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min},2} = b \cdot \frac{1,4}{4 \cdot f_y} \cdot d = 1333,500 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min},4} = 0,25 \cdot A_s \text{ Tumpuan Negatif} = 855,3 \text{ mm}^2$$

Cek As min

$$\begin{array}{l} A_s \text{ Pasang} \geq A_s \text{ min} \\ 1900,664 \geq 1333,500 \quad \text{OKE} \end{array}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = 0,48\%$$

$$\rho_{\text{max},1} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = 2,24\%$$

$$\rho_{\text{max},2} (18.6.3.1) = 2,5\% \quad 2,50\%$$

Cek As max

$$\begin{array}{l} \rho \leq \rho_{\text{max}} \\ 0,48\% \leq 2,24\% \quad \text{OKE} \end{array}$$

$$a = A_s \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = 69,567 \text{ mm}$$

$$M_n = (d - \frac{a}{2}) \cdot A_s \cdot f_y = 681,903 \text{ kN-m}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 83,242 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{(d-c)}{c \cdot 0,003} = 0,029$$

$$\phi = 0,65 \leq \frac{(\epsilon_s - 0,002)}{0,003} \cdot 0,25 \leq 0,9 = 0,9$$

$$\phi M_n = \phi \cdot M_n = 613,713 \text{ kN-m}$$

$$M_u = 540,079 \text{ kN-m}$$

Cek

$$\phi M_n > M_u$$



$$613,713 > 540,079 \quad \text{OKE}$$

As Perlu  $\frac{M_u}{[f_y \cdot (\frac{a}{2})]} = 1505,36 \text{ mm}^2$

Tabel 4.26. Tulangan Balok B1

Tulangan Tumpuan		Tulangan Lapangan	
Tulangan Atas	9 D22	Tulangan Atas	8 D22
Tulangan Bawah	5 D22	Tulangan Bawah	8 D22
Tulangan Ekstra	16 D13	Tulangan Ekstra	10 D13
Sengkang Tumpuan	4D10-100	Sengkang Lapangan	4D10-150

Sumber : Hasil Analisis

KODE	G1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
LANTAI-2 POTONGAN		
DIMENSI	450 x 950	450 x 950
TULANGAN ATAS	9 D22	5 D22
TULANGAN BAWAH	5 D22	5 D22
TULANGAN EXTRA	4 D13	4 D13
SENGKANG	4D10 - 100	4D10 - 150

Gambar 4.22. Tulangan Balok

#### 4.7. Perancangan Kolom

Properti Material dan penampang

$$L = 4000 \text{ Mm}$$

$$b = 600 \text{ Mm}$$

$$h = 800 \text{ Mm}$$

$$d_b = 22 \text{ Mm}$$

$$d_s = 13 \text{ Mm}$$

$$c_c = 40 \text{ Mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 525 \text{ MPa}$$

$$hb = 950 \text{ mm}$$

$$L_n = L - hb = 3050 \text{ mm}$$

### 1. Syarat gaya dan geometri

Syarat sisi terpendek

$$300 \text{ mm} \leq b$$

$$300 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad \text{OKE}$$

Syarat rasio dimensi penampang

$$0,4 \leq \frac{b}{h}$$

$$0,4 \leq 0,75 \quad \text{OKE}$$

### 2. Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur

$$n = 16$$

$$A_s = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 6082,1 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot h} = 1,27\%$$

Cek  $\rho_{\min}$  dan  $\rho_{\max}$

$$1\% \leq \rho \leq 6\%$$

$$1\% \leq 1,27\% \leq 6\% \quad \text{OKE}$$

### 3. Pengecekan *Strong Column Weak Beam (SCBW)*

$M_u$ kolom desain	=	186,02	kN m
$P_u$ kolom desain	=	3072,59	kN m
$M_u$ kolom atas	=	361,950	kN m
$P_u$ kolom atas	=	2174,18	kN m
$M_n^-$ Tumpuan Balok	=	-705,299	kN m
$M_n^+$ Tumpuan Balok	=	186,02	kN m
$\Sigma M_{nc}$	=	1650,470	kN m



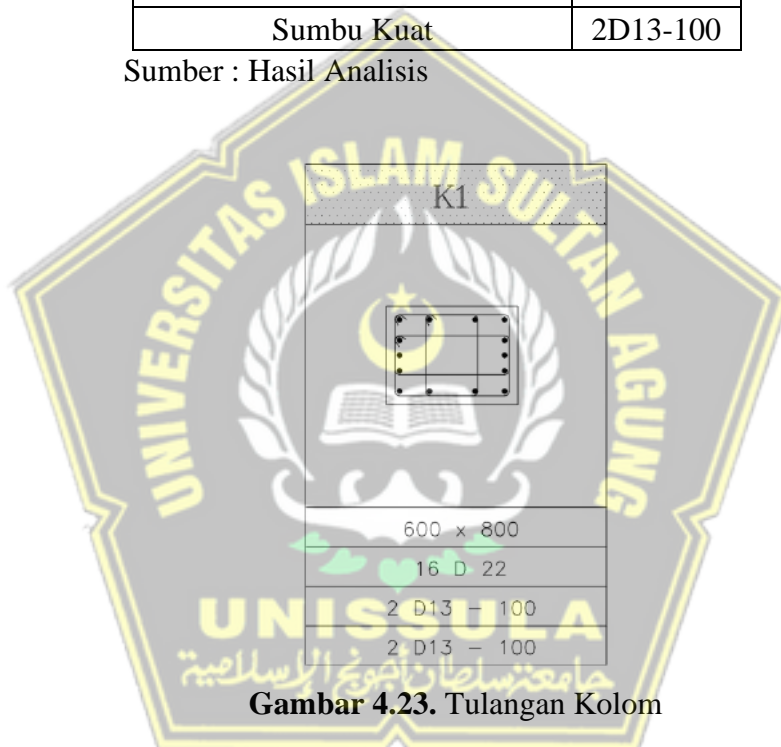
Cek SCWB (Sesuai pasal 18.7.3.2

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nc} &\geq 1,2 \cdot (M_{n-} + M_{n+}) \\ 1650,470 &\geq 623,136 \quad \quad \quad \mathbf{OKE} \end{aligned}$$

Tabel 4.27. Tulangan Kolom K1

Tulangan Utama	
Longitudinal	16 D22
Sengkang Tumpuan	
Sumbu Lemah	6D13-100
Sumbu Kuat	6D13-100
Sengkang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D13-100
Sumbu Kuat	2D13-100

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4.23. Tulangan Kolom

#### 4.8. Perancangan Pelat

Properti material dan penampang

$$\begin{aligned} L_1 &= 3850 \text{ mm} \\ L_2 &= 4850 \text{ mm} \\ t &= 120 \text{ mm} \\ d_b &= 13 \text{ mm} \\ c_c &= 20 \text{ mm} \\ d &= 80,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25743$$

$$\beta_1 = 0,8357$$

$$\lambda = 1$$

### 1. Gaya Dalam

$$M \text{ Max akibat M11 Max} = 18,368 \text{ kN-m}$$

$$M \text{ Max akibat M22 Max} = 20,369 \text{ kN-m}$$

### 2. Penulangan lentur (analisis untuk per meter lari)

- Momen Positif M11 -> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)

$$\text{Spasi Tulangan} \quad s = 120$$

$$\text{Spasi Maksimum} \quad s_{\max} = 2 \cdot t \text{ dan } 450 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Cek Spasi Maksimum

$$s \leq s_{\max}$$
$$120 \leq 240 \quad \text{OKE}$$

$$\text{Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan} \quad n = \frac{b}{s} = \frac{1000}{s} = 8,3333$$

(analisis per 1 m)

$$d_b = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih Antar Tulangan} \quad s - d_b = 107 \text{ mm}$$

Pengecekan Jarak Bersih

$$\text{Jarak bersih} \geq d_b \text{ dan } 25 \text{ mm}$$

$$107 \text{ mm} \geq 38 \text{ mm} \quad \text{OKE}$$

$$A_s \text{ Pasang} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 1106,102 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} (f_y < 420 \text{ MPa}) = 0,2\% \cdot b \cdot t = 240, \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} (f_y \geq 420 \text{ MPa}) \left(0,18\% \cdot \frac{420}{f_y} \cdot b \cdot t \text{ dan } 0,14\% \cdot b \cdot t\right) = 216 \text{ mm}^2$$

Cek As min

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As}_{\min} \\ 1106,102 \text{ mm}^2 &\geq 240 \quad \quad \quad \mathbf{OKE} \end{aligned}$$

Tinggi Blok Beton  $a = \text{As} \cdot \frac{f_y}{(0,85 f'c \cdot b)} = 18,218 \text{ mm}$

Kapasitas Lentur  $M_n = \text{As} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 33,166 \text{ kN-m}$

Lokasi Garis Netral  $c = \frac{a}{\beta_1} = 21,800 \text{ mm}$

Regangan  $\epsilon_s = \frac{(d-c)}{c} \cdot 0,003 = 0,008$

Tulangan Tarik

Faktor Reduksi,  $\phi = 0,65 \leq 0,65 + (\epsilon_s - 0,002) / 0,003 \cdot 0,25 \leq 0,9 \quad 0,900$

Kapasitas Lentur Tereduksi,  $= \phi \cdot M_n = 29,849 \text{ kN-m}$

Momen Ultimit  $M_u = 18,368 \text{ kN-m}$

Cek Kapasitas

$$\begin{aligned} \phi M_n &> M_u \\ 29,849 \text{ kN-m} &> 18,368 \text{ kN-m} \quad \mathbf{OKE} \end{aligned}$$

- Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)

Spasi Tulangan  $s = 120$

Spasi Maksimum  $s_{\max} = 2 \cdot t \text{ dan } 450 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

Cek Spasi Maksimum

$$\begin{aligned} s &\leq s_{\max} \\ 120 &\leq 240 \quad \quad \quad \mathbf{OKE} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan  $n = \frac{b}{s} = \frac{1000}{s} = 8$

(analisis per 1 m)

$d_b = 13 \text{ mm}$

Jarak Bersih Antar Tulangan  $s - d_b = 107 \text{ mm}$

Pengecekan Jarak Bersih

Jarak Bersih  $\geq d_b \text{ dan } 25 \text{ mm}$

$$107 \text{ mm} \geq 38 \text{ mm} \quad \text{OKE}$$

$$\text{Jumlah Lapis} = 2$$

$$\text{As Pasang} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 1106,102 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}_{\min} (f_y < 420 \text{ MPa}) = 0,2\% \cdot b \cdot t = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}_{\min} (f_y \geq 420 \text{ MPa}) \left( 0,18\% \cdot \frac{420}{f_y} \cdot b \cdot t \text{ dan } 0,14\% \cdot b \cdot t \right) = 216 \text{ mm}^2$$

Cek As min

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As}_{\min} \\ 1106,102 &\geq 240 \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi Blok Beton} \quad a = \text{As} \cdot \frac{f_y}{(0,85 f_c' \cdot b)} = 18,218 \text{ mm}$$

$$\text{Kapasitas Lentur} \quad M_n = \text{As} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) = 27,126 \text{ kN-m}$$

$$\text{Lokasi Garis Netral} \quad c = \frac{a}{\beta_1} = 21,800 \text{ mm}$$

$$\text{Regangan Tulangan Tarik} \quad \epsilon_s = \frac{(d-c)}{c} \cdot 0,003 = 0,008$$

$$\text{Faktor Reduksi, } \phi = 0,65 \leq 0,65 + (\epsilon_s - 0,002) / 0,003 \cdot 0,25 \leq 0,9 = 0,9$$

$$\text{Kapasitas Lentur} = \phi \cdot M_n = 24,414 \text{ kN-m}$$

Tereduksi

$$\text{Momen Ultimit} \quad M_u = 20,369 \text{ kN-m}$$

Cek Kapasitas

$$\begin{aligned} \phi M_n &> M_u \\ 24,414 &> 20,369 \end{aligned}$$

- Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)

$$\text{Spasi Tulangan} \quad s = 120$$

$$\text{Spasi Maksimum} \quad s_{\max} = 2 \cdot t \text{ dan } 450 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Cek Spasi Maksimum

$$s \leq S_{\max}$$

$$120 \leq 240$$

**OKE**

$$\text{Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan } n = \frac{b}{s} = \frac{1000}{s} = 8$$

(analisis per 1 m)

$$d_b = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih Antar Tulangan } s - d_b = 107 \text{ mm}$$

Pengecekan Jarak Bersih

$$\text{Jarak Bersih} \geq d_b \text{ dan } 25 \text{ mm}$$

$$107 \text{ mm} \geq 38 \text{ mm}$$

**OKE**

$$\text{Jumlah Lapis} = 2$$

$$\text{As Pasang} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 1106,102 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}_{\min} (f_y < 420 \text{ MPa}) = 0,2\% \cdot b \cdot t = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}_{\min} (f_y \geq 420 \text{ MPa}) \left( 0,18\% \cdot \frac{420}{f_y} \cdot b \cdot t \text{ dan } 0,14\% \cdot b \cdot t \right) = 216 \text{ mm}^2$$

Pengecekan As min

$$\text{As pasang} \geq \text{As}_{\min}$$

$$1160,102 \text{ mm}^2 \geq 240 \text{ mm}^2$$

**OKE**

### 3. Lendutan Pelat

- Kapasitas Retak Lentur

$$\text{Momen Inersia Pelat } I_g = 1440000000 \text{ mm}^4$$

$$\text{Tegangan Retak } f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} = 3,396 \text{ MPa}$$

$$\text{Garis Netral } y = \frac{t}{2} = 60 \text{ Mm}$$

$$\text{Kapasitas Retak Lentur } M_{cr} = f_r \cdot \frac{I_g}{y} = 8,150 \text{ KNm}$$

$$\text{Momen Inersia Retak } I_{cr} = 0,25 I_g = 360000000 \text{ mm}^4$$

- Lendutan Arah Sumbu 1

$$\text{M11 Max Akibat DL} = 1,556 \text{ KNm}$$

$$\text{M11 Min Akibat DL} = -4,192 \text{ KNm}$$

M11 Max Akibat SIDL	=	1,026	KNm
M11 Min Akibat SIDL	=	-2,421	KNm
M11 Max Akibat LL	=	3,215	KNm
M11 Min Akibat LL	=	-4,739	KNm
Ma Lapangan (+)	$\sum M11 \text{ Max}$	= 5,797	kNm
Ma Tumpuan (-)	$\sum M11 \text{ Min}$	= -11,352	kNm
	$\frac{M_{cr}}{M_a \text{ Lapangan}}$	= 1,406	
	$\frac{M_{cr}}{M_a \text{ Tumpuan}}$	= 0,718	
I <sub>e</sub> Lapangan	$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} < I_g$	= 144000000	mm <sup>4</sup>
I <sub>e</sub> Tumpuan	$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} < I_g$	= 75966607	mm <sup>4</sup>
I <sub>e</sub> Rata-Rata	$0.5 \cdot I_e \text{ Lapangan} + 0.5 \cdot I_e \text{ Tumpuan}$	= 109983304	mm <sup>4</sup>
Lendutan Seketika Akibat DL, $\delta_{i,DL}$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{L^2}{(Ec \cdot I_g)} \cdot [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	= 1,306	mm
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i,SIDL}$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{L^2}{(Ec \cdot I_g)} \cdot [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	= 0,824	mm
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i,LL}$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{L^2}{(Ec \cdot I_g)} \cdot [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	= 2,270	mm
Syarat Lendutan Seketika LL	$LL = \frac{L}{360}$	= 10,694	mm
Cek Lendutan Seketika		OK	
Faktor Jangka Panjang, $\lambda$	$\lambda = \frac{2}{(1+50 \cdot \rho')}$	= 1,186	
Lendutan Jangka Panjang, $\Delta_{LT}$	$\Delta_{LT} = (\delta_{i,DL} + \delta_{i,SIDL}) \cdot \lambda + \delta_{i,LL}$	= 4,794	
Syarat Lendutan Jangka Panjang	$\frac{L}{240}$ atau $\frac{L}{480}$	= 16,042	mm
Cek Lendutan Jangka Panjang		OK	

- Lendutan Arah Sumbu 2

M22 Max Akibat DL	=	1,189	KNm
M22 Min Akibat DL	=	-2,729	KNm
M22 Max Akibat SIDL	=	1,173	KNm
M22 Min Akibat SIDL	=	-2,81	KNm

M22 Max Akibat LL	=	2,396	KNm
M22 Min Akibat LL	=	-4,482	KNm
Ma Lapangan(+)	$\sum M_{11}$ Max	=	4,758 kNm
Ma Tumpuan (-)	$\sum M_{11}$ Min	=	-10,021 kNm
	$\frac{M_{cr}}{M_a \text{ Lapangan}}$	=	1,713
	$\frac{M_{cr}}{M_a \text{ Tumpuan}}$	=	0,813
I <sub>e</sub> Lapangan	$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} < I_g$	=	144000000 mm <sup>4</sup>
I <sub>e</sub> Tumpuan	$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} < I_g$	=	94100684 mm <sup>4</sup>
I <sub>e</sub> Rata-Rata	$0.5 \cdot I_e \text{ Lapangan} + 0.5 \cdot I_e \text{ Tumpuan}$	=	119050342 mm <sup>4</sup>
Lendutan Seketika Akibat DL, $\delta_{i,DL}$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{L^2}{(Ec \cdot I_g)} \cdot [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	=	1,387 mm
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i,SIDL}$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{L^2}{(Ec \cdot I_g)} \cdot [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	=	1,387 mm
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i,LL}$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{L^2}{(Ec \cdot I_g)} \cdot [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	=	2,632 mm
Syarat Lendutan Seketika	LL = $\frac{L}{360}$	=	13,472 mm
Cek Lendutan Seketika			OK
Faktor Jangka Panjang	$\lambda = \frac{2}{(1+50 \cdot \rho')}$	=	1,186
Lendutan Jangka Panjang	$\Delta_{LT} = (\delta_{i,DL} + \delta_{i,SIDL}) \cdot \lambda + \delta_{i,LL}$	=	5,921
Syarat Lendutan Jangka Panjang	$\frac{L}{240}$ atau $\frac{L}{480}$	=	20,208 mm
Cek Lendutan Jangka Panjang			OK

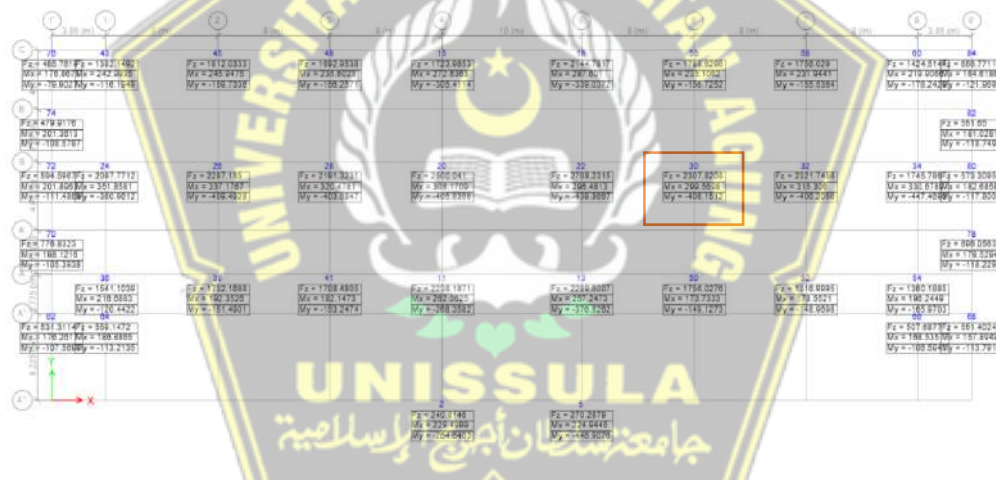
## 4.9. Perhitungan Pondasi

### 4.9.1. Rancangan Tiang Pancang

Pada bagian *lower structure* terdapat pondasi yang berfungsi untuk menyalurkan beban – beban bangunan di atasnya. Dalam merancang pondasi rangka gedung maka ada beerbagai hal yang perlu diperhatikan meliputi : jenis tanah, kondisi dari tanah di lokasi yang akan dibangun. Perancangan harus sesuai prosedur agar dapat menghasilkan *safety factor* yang mempertimbangkan segi keefesienannya dan segi ekonomis dalam pelaksanaan pemasangannya.

### 4.9.2. Perancangan Pondasi untuk Titik di Tengah Bangunan

Pondasi yang digunakan untuk perancangan Gedung Sekretariat Daerah Salatiga yaitu Pondasi Sumuran pada kedalaman 5,8 m .



Gambar 4.24. Titik Pondasi K1 yang ditinjau

Direncanakan pondasi dengan dimensi sebagai berikut:

$$D = 0,80 \text{ m}$$

$$L = 5,80 \text{ m}$$

$$f_c' = 20,75 \text{ MPa}$$

$$W_c = 240 \text{ kN/m}^3$$

Didapatkan hasil analisa gaya dalam yang bekerja pada pondasi:

$$F_x = 296,48 \text{ kN}$$

$$F_y = 496,48 \text{ kN}$$



$$F_z = 2708,23 \text{ kN}$$

$$M_x = 154,41 \text{ kN}$$

$$M_y = 112,16 \text{ kN}$$

Data Susunan Pada Tiang

Tabel 4.28. Data susunan tiang

No.	Jumlah	x	$n \cdot x^2$	No.	Jumlah	y	$n \cdot y^2$
	N	(m)	(m <sup>2</sup> )		N	(m)	(m <sup>2</sup> )
1	1	0,00	0,00	1	1	0,00	0,00
n =	1	$\sum x^2 =$	0,00	n =	1	$\sum y^2 =$	0,00
Lebar pilecap arah x,						$L_x =$	2,50
Lebar pilecap arah y,						$L_y =$	2,50

Sumber : Hasil Analisis

• **Gaya Aksial pada Tiang**

$$W_c = L_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c$$

$$= 2,5 \cdot 2,5 \cdot 1,15 \cdot 240 = 172,50 \text{ Kn}$$

$$W_s = L_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s$$

$$= 2,5 \cdot 2,5 \cdot 24 = 0, \text{ Kn } W_c = L_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c$$

$$P_u = 1.2W_s + 1.2W_c + P_{uk}$$

$$= 2915,23 \text{ kN}$$

Lengan tiang pancang arah x dan arah y terhadap pusat,

$$x_{\max} = 0,00 \text{ m}$$

$$y_{\max} = 0,00 \text{ m}$$

$$x_{\min} = 0,00 \text{ m}$$

$$y_{\min} = 0,00 \text{ m}$$

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang

$$p_{u \max} = \frac{P_u}{n} = 2915,23 \text{ kN}$$

Syarat yang dipenuhi:

$$p_{u \max} \leq f \cdot P_n$$

$$2915,23 \leq 3040$$

→ **OKE**

- **Gaya Lateral pada Tiang**

$$h_{ux} = \frac{h_{ux}}{n} = 154,41 \text{ kN}$$

$$h_{uy} = \frac{h_{uy}}{n} = 112,16 \text{ kN}$$

$$h_{umax} = \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} = 190,85 \text{ kN}$$

Syarat yang dipenuhi:

$$h_{umax} \leq f \times H_n$$

$$190,85 \leq 249 \rightarrow \text{OKE}$$

- **Tinjauan Geser Arah X**

$$d' = 0,075 \text{ m}$$

$$d = h - d' = 1,075 \text{ m}$$

$$c_x = \frac{(L_x - b_x - d)}{2} = 0,313 \text{ m}$$

$$W_1 = c_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c = 21,563 \text{ kN}$$

$$W_2 = c_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s = 0 \text{ kN}$$

$$V_{ux} = p_{umax} \cdot \frac{W_1}{n} - \frac{W_2}{n} = 2893,668 \text{ kN}$$

$$d = 1075 \text{ mm}$$

$$b = L_y = 2500 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{b_x}{b_y} = 1,33$$

Berdasarkan SNI 2874:2019 untuk pondasi telapak non prategang ( $V_c$ )

- $V_c = [ a_s \cdot d / b + 2 ] \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d / 12 \cdot 10^{-3}$   
= 21500 kN

- $V_c = [ 1 + 2 / b_c ] \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d / 6 \cdot 10^{-3}$   
= 5598,958 kN

- $V_c = 1 / 3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3}$   
= 4479,167 kN

$$V_c = 4479,167 \text{ kN (nilai terkecil)}$$

$$\Phi = 0,75$$

$$\Phi * V_c = 3359,375 \text{ kN}$$

Syarat yang dipenuhi:  $V_{ux} \leq \Phi \times V_c$

$$2893,668 \leq 3359,375 \quad \text{OKE}$$

Syarat yang dipenuhi:  $\Phi \times V_c \geq V_{uy}$

$$3281,25 \geq 2885,905 \quad \text{OKE}$$

- **Tinjauan Geser Arah Y**

$$d' = 0,100 \text{ m}$$

$$d = h - d' = 1,050 \text{ m}$$

$$c_x = (L_x - b_x - d) / 2 = 0,425 \text{ m}$$

$$W_1 = c_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c = 29,325 \text{ kN}$$

$$W_2 = c_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s = 0 \text{ kN}$$

$$V_{ux} = p_{umax} - W_1/n - W_2/n = 2885,905 \text{ kN}$$

$$b = L_y = 2500 \text{ mm}$$

$$d = 1050 \text{ mm}$$

$$\beta_c = b_x / b_y = 1,33$$

Kuat geser pilecap arah y, diambil nilai terkecil dari V:

- $V_c = [1 + 2 / \beta_c] \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d / 6 \cdot 10^{-3}$   
 $= 5468,750 \text{ kN}$

- $V_c = [a_s \times d / b + 2] \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d / 12 \cdot 10^{-3}$   
 $= 20562,500 \text{ kN}$

- $V_c = 1 / 3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3} = 4375 \text{ kN}$

$$V_c = 4375 \text{ kN}$$

$$\Phi = 0,75$$

$$\Phi \times V_c = 3281,25 \text{ kN}$$

$$\Phi \times V_c \geq V_{ux}$$

- **Tinjauan Geser Pondasi Dua Arah**

$$d' = 0,100 \text{ m}$$

$$d = h - d' = 1,050 \text{ m}$$

$$B_x = b_x + d = 1,850 \text{ m}$$

$$B_y = b_y + d = 1,650 \text{ m}$$

$$P_{uk} = 2708,23 \text{ kN}$$

$$A_p = 2 \cdot (B_x + B_y) \cdot d = 7,350 \text{ m}^2$$

$$b_p = 2 \cdot (B_x + B_y) = 7 \text{ m}$$

$$b_c = b_x / b_y = 1,33$$

Tegangan geser pondasi, diambil nilai terkecil dari  $f_p$

$$\begin{aligned} \bullet f_p &= [a_s \cdot d / b_p + 2] \cdot \sqrt{f'_c} / 12 \\ &= 3,333 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet f_p &= [1 + 2 / b_c] \cdot \sqrt{f'_c} / 6 \\ &= 2,083 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\bullet f_p = 1 / 3 \cdot \sqrt{f'_c} = 1,667 \text{ MPa}$$

$$f_p = 1,667 \text{ Mpa}$$

$$\Phi = 0,75$$

$$\Phi \cdot V_{np} = f \cdot A_p \cdot f_p \cdot 10^3 = 9187,50 \text{ kN}$$

Syarat yang dipenuhi:  $\Phi \cdot V_{np} \geq P_{uk}$

$$9187,50 \geq 2708,230$$

**OKE**

- **Desain Penulangan *Pile Cap***

Rancangan tulangan lentur *pile cap* dianggap sebagai balok kantilever dengan tiang pada kolom. Beban yang bekerja meliputi berat sendiri *pile cap* ( $q$ ) dan beban terpusat ( $P$ ). Tebal *pile cap* 1,15 m dan mutu beton 25 MPa serta mutu baja 420 MPa.

- **Desain Penulangan Lentur Arah X**

$$c_x = \frac{(L_x - b_x)}{2} = 0,850 \text{ m}$$

$$e_x = c_x - a = -0,400 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= c_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c \\ &= 58,650 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= c_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s \\ &= 0,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$M_{ux} = p_{umax} \cdot e_x - W_1 \cdot \frac{c_x}{2} - W_2 \cdot \frac{c_x}{2}$$

$$= -1191,018$$

$$b = L_y = 2500 \text{ mm}$$

$$h = 1150 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 1075 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 2.00E+05 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$r_b = \beta_1 \cdot 0.85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} = 0$$

$$\Phi = 0,90$$

$$R_{max} = 0,75 \cdot r_b \cdot f_y \cdot [1 - 1/2 \cdot 0,75 \cdot r_b \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c')] ]$$

$$= 6,624$$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{f} = -1323,354 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_{nx} \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = -0,45806$$

Syarat  $R_n \leq R_{max}$

$$-0,45806 \leq 6,624 \quad \text{OKE}$$

$$r = 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n / (0,85 \cdot f_c')}] = -0,0012$$

$$r_{min} = 0,0025$$

$$r = 0,0025$$

$$A_s = r \cdot b \cdot d = 6718,75 \text{ mm}^2$$

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 22 - 140 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{p}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} = 6788,08 \text{ mm}^2$$

- **Desain Penulangan Lentur Arah Y**

$$c_y = \frac{(L_y - b_y)}{2} = 0,950 \text{ m}$$

$$e_y = c_y - a = -0,300$$

$$W_I = c_x \cdot L_x \cdot h \cdot w_c = 65,550 \text{ kN}$$

$$W_2 = c_x \cdot L_x \cdot z \cdot w_s = 0,00 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= P_{\max} \cdot e_y - W_1 \cdot \frac{c_y}{n} - W_2 \cdot \frac{c_y}{n} \\ &= -11197,228 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$b = L_x = 2500 \text{ mm}$$

$$h = 11500 \text{ mm}$$

$$d' = 100 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 10500 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 2.00E+05 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} = 0$$

$$\Phi = 0,90$$

$$R_{\max} = 0,75 \cdot r_b \cdot f_y \cdot [1 - 1/2 \cdot 0,75 \cdot r_b \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c')] = 6624$$

$$M_n = \frac{M_{uy}}{\Phi} = -1330,254 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = -0,48263$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} \quad R_n &\leq R_{\max} \\ -0,45806 &\leq 6,624 \quad \text{OKE} \end{aligned}$$

$$\rho = 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n / (0,85 \cdot f_c')}] = 0,0039$$

$$r_{\min} = 0,0025$$

$$r = 0,0039$$

$$A_s = r \cdot b \cdot d = 10237,5 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan, D 22

$$A_s = \frac{p}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} = 93 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 200$$

$$s = 93$$

Digunakan tulangan, D 22 – 90

$$A_s = p / 4 \cdot D^2 \cdot b / s = 10559,24 \text{ mm}^2$$

- **Desain Tulangan Susut**

$$r_{smin} = 0,0014$$

$$A_{sx} = r_{smin} \cdot b \cdot d = 3763 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy} = r_{smin} \cdot b \cdot d = 3675 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,  $\emptyset$  16 mm

$$s_x = p / 4 \cdot \emptyset^2 \cdot b / A_{sx} = 134$$

$$s_{xmax} = 134$$

$$s_x = 200$$

$$s_y = p / 4 \cdot \emptyset^2 \cdot b / A_{sy} = 134$$

$$s_{ymax} = 200$$

$$s_y = 137$$

Digunakan tulangan susut arah x,

$\emptyset$  16 – 130 mm

Digunakan tulangan susut arah y,

$\emptyset$  16 – 130 mm



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan permodelan, analisis dan merancang Gedung Sekretariat Daerah Salatiga dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah melakukan analisa dari perancangan gedung Sekretariat Daerah Salatiga dengan acuan SNI 1726:2019, sistem struktur penahan gempa yang digunakan pada gedung ini adalah sistem rangka penahan momen khusus.
2. Pada ketidakberaturan gedung secara horizontal mengalami ketidakberaturan torsi 1a pada lantai atap, sehingga pada hal ini perlu diperhitungkan faktor pembesaran dari torsi torsi tidak terduga tersebut sebesar 5% dari simpangan antar lantainya. Pada ketidakberaturan vertikal struktur gedung Sekretariat Daerah hanya mengalami ketidakberaturan V.2 (ketidakberaturan massa) pada lantai 4 yang dikarenakan fungsi ruangan pada lantai 4 lebih besar dibandingkan lantai 2 dan 3.
3. Hasil perencanaan dimensi dan penulangan pelat, balok, dan pelat yaitu sudah memenuhi standar perancangan beton struktural SNI 2847:2019. Elemen kolom K1 dengan menggunakan tulangan utama 16 D22. Untuk elemen balok B1 menggunakan tulangan longitudinal tumpuan atas 9 D22, tulangan longitudinal tumpuan tengah 4D13, dan tulangan longitudinal bawah 5 D22 dengan tulangan sengkang 3D10 – 100. Dan untuk elemen pelat dari hasil perencanaan tulangan 13D – 200 dengan tebal 200 mm.
4. Hasil perancangan struktur bawah digunakan Pondasi Sumuran Ø 800 mm dengan kedalaman 5,8 m sampai dengan 6 m. Dengan tebal dari *pilecap* yang direncanakan ulang yaitu 1,15 m.
5. Pada struktur bangunan Sekretariat Daerah Salatiga secara garis besar memiliki hasil yang aman dengan catatan dilakukan penambahan *bracing* ditiap ujung sisi gedung agar arah ragam getarnya sesuai dengan standar ketentuan perencanaan tahan gempa SNI 1726:2019.



## 5.2. Saran

Penulisan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kekurangan. Saran dari penulis agar penulisan Tugas Akhir dapat lebih baik lagi berikutnya adalah:

1. Harus ditingkatkan lagi dalam pemahaman materi.
2. Lebih mendalami program yang digunakan seperti ETABS V.18.0.1.



## DAFTAR PUSTAKA

- Nasional, B. S. (2019). SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Jakarta: *Badan Standardisasi Nasional*.
- Nasional, B. S. (2019). SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta: *Badan Standardisasi Nasional*.
- Nasional, B. S. (2020). SNI 1727-2020: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: *Badan Standardisasi Nasional*.
- Nasional, B. S. (2020). SNI 1729-2020: Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta: *Badan Standardisasi Nasional*. Jakarta: *Badan Standardisasi Nasional*.
- Antonius. (2020). *Konsep Dasar dan Desain Struktur Beton Bertulang*. UNISSULA PRESS.
- Fadli, M. Hamzah. (2015). *Aplikasi ETABS pada Perancangan Gedung 15 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda Sebagai Penahan Beban Gempa Sesuai SNI 1726:2012*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Ainanda, Nabila dan Nabilla Sukma Putri. (2022). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Gedung Laboratorium Terpadu 5 Lantai*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung)
- Yahya, Eka Prasetya Aji dan Faizal Adhitama B. P. (2022). *Asasmen dan Analisa Gedung Eksisting (Studi Kasus Bangunan Johar Shopping Center Semarang)*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang)
- Wicaksono, Dionius Budi. (2014). *Redesain Bangunan Fasilitas Sirkuit Sentul, Bogor*. (Tugas Akhir, Universitas Diponegoro)
- Anggraeni, Kurnia Dwi dan Chusnul Chotimah. (2015). *Redesain Struktur Gedung 11 Lantai Indosat Semarang Berdasarkan SNI Gempa 2012*. (Tugas Akhir, Universitas Negeri Semarang)
- Nazima, Fauzan. (2020). *Redesain Kantor Dinas Pekerjaan Umum Pidie Jaya*. (Tugas Akhir, UIN Ar-Raniry)

Waruwu, Pintar Parlinus dan Darlina Tanjung. (2022). Analisa Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Proyek Pembangunan Gudang di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Teknik Sipil*.

Kumaat, Farren Evangelistha R. E. J., dan Reky S. Windah. (2019). Pengaruh Bracing Pada Bangunan Bertingkat Rangka Baja yang Berdiri di Atas Tanah Miring Terhadap Gempa. *Jurnal Sipil Statik*.

