

**TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR TAHAN GEMPA  
GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 10 LANTAI  
DENGAN STRUKTUR UTAMA PORTAL BAJA**

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



**Disusun Oleh**

**Ricky Sugesty  
NIM : 30202000167**

**Sujiastuti Danu Yudha Tirta  
NIM : 30202000187**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PERANCANGAN ULANG STRUKTUR TAHAN GEMPA GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 10 LANTAI DENGAN STRUKTUR UTAMA PORTAL BAJA



**Ricky Sugesty**

**NIM : 30202000167**



**Sujiastuti Danu Yudha Tirta**

**NIM : 30202000187**

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 25 Januari 2024

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D.**

NIDN : 0607046802

2. **Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng.**

NIDN : 0625059102

3. **Prof. Dr. Antonius, M.T.**

NIDN : 0605046703

Mengetahui  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng.**  
NIDN : 0625059102

## **BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No: 14 / A.2 / SA – T / I / 2024

Pada hari ini tanggal 25 Januari 2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph. D.  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M. Eng.  
Jabatan Akademik : Lektor  
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Ricky Sugesty Sujiastuti Danu Yudha Tirta  
NIM : 30202000167 NIM : 30202000187

Judul : Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	18/09/2023	ACC
2	Seminar Proposal	23/10/2023	
3	Pengumpulan data	24/10/2023	
4	Analisis data	01/11/2023	
5	Penyusunan laporan	01/12/2023	
6	Selesai laporan	22/01/2024	

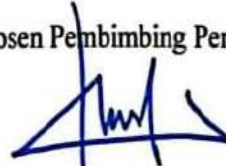
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama



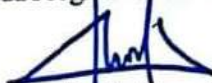
Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D.

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 : Ricky Sugesty

NIM : 30202000167

NAMA : Sujiastuti Danu Yudha Tirta

NIM : 30202000187

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“PERANCANGAN ULANG STRUKTUR TAHAN GEMPA GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 10 LANTAI DENGAN STRUKTUR UTAMA PORTAL BAJA”

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.

Yang membuat pernyataan,

Semarang, 25 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Ricky Sugesty  
NIM : 30202000167



Sujiastuti Danu Yudha Tirta  
NIM : 30202000187





## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Ricky Sugesty  
NIM : 30202000167  
NAMA : Sujiastuti Danu Yudha Tirta  
NIM : 30202000187  
JUDUL TUGAS AKHIR : Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja

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 dikemudian 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, 25 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,



Ricky Sugesty  
NIM : 30202000167



Sujiastuti Danu Yudha Tirta  
NIM : 30202000187

## MOTTO

“Kamu (Umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik”

(Q.S Ali-Imran : 110)

“Dan barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya”

(QS. At-Talaq:4)

“Allah berfirman: “Janganlah kamu berdua khawatir, sesungguhnya Aku mendengar dan melihat”

(QS. Thaha: 46)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(QS. Ar-Rahman)

“Orang yang hebat adalah orang yang memiliki kemampuan menyembunyikan amarah, sehingga orang lain mengira bahwa ia merasa Ridha”

(Imam Syafi'i)

“Aku tak punya cara untuk menuju-Mu, selain dengan besarnya harapanku dan indahnya ampunan-Mu, kemudian aku berserah diri kepada-Mu.

(Abu Nawas)

“Baik menjadi orang penting, tapi lebih penting menjadi orang baik”

(Jenderal Hoegeng)

“Terus perbaiki diri dan salatmu, semoga senantiasa selalu dalam lindungan Alloh SWT”

(Bond)

“Rastra Sewakottama mungkin belum terlaksana. Tapi jiwa bijaksana dan tanggung jawab layaknya ksatria harus melekat”

(Bond)

“Diantara kalian pasti akan menjadi pemimpin di masa mendatang, bisa jadi dibidangmu atau generasimu”

(Prabowo subianto)

“Mulailah sebuah perjalanan dengan tujuan akhir yang jelas”

(Presiden Joko Widodo)

*“Action is the foundational key to all succes”*

(Pablo Picasso)

“Ketegasan ditandai keberanian mengambil Keputusan dan nyali untuk melaksanakan”

(Anies Baswedan)

“Ibarat sumur, kita jangan sampai kehilangan sumbernya, kita mesti pandai menempatkan diri agar tetap berguna”

(Ganjar Pranowo)



## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Orangtua saya, Ayah Wawan Ridwan dan Mamah Etin atas semua dukungan do'a, moral, materiil dan kasih sayang tiada tara.
2. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D dan Bapak Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan ilmunya untuk membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Sipil, terima kasih atas ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Papah yang telah memberikan dukungan, do'a dan petunjuk kepada saya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kakak saya drg.Dedeh Pitriani dan adek Risty Pebriani P.N., terima kasih atas dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan semoga senantiasa saling menjaga dan menguatkan satu sama lain.
6. Sahabat saya Firlan Ruslani, Slamet Putro, Yudha dan Alfith beserta seluruh anggota "Tim Panic" terima kasih atas dukungan, kebersamaan dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Fakultas Teknik Sipil angkatan 2020, terima kasih atas dukungan dan bantuannya.
8. Terakhir kepada diri saya pribadi Ricky Sugesty, terima kasih telah berjuang dan bisa mengikhlaskan mimpi yang lain, tetap konsisten dan tawakal sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu meskipun dalam penyusunannya banyak godaan dan tantangan.

Ricky Sugesty

NIM : 30202000167



## PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tersayang, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Karena itu, dengan rasa bahagia dan bangga Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT dengan limpahan karunia dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai rahmat seluruh alam yang membimbing umat dengan cahaya petunjuk dan ajaran-Nya.
3. Ibu dan Ayah yang selalu mendoakan dan memberikan *support system* terbaik sehingga menjadikan rasa nyaman dan semangat mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Partner Laporan Tugas Akhir yaitu Ricky Sugesty, atas perjuangan, kesabaran dan kebersamaannya didalam mengerjakan Tugas Akhir hingga selesai.
5. Bapak/Ibu Dosen dan segenap anggota staf Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
6. Bapak Letnan Jenderal TNI (Purn.) H. Prabowo Subianto Djojohadikusumo yang memberikan semangat kegemoy-an sekaligus memberikan motivasi yang menginspirasi hidup saya dengan kehidupan yang berani, jujur, tegas dan ikhlas membantu siapapun walau sering dikhianati namun tetap bersabar dan tersenyum.
7. Saudara-saudara saya tersayang yang memberikan masukan kepada saya agar saya menjadi pribadi yang lebih baik lagi.
8. Tim *PANIC* yang setiap hari tidak jelas dan random yang membuat saya tertawa dan terhibur setiap membaca pesan-pesan yang dikirim oleh anggota.

Sujiastuti Danu Yudha Tirta

NIM : 30202000187

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja” 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 skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph. D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian 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, Januari 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
ABSTRAK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gaya-gaya yang Bekerja pada Bangunan Tinggi.....	4
2.1.1 Gaya Dalam .....	4
2.1.2 Gaya Luar .....	4
2.2 Struktur Tahan Gempa .....	4
2.2.1 Karakteristik Tahan Gempa.....	5
2.2.2 Prinsip-prinsip Desain Struktur Tahan Gempa .....	5
2.2.3 Jenis-jenis Struktur Tahan Gempa .....	6
2.3 Analisa Struktur Terhadap Beban Gempa .....	6
2.3.1 Analisa Statik .....	6
2.3.2 Analisa Dinamik.....	7
2.3.3 Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekuivalen .....	7
2.4 Material Struktur .....	11
2.4.1 Baja.....	11
2.4.2 Beton .....	15
2.5 Perancangan Elemen Struktur .....	17

2.5.1 Balok .....	17
2.4.2 Kolom.....	17
2.6 Pembebanan pada Bangunan.....	18
2.7 Pondasi .....	21
2.7.1 Tanah untuk Perletakan Pondasi .....	21
2.7.2 Macam-macam Pondasi .....	22
2.7.3 Pondasi Tiang Pancang .....	23
2.7.4 Langkah-langkah Perancangan Pondasi.....	25
2.7.5 Daya Dukung Pondasi Tiang.....	25
2.8 Kajian Terdahulu.....	29
<b>BAB III METODE PENULISAN.....</b>	<b>32</b>
3.1 Bagan Alir .....	32
3.2 Tahap Persiapan .....	34
3.3 Tahap Perancangan .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Deskripsi Bangunan .....	36
4.2 Acuan Pembebanan.....	36
4.3 Acuan Perancangan dan Pendetailan Struktur .....	36
4.4 Perancangan Struktur .....	37
4.4.1 Data Bangunan .....	37
4.4.2 Pemodelan Struktur .....	37
4.4.3 Tinggi Bangunan .....	38
4.4.4 Pra Desain Elemen Struktur .....	38
4.5 Pembebanan Struktur .....	38
4.5.1 Beban Gravitasi .....	39
4.5.2 Beban Gempa Respon Spektrum.....	40
4.5.3 Beban Gempa Statik Ekuivalen.....	44
4.5.4 Kombinasi Pembebanan Struktur .....	47
4.6 Pengecekan Prilaku Struktur Bangunan.....	48
4.6.1 Rasio Partisipasi Massa.....	48
4.6.2 Perhitungan Faktor Skala Gempa.....	49
4.7 Perancangan Elemen Struktur .....	55
4.7.1 Perancangan Plat Lantai .....	56
4.7.2 Perancangan Balok .....	57
4.7.3 Perancangan Kolom .....	60
4.8 Perhitungan Pondasi .....	64
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>71</b>
5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran.....	71

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ) .....	7
Tabel 2.2 Nilai $S_{ds}$ .....	8
Tabel 2.3 Nilai $S_{D1}$ .....	8
Tabel 2.4 Nilai Parameter Periode $C_t$ dan $x$ .....	8
Tabel 2.5 Nilai Koefisien Modifikasi Respons, $R$ , sesuai dengan KDS .....	9
Tabel 2.6 Profil Baja I & WF- <i>Beam</i> .....	12
Tabel 2.7 Klasifikasi Berdasarkan Berat Satuannya (SNI 2847 : 2019) .....	16
Tabel 2.8 Klasifikasi Berdasarkan Mutu Dan Kuat Tekan Karakteristik .....	16
Tabel 2.9 Klasifikasi Berdasarkan Kuat Tekan $f_c'$ .....	17
Tabel 2.10 Pembebanan untuk Gedung SNI 1727-2020.....	19
Tabel 2.11 Beban Hidup (LL) SNI 1727-2020 .....	19
Tabel 2.12 Konsistensi Tanah .....	21
Tabel 2.13 Nilai Koefisien Berdasarkan Jenis Tanah .....	22
Tabel 4.1 Tinggi Bangunan.....	38
Tabel 4.2 Berat Tiap Lantai .....	39
Tabel 4.3 Beban Mati Tambahan .....	40
Tabel 4.4 Faktor Keutamaan Gempa .....	41
Tabel 4.5 Klasifikasi Tanah $kg/m^2$ .....	41
Tabel 4.6 Data Parameter Respon Spektra Terpetakan.....	42
Tabel 4.7 Kategori Desain Seismik Risiko Periode Pendek .....	43
Tabel 4.8 Kategori Desain Seismik Risiko Periode 1 Detik .....	43
Tabel 4.9 Sistem Pemikul Gaya Seismik .....	43
Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai $S_a$ .....	44
Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai $C_{vx}$ dan $F_x$ .....	45
Tabel 4.12 Rasio Partisipasi Massa.....	48
Tabel 4.13 Gaya Geser Seismik .....	49
Tabel 4.14 Gaya Geser Terkoreksi/Gaya Geser Desain.....	50
Tabel 4.15 Gaya Geser Desain Arah X dan Arah Y .....	50
Tabel 4.16 Pengecekan <i>Story Drift</i> Arah X .....	52
Tabel 4.17 Pengecekan <i>Story Drift</i> Arah Y .....	53
Tabel 4.18 P-Delta Arah X .....	54
Tabel 4.19 P-Delta Arah Y .....	55
Tabel 4.20 Rekapitulasi Nilai Rasio Penampang.....	64
Tabel 4.21 Nilai SF .....	67



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Baja <i>WF-Beam</i> .....	11
Gambar 2.2 Ilustrasi pembuatan Beton .....	15
Gambar 2.3 Macam-Macam Pondasi.....	24
Gambar 2.4 Pondasi Tiang Pancang .....	25
Gambar 2.5 Formasi Kelompok Tiang .....	27
Gambar 2.6 Jarak Antar Tiang .....	28
Gambar 3.1 Diagram Alur .....	32
Gambar 4.1 Pemodelan Struktur .....	37
Gambar 4.2 Grafik Respon Spektrum.....	42
Gambar 4.3 <i>Define Load Pattern</i> .....	46
Gambar 4.4 Spesifikasi Beban Seismik Arah X .....	46
Gambar 4.5 Spesifikasi Beban Seismik Arah Y .....	47
Gambar 4.6 Diagram Gaya Geser Gempa Arah X.....	51
Gambar 4.7 Diagram Gaya Geser Gempa Arah Y.....	51
Gambar 4.8 Diagram <i>Story Drift</i> Arah X.....	52
Gambar 4.9 Diagram <i>Story Drift</i> Arah Y.....	53
Gambar 4.10 Diagram P-Delta Arah X.....	54
Gambar 4.11 Diagram P-Delta Arah Y.....	55
Gambar 4.12 Hasil Output Rasio SAP 2000 .....	60
Gambar 4.13 Hasil Output Rasio SAP 2000 .....	63
Gambar 4.14 Grafik N-SPT .....	65
Gambar 4.15 Detail Pondasi Tampak Depan.....	69
Gambar 4.16 Detail Pondasi Tampak Belakang .....	69
Gambar 4.14 Detail <i>Pile Cap</i> pondasi .....	70

## DAFTAR NOTASI

$DL$	=	Beban mati (berat sendiri) struktur
$LL$	=	Beban hidup total (beban berguna)
$EQ$	=	Beban gempa
$D$	=	Pengaruh beban mati
$L$	=	Pengaruh beban hidup
$W$	=	Pengaruh beban angin
$E$	=	Pengaruh beban gempa
$Lr$	=	Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak
$I_e$	=	Faktor keutamaan gempa
$S_1$	=	Parameter respons spectra percepatan gempa MCEr terpetakan untuk periode pendek
$S_{DS}$	=	Parameter percepatan spectrum respons desain rentang periode pendek
$S_{D1}$	=	Parameter percepatan spectrum respons desain rentang periode sebesar 1,0 detik
$S_{ms}$	=	Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek
$MCE^R$	=	Pektrum respon gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget
$C_s$	=	Koefisien respon seismik
$W$	=	Berat seismik efektif total
$V$	=	Gaya geser dasar
$F_x$	=	Gaya gempa statik ekuivalen
$C_{vx}$	=	Faktor distribusi vertikal
$A$	=	Luas penampang batang baja
$M_n$	=	Momen nominal
$M_u$	=	Momen terfaktor
$F_y$	=	Tegangan leleh minimum
$F_u$	=	Tegangan putus minimum

$Z_x$	=	Modulus penampang plastis terhadap sumbu x
$L_b$	=	Manjang antara titik-titik ,baik yang terbreis terhadap perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis terhadap punter penampang melintang
$S_x$	=	Modulus penampang elastis terhadap sumbu x
$F_{cr}$	=	Tegangan kritis
$E$	=	Modulus elastisitas baja
$J$	=	Konstanta torsi
$h_o$	=	Jarak antara titik berat sayap
$I_y$	=	Momen inersia terhadap sumbu y
$I_x$	=	Momen inersia terhadap sumbu x
$\pi$	=	Nilai phi
$r_y$	=	Radius girasi terhadap sumbu y
$Q_p$	=	Daya dukung pada ujung tiang
$A_p$	=	Luas penampang pondasi
$Q_s$	=	Daya dukung selimut pada tiang
$C_u$	=	Kohesi tanah
$L$	=	Panjang lapisan tanah
$N_p$	=	Kebutuhan jumlah tiang
$Q_{all}$	=	Kapasitas daya dukung tiang
$S$	=	Jarak ke pusat tiang
$D$	=	Diameter tiang
$E_g$	=	Efisien kelompok tiang
$M$	=	Jumlah baris tiang
$n$	=	Jumlah tiang dalam satu baris
$\theta$	=	Arctan D/S (dalam derajat)
$Q_{tk}$	=	Daya dukung ijin tiang kelompok
$KDS$	=	Kategori Desain Seismik
$V_s$	=	Kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah N
$S_s$	=	Parameter respons spektrapercepatan gempa MCEr terpetakan untuk periode pendek
$S_a$	=	Spektrum respons percepatan desain
$\phi$	=	Faktor reduksi lentur

- $SF$  = Angka keamanan (*safety factor*)  
 $Q_u$  = Daya dukung pondasi tiang pancang  
 $C$  = Koefisien  
 $P_n$  = Kuat nominal penampang yang mengalami tekan  
 $P_c$  = Beban kritis



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Turnitin
- Lampiran 2 : Berita Acara Seminar Proposal Tugas Akhir
- Lampiran 3 : Berita Acara Seminar Hasil Tugas Akhir
- Lampiran 4 : Lembar Koreksi Tugas Akhir
- Lampiran 5 : Daftar Hadir Dosen Penguji Seminar Hasil Tugas Akhir
- Lampiran 6 : Daftar Hadir Seminar Hasil Tugas Akhir
- Lampiran 7 : Lembar Bimbingan Tugas Akhir
- Lampiran 8 : Gambar Kerja
- Lampiran 9 : Data Tanah





**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR TAHAN GEMPA  
GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 10 LANTAI  
DENGAN STRUKTUR UTAMA PORTAL BAJA**

**Abstrak**

Indonesia merupakan negara yang sering dilanda gempa bumi karena letaknya yang berada di pertemuan lempeng tektonik. Gempa bumi adalah peristiwa dimana getaran atau guncangan terjadi di permukaan bumi karena pelepasan energi tiba-tiba dari dalam bumi yang menghasilkan gelombang seismik. Getaran inilah yang menjadi penyebab keruntuhan struktur, karena gaya lateral yang terjadi pada struktur melebihi kapasitasnya untuk menahan beban lateral. Oleh karena itu, penyediaan struktur tahan gempa pada bangunan sangatlah penting.

Perancangan ini bertujuan untuk merancang struktur tahan gempa pada gedung fasilitas pendidikan 10 lantai dengan menggunakan portal baja yang merupakan sistem struktur rangka yang terdiri dari komponen-komponen balok dan kolom berbahan baja yang saling terhubung. Portal baja digunakan sebagai sistem struktur tahan gempa karena memiliki kemampuan untuk menahan beban gempa yang besar.

Metode penelitian yang digunakan adalah analisis statik ekuivalen dengan menggunakan software SAP2000. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh gaya-gaya dalam dan luar yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui dimensi dan kekuatan elemen struktur. Selain itu, penelitian ini juga memverifikasi persyaratan keselamatan struktur berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1729:2019 tentang Proses Perencanaan Struktur Baja pada Gedung dan SNI 1726: 2019 tentang proses perencanaan ketahanan gempa pada struktur bangunan Gedung dan struktur non Gedung.

Kata kunci : Struktur Tahan Gempa; Gedung Fasilitas Pendidikan; Portal Baja; Analisis Statik Ekuivalen; Standar Nasional Indonesia.

## ***SEISMIC RESISTANCE DESIGN OF 10 STORY EDUCATION FACILITY BUILDING AS STEEL FRAME STRUCTURE***

### **Abstract**

*Indonesia is a country that is frequently hit by earthquakes because of its location at the meeting point of tectonic plates. An earthquake is an event where vibrations or shocks occur on the earth's surface due to the sudden release of energy from within the earth which produces seismic waves. This vibration is the cause of structural collapse, because the lateral force that occurs in the structure exceeds its capacity to withstand lateral loads. Therefore, providing earthquake-resistant structures in buildings is very important.*

*This design aims to design an earthquake-resistant structure in a 10-story educational facility building using a steel portal which is a frame structure system consisting of interconnected steel beam and column components. Steel portals are used as earthquake-resistant structural systems because they have the ability to withstand large earthquake loads.*

*The research method used is equivalent static analysis using SAP2000 software. This analysis is carried out to obtain the internal and external forces acting on the structure, as well as to determine the dimensions and strengthening of structural elements. Apart from that, this research also verifies structural safety requirements based on the Indonesian National Standard (SNI) 1729:2019 concerning the Planning Process for Steel Structures in Buildings and SNI 1726:2019 concerning the earthquake resistance planning process for building structures and non-building structures.*

*Keyword : Earthquake Resistant Structures; Educational Facilities Building; Steel Portal; Equivalent Static Analysis; Indonesian National Standards.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Gempa bumi adalah suatu guncangan atau getaran yang terjadi pada permukaan bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi secara mendadak dari lapisan bawah permukaan bumi, yang menghasilkan gelombang seismik. Gempa bumi sendiri tidak berbahaya, tetapi dampaknya terhadap bangunan dapat menimbulkan dampak buruk bagi manusia. Ketika terjadi gempa, getaran akan bergerak ke berbagai arah yang berbeda-beda melalui struktur. Getaran inilah yang menyebabkan struktur runtuh, karena gaya lateral yang terjadi melebihi kemampuannya untuk menahan beban lateral. (Siswanto & Salim, 2018)

Bangunan yang berada di wilayah gempa harus dirancang terhadap gaya geser gempa. Kota Kudus terletak di Zona Gempa Sedang, hal ini mewajibkan setiap struktur bangunan di Kota Kudus untuk diperhitungkan terhadap gaya geser gempa dalam perancangan bangunan, dengan tujuan mencegah dampak kerugian yang signifikan akibat terjadinya gempa.

Perancangan bangunan tahan gempa terutama untuk gedung yang difungsikan sebagai fasilitas pendidikan salah satunya dapat dirancang menggunakan struktur utama Portal Baja. Portal Baja merupakan sistem rangka struktur yang terbentuk dari elemen kolom dan balok berbahan baja yang saling terhubung. Portal baja digunakan sebagai sistem struktur tahan gempa karena memiliki kemampuan untuk menanggulangi tekanan gempa yang kuat.

Dalam perancangan struktur baja dengan bresing pada bangunan tahan gempa, komponen struktur seperti kolom, dinding penopang atau bresing dan sambungan struktur dirancang agar dapat mengalami deformasi yang melebihi batas elastis bahan tanpa mengurangi kapasitas kekuatan secara signifikan. Oleh karena itu, penggunaan struktur baja dapat menjadi pilihan yang tepat karena baja memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan mampu menahan beban yang besar, termasuk beban gempa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa beban gempa yang terjadi pada Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai di Kota Kudus mengacu pada SNI 1726:2019 ?
2. Bagaimana hasil perancangan pada Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai dengan menggunakan material baja mengacu pada SNI 1729:2019 ?
3. Berapa dimensi dan kedalaman Pondasi Tiang Pancang pada struktur bangunan yang dirancang ?

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari Tugas Akhir ini adalah merancang Struktur Bangunan Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai dengan penggunaan Struktur Utama Portal Baja.

Tujuan Tugas Akhir ini adalah perancangan dan kinerja struktur Bangunan Gedung yang mencakup:

1. Menganalisis jenis kategori desain seismik bangunan Gedung Fasilitas Pendidikan berdasarkan SNI 1726:2019.
2. Merancang dimensi profil baja yang digunakan pada Perancangan Struktur Tahan Gempa Bangunan 10 Lantai.
3. Merancang dimensi pondasi Bangunan Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Perhitungan beban hidup struktur sesuai dengan ketentuan SNI 1727:2019, sementara perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019.
2. Pembebanan yang dipakai dalam perancangan struktur tahan gempa bangunan 10 lantai meliputi Beban Mati (DL), Beban Hidup (LL), Beban Gempa (EQ), dan beban kombinasi.
3. Wilayah gempa yang dirancang berada di wilayah Kota Kudus.

## **1.5 Sistematika Tugas Akhir**

Sistematika Penyusunan Tugas Akhir ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang kajian atau teori dari berbagai sumber sebagai rujukan untuk menganalisa struktur.

### **BAB III METODE PENULISAN**

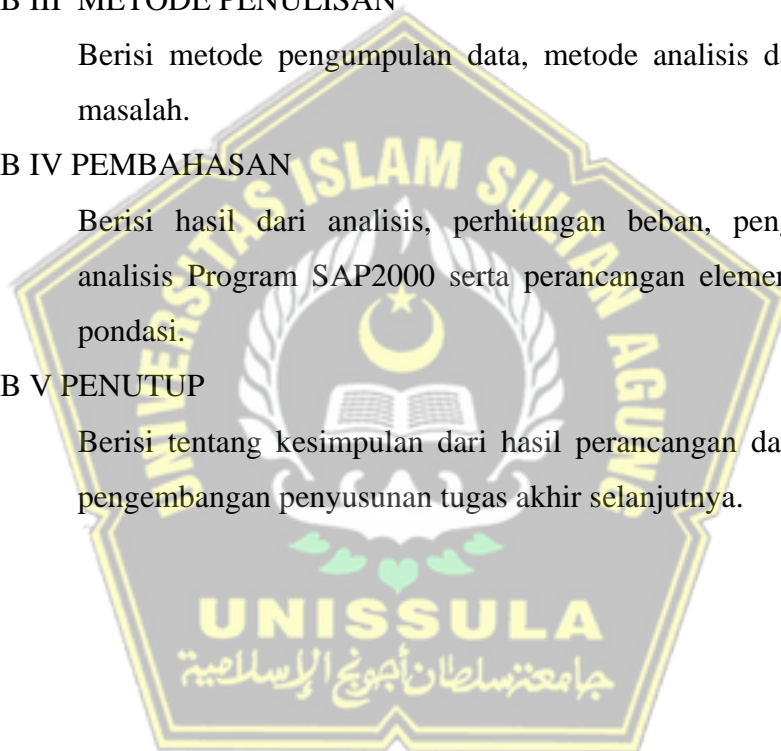
Berisi metode pengumpulan data, metode analisis dan perumusan masalah.

### **BAB IV PEMBAHASAN**

Berisi hasil dari analisis, perhitungan beban, pengecekan hasil analisis Program SAP2000 serta perancangan elemen struktur dan pondasi.

### **BAB V PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dari hasil perancangan dan saran untuk pengembangan penyusunan tugas akhir selanjutnya.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Bangunan Tinggi**

Bangunan tinggi pada prinsipnya memiliki beban-beban yang bekerja di dalamnya. Beban-beban tersebut dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya adalah sebagai berikut.

##### **2.1.1 Gaya Dalam**

Gaya Dalam atau Gaya Internal merujuk pada gaya-gaya yang beroperasi di dalam struktur. Gaya-gaya tersebut terdiri dari:

1. Gaya Normal (N), yang beroperasi sejajar dengan sumbu memanjang batang.
2. Gaya Lintang (L), yang beroperasi tegak lurus terhadap sumbu memanjang batang.
4. Gaya Momen (M), yang berupaya untuk membengkokkan batang.

##### **2.1.2 Gaya Luar**

Gaya Luar merupakan gaya-gaya yang bekerja di luar struktur. Gaya-gaya yang didapat dari gaya luar adalah sebagai berikut:

1. Gaya vertikal dan horizontal.
2. Momen lentur.
3. Momen puntir. (Mulyati,2011)

#### **2.2 Struktur Tahan Gempa**

Struktur tahan gempa merupakan suatu konsep dalam perancangan suatu sistem struktur agar kuat menahan gempa dan tidak mengalami kegagalan/runtuh saat terjadi gempa bumi. Selain memperhatikan peta gempa di lokasi proyek, dalam perancangan struktur tahan gempa juga harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Bentuk Bangunan: Struktur bangunan perlu memiliki bentuk yang sederhana, kompak, dan simetris.
2. Kekakuan: Bangunan tidak boleh terlalu ramping dan harus mempunyai kestabilan.
3. Penyaluran massa, kekuatan dan kekakuan: Distribusi dari massa, kekuatan dan kekakuan harus seragam dan menerus di sepanjang tinggi bangunan.
4. Tata letak: Tata letak dari struktur bangunan harus memperhatikan beban gempa yang diperkirakan dan arahnya.
5. Perancangan Kapasitas: Perancangan Kapasitas menggunakan prinsip *Strong Column – Weak Beam*. (Siswanto dan Salim, 2018)

### **2.2.1 Karakteristik Struktur Tahan Gempa**

Bangunan Tahan Gempa adalah jumlah gaya gempa yang diterima oleh struktur bangunan, yang dipengaruhi oleh sifat-sifat gempa, tanah, dan struktur bangunan itu sendiri. (Imran & Fajar, 2014), Struktur ini memiliki beberapa karakteristik utama:

1. Fleksibilitas: Struktur dirancang agar dapat menyerap energi gempa melalui deformasi dan perubahan bentuk tanpa mengalami kerusakan yang signifikan.
2. Redundansi: Sistem struktural yang lebih redundan, seperti rangka baja dengan bingkai geser, dapat memberikan keamanan tambahan karena mengizinkan beberapa elemen struktural mengambil beban saat gempa terjadi.

### **2.2.2 Prinsip-Prinsip Desain Struktur Tahan Gempa**

Desain Struktur Tahan Gempa mempunyai berbagai prinsip, yaitu sebagai berikut :

1. Analisis Seismik: Desain struktur tahan gempa dimulai dengan analisis seismik yang mempertimbangkan parameter-parameter seperti percepatan tanah maksimum yang dapat terjadi, periode bangunan dan zona seismik lokal.
2. Desain Beban Gempa: Beban gempa dihitung berdasarkan analisis seismik dan kemudian diterapkan pada struktur menggunakan metode yang sesuai, seperti analisis respons spectral SNI 1726:2019 tentang Bangunan Tahan Gempa.
3. Detailing Struktural: Detail-detail konstruksi sangat penting dalam struktur tahan gempa. Penggunaan baja tulangan yang sesuai, persendian yang kuat, dan sambungan struktural yang baik adalah beberapa aspek kunci.

4. Sistem Pengurangan Energi: Struktur tahan gempa sering dilengkapi dengan sistem pengurangan energi, seperti peredam getaran atau sistem isolasi gempa, untuk mengurangi gaya gempa yang diterima oleh struktur.

### **2.2.3 Jenis – Jenis Struktur Tahan Gempa**

Struktur tahan gempa juga memiliki beberapa jenis yang sering dipakai dalam perancangan struktur di Indonesia. Jenis-jenis struktur tahan gempa yang telah dikembangkan untuk meningkatkan ketahanan bangunan terhadap getaran dan guncangan gempa adalah sebagai berikut:

1. Sistem Dinding Penumpu
2. Struktur Gabungan (*Hybrid Structures*)
3. Struktur Portal Baja
4. *Tube Composite Sheare Wall*

Berdasarkan jenis-jenis struktur tahan gempa diatas, dipilih jenis Struktur Portal Baja dalam Perancangan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai dengan Struktur Utama Portal Baja.

## **2.3 Analisis Struktur Tahan Gempa**

### **2.3.1 Analisa Statik**

Metode Analisis Statik Ekuivalen merupakan metode analisis paling mudah dan langsung yang dapat digunakan untuk mengukur bagaimana beban gempa mepegaruhi struktur bangunan. Analisis statik hanya dapat diterapkan pada struktur bangunan yang memiliki bentuk sederhana, teratur, atau simetris, dan tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara tingkat kekakuan dan beratnya. Metode Analisis Statik Ekuivalen ini merupakan suatu cara yang mensimulasikan akibat dinamis dari beban gempa sebenarnya.

Dalam menganalisis gempa untuk struktur berukuran sedang atau menengah, analisis statik dapat dilakukan dengan menggunakan metode Analisis Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen. Disarankan untuk menggunakan Spektrum Respon Gempa Rencana, yang sesuai dengan wilayah gempa dan kondisi tanah dasar di lokasi pembangunan struktur.

### 2.3.2 Analisa Dinamik

Struktur bangunan yang memiliki skala dan signifikansi yang besar, analisis terhadap dampak gempa tidak dapat terpenuhi semata-mata dengan analisis statik; oleh karena itu, diperlukan penerapan metode analisis dinamik guna memperoleh hasil yang presisi. Analisis Ragam Spektrum Respon, metode analisis dinamik yang paling umum digunakan dalam perancangan struktur, diperlukan terutama untuk struktur dengan karakteristik tertentu, seperti bangunan gedung dengan konfigurasi struktur yang tidak teratur atau tingkat kekakuan yang tidak merata.

Selain menggunakan Analisis Ragam Spektrum Respon, metode Analisis Respon Dinamik Linier Riwayat Waktu juga dapat digunakan untuk melakukan analisis dinamik. Pada struktur bangunan yang memiliki skala sangat besar atau kepentingan yang sangat tinggi, selain analisis dinamik yang bersifat elastis, terkadang diperlukan pula analisis dinamis yang bersifat inelastis melalui metode Analisis Respon Dinamik Non-linier Riwayat Waktu untuk memastikan bahwa struktur tersebut aman terhadap pengaruh gempa yang kuat. (Siswanto dan Salim, 2018)

### 2.3.3 Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekuivalen

Gaya Gempa Statik Ekuivalen dapat diperhitungkan berdasarkan pedoman SNI 1726:2019. Prosedur dalam pelaksanaan perhitungan gaya gempa banyak sekali memerlukan parameter seperti faktor  $S_1$ , kelas situs,  $S_{s1}$  dll. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada uraian berikut ini :

1. Menentukan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) berdasarkan Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

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

Sumber : Standar Nasional Indonesia 1726 Tahun 2019

2. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  berdasarkan Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.2 Nilai  $S_{DS}$ 

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

Tabel 2.3 Nilai  $S_{D1}$ 

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

3. Berdasarkan tabel 2.4, nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$  dapat ditentukan.

Tabel 2.4 Nilai Parameter Periode  $C_t$  dan  $x$ 

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75



4. Tentukan nilai koefisien modifikasi respons,  $R$ , sesuai dengan KDS berdasarkan tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Nilai Koefisien Modifikasi Respons,  $R$ , sesuai dengan KDS

System Rangka Pemikul Momen	Koefisien Modifikasi Respons, $R^a$	Faktor Kuat Lebih Sistem, $\Omega_d^b$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d^c$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, $h$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
Rangka Baja Pemikul Momen Khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka Batang Baja Momen Khusus	7	3	5½	TB	TB	40	30	TI
Rangka Baja Momen Menengah	4½	3	4	TB	TB	10	TI	TI
Rangka Baja Momen Biasa	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

5. Jika  $h_n$  pangkat  $x$  dikalikan dengan koefisien  $C_t$  Maka akan mendapat nilai periode struktur ( $T_a$ ). Secara matematis dapat dilihat seperti rumus berikut ini:

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (2.1)$$

Dimana :

$T_a$  = periode struktur (detik)

$C_t = 0,1$

$h_x$  = ketinggian (m)

6. Dalam menentukan nilai  $k$  ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, penentuan nilai tersebut dapat diperoleh berdasarkan ketentuan berikut:
- Jika  $T_a \leq 0,5$  maka  $k = 1$

b. Jika  $0,5 < T_a < 2,5$  maka dilakukan hitungan interpolasi linear

$$y = y_1 + (y_2 - y_1) \times \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (2.2)$$

c. Jika  $T_a \geq 2,5$  maka  $k = 2$

7. Secara matematis, nilai koefisien respons seismik ( $C_s$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} \quad (2.3)$$

Nilai koefisien respons seismik ditentukan berdasarkan batasan sebagai berikut:

a. Batasan maksimal

$$\text{Untuk } T \leq T_L \text{ maka Batasan maksimal } C_{s \max} = \frac{S_{DS}}{T(R/I_e)} \quad (2.4)$$

$$\text{Untuk } T > T_L \text{ maka Batasan maksimal } C_{s \max} = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 (R/I_e)} \quad (2.5)$$

b. Batasan minimal

$$C_s = 0,004 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \quad (2.6)$$

Khusus untuk struktur yang terletak di wilayah dengan nilai  $S_1 > 0,6g$ ,

$$\text{batas minimumnya adalah } C_{s \min} = \frac{0,5S_1}{(R/I_e)} \quad (2.7)$$

8. Dalam menghitung nilai gaya geser dasar seismik dapat dicari dengan mengalikan nilai koefisien respon seismik dengan berat seismik total. Atau secara matematis dapat dilihat sebagai berikut ini:

$$V = C_s \cdot W \quad (2.8)$$

Dengan :

$V$  = gaya geser dasar seismik

$C_s$  = koefisien respon seismik

$W$  = Berat seismik efektif total

9. Secara matematis nilai faktor distribusi vertikal masing-masing tingkat struktur, ditulis sebagai berikut:

$$C_{vx} = \frac{w_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i^k} \quad (2.9)$$

Dengan :

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$W_i$  dan  $W_x$  = berat seismik efektif struktur pada tingkat  $i$  atau  $x$

$H_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$

10. Untuk masing-masing tingkat struktur, hitung nilai gaya gempa statik ekuivalen,  $F_x$

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2.10)$$

Dengan :

$F_x$  = gaya gempa statik ekuivalen

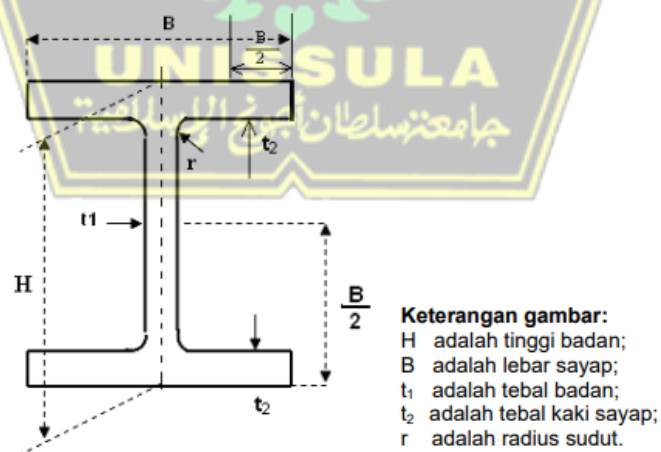
$V$  = gaya geser dasar

## 2.4 Material Struktur

### 2.4.1 Baja

Struktur baja merupakan pilihan yang sangat cocok untuk profil balok dan kolom pada bangunan bertingkat tinggi (*Highrise Building*). Hal ini disebabkan oleh keunggulan material baja yang memiliki kekuatan dan sifat daktilitas yang tinggi pada bahan struktural memungkinkan struktur untuk mengalami fleksibilitas dalam deformasi atau perubahan bentuk, sehingga dapat meredam energi gempa dan mengatur gaya gempa yang diterima oleh struktur, sementara pada saat yang sama, material baja menunjukkan keseimbangan kekuatan tarik dan tekan, menjadikannya pilihan yang sangat sesuai untuk menjadi elemen struktural yang menanggung beban dinamik dengan arah yang berubah-ubah. (Siswanto & Salim, 2018).

Jenis profil baja yang dipakai dalam perancangan bangunan 10 Lantai ini menggunakan jenis profil baja IWF dan HWF. Untuk lebih detailnya maka dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Table 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.1 Bentuk Baja WF-Beam

Tabel 2.6 Profil Baja I & WF-Beam

Standard Sectional Dimension					Sectional		Informative Reference					
Nominal Dimensional	H x B	t1	t2	r	Area	Unit Mass	Geometrical moment of inertia		Radius of gyration of area		Modulus of Section	
					A	kg/m	Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
					cm <sup>2</sup>		cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
mm x mm	mm x mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
100 x 100	100 x 100	6	8	10	21.90	17.20	383	134.0	4.18	2.47	76.5	26.7
125 x 125	125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	847	293.0	5.29	3.11	136.0	47.0
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	1 020	151.0	6.17	2.37	138.0	30.1
150 x 150	150 x 150	7	10	11	40.14	31.50	1 640	563.0	6.39	3.75	219.0	75.1
175 x 175	175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.20	2 880	984.0	7.50	4.38	330.0	112.0
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	1 580	114.0	8.26	2.21	160.0	23.0
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	1 840	134.0	8.24	2.22	184.0	26.8
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60						
200 x 200	200 x 200	8	12	13	63.53	49.90	4 720	1 600	8.62	5.02	472.0	160.0
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	3 540	255.0	10.40	2.79	285.0	41.1
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	4 050	294.0	10.40	2.79	324.0	47.0
250 x 250	250 x 250	9	14	16	92.18	72.40	10 800	3 650	10.80	6.29	867.0	292.0
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.00	6 320	442.0	12.40	3.29	424.0	59.3
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	7 210	508.0	12.40	3.29	481.0	67.7
300 x 300	300 x 300	10	15	18	119.80	94.00	20 400	6 750	13.10	7.51	1 360	450.0
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	11 100	792.0	14.50	3.88	641.0	91.0
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	13 600	984.0	14.70	3.95	775.0	112.0
350 x 350	350 x 350	12	19	20	173.90	137.00	40 300	13 600	15.20	8.84	2 300	776.0
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	20 000	1 450	16.70	4.48	1 010	145.0
	400 x 200	8	13	16	84.10	66.00	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174.0
*400 x 400	400 x 400	13	21	22	218.70	172.00	66 600	22 400	17.5	10.10	3 330	1 120
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.80	76.00	33 500	1 870	18.6	4.40	1 490	187.0
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.20	89.60	47 800	2 140	20.5	4.33	1 910	214.0
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.40	106.00	77 600	2 280	24.0	4.12	2 590	228.0
600 x 300	588 x 300	12	20	28	192.50	151.00	118 000	9 020	24.8	6.85	4 020	601.0
*700 x 300	700 x 300	13	24	28	235.50	185.00	201 000	10 800	29.3	6.78	5 760	722.0
*800 x 300	800 x 300	14	26	28	267.40	210.00	292 000	11 700	33.0	6.62	7 290	782.0
*900 x 300	900 x 300	16	28	28	309.8	243.00						

Note : \* Special size for welded beam

(Sumber : <https://www.slideshare.net/algifakhribagusmaula/105567761-tabelbajagununggaruda>)

Menurut Moestopo (2012), terdapat faktor dalam perancangan sambungan Portal Baja:

- Penentuan lokasi sendi plastis.
- Beberapa faktor seperti kekuatan bahan, *strain hardening*, kekangan setempat, perkuatan, atau kondisi sambungan lainnya dapat mempengaruhi momen maksimum yang mungkin terjadi pada lokasi sendi plastis.
- Penetapan faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme pelelehan pada pelat sayap kolom.
- Mekanisme kelelahan, kekuatan batas sambungan terhadap retakan pada pelat, dan tekuk pada pelat dipengaruhi oleh konfigurasi baut yang digunakan.

Perlu melakukan verifikasi perencanaan sambungan untuk memastikan keandalannya dalam menghadapi berbagai kondisi batas, termasuk:

- a. Leleh pada sayap kolom
- b. Tekuk pelat badan kolom
- c. Leleh pelat ujung balok
- d. Sobek pelat
- e. Tekuk dan leleh zone panel kolom

Berdasarkan SNI 1729 : 2020 Bab F2 tentang KETENTUAN STRUKTUR KOMPONEN PROFIL I SIMETRIS GANDA DAN KANAL YANG FLEKSIBEL TERHADAP SUMBU UTAMANYA, Pasal ini mengatur komponen struktur profil I dan kanal yang simetris ganda, melengkung sejajar sumbu mayor, memiliki badan dan sayap kompak. Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus dihitung dari nilai terendah antara kondisi batas leleh (momen plastis) dan tekuk torsi lateral.

### 1. Leleh

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (2.11)$$

Dimana :

$F_y$  = Tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk tipe baja yang digunakan, ksi (MPa)

$Z_x$  = Modulus penampang plastis terhadap sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

### 2. Tekuk Torsi-Lateral

(a) Apabila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas tekuk torsi lateral tidak berlaku.

(b) Apabila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (2.12)$$

(c) Apabila  $L_b < L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (2.13)$$

Dimana :

$L_b$  = Panjang antara titik-titik, baik yang terbreis terhadap perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis terhadap punter penampang melintang, in. (mm)

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}} \quad (2.14)$$

$F_{cr}$  = Tegangan kritis, ksi (MPa)

$E$  = Modulus elastisitas terhadap sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)



$J$  = Konstanta torsi, in.<sup>4</sup> (mm<sup>4</sup>)

$S_x$  = Modulus penampang elastis terhadap sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$h_o$  = Jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

**Catatan Pengguna:** rumus di dalam tanda akar pada Persamaan F2-4 dapat secara konservatif diambil sama dengan 1,0.

**Catatan Pengguna:** Persamaan F2-3 dan Persamaan F2-4 memberi solusi identik dengan rumus berikut untuk tekuk torsilateral penampang simetris ganda yang terdapat dalam Standar edisi sebelumnya:

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y + GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w} \quad (2.15)$$

Keuntungan dari Persamaan F2-3 dan F2-4 adalah bahwa formulasi tersebut sangat mirip dengan pernyataan untuk tekuk torsi lateral pada penampang simetris tunggal yang dijelaskan dalam Persamaan F4-4 dan F4-5.

$L_p$ , batas panjang tak terbreis lateral untuk keadaan batas leleh, in. (mm), adalah:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.16)$$

$L_r$ , Batas panjang tak terbatas untuk kondisi batas pada tekuk torsi-lateral inelastik adalah:

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (2.17)$$

Dimana :

$r_y$  = radius girasi terhadap sumbu y

$$r_{ts}^2 = \sqrt{\frac{I_y C_w}{S_x}} \quad (2.18)$$

dan koefisien c ditentukan sebagai berikut :

(1) Untuk profil I simetris ganda

$$c = 1 \text{ (F2-8a)}$$

(2) Untuk kanal

$$c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \quad (2.19)$$



Dimana :

$I_y$  = Momen inersia terhadap sumbu y, in.<sup>4</sup>. (mm<sup>4</sup>)

Catatan Pengguna: Untuk profil I simetris ganda dengan sayap persegi panjang,

$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}$ , sehingga Persamaan F2-7 menjadi

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x} \quad (2.20)$$

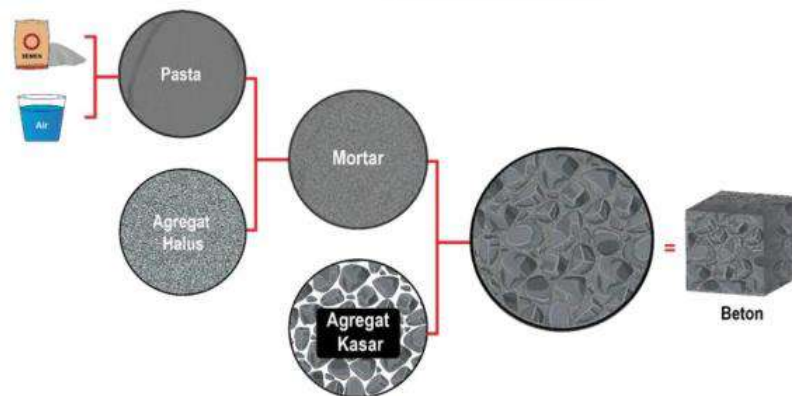
$r_{ts}$  dapat diestimasi dengan akurat dan konservatif sebagai penambahan seperenam dari radius girasi sayap tekan.:

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} \quad (2.21)$$

#### 2.4.2 Beton

Beton adalah bahan bangunan yang terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Bahan campuran tambahan lainnya dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik beton. (Putra, 2021)

Dalam perancangan beton, spesifikasi dan karakteristik penyusunnya menjadi faktor yang berpengaruh dalam menentukan mutu dan kualitas beton. Kontrol kualitas dibutuhkan pada perancangan beton agar beton yang dihasilkan sesuai dengan rencana. Proses pembuatan beton secara sederhana bisa dilihat pada ilustrasi Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Ilustrasi pembuatan beton

### 2.4.2.1 Klasifikasi Beton

Berdasarkan parameter pembentukan dan karakteristiknya, beton dapat dibedakan menjadi berbagai jenis yaitu sebagai berikut:

#### 1. Berdasarkan berat satuannya

Beton dapat dikelompokkan menjadi beton ringan, beton normal, dan beton berat. Klasifikasi berdasarkan berat satuannya dapat dilihat pada Tabel 2.7 dibawah ini.

Tabel 2.7 Klasifikasi Berdasarkan Berat Satuannya (SNI 2847 : 2019)

Jenis Beton	Berat satuan (kg/m <sup>3</sup> )
Beton ringan	≤ 1.900
Beton normal	2.200 – 2.500
Beton berat	> 2.500

Sumber : Putra, 2019

#### 2. Berdasarkan mutu dan kuat tekan karakteristik

Beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas berdasarkan karakteristik mutu dan kekuatan tekan. Kelas I hanya cocok untuk konstruksi non-struktural, sementara kelas II dan III dapat digunakan untuk komponen struktural. Klasifikasi berdasarkan mutu dan kuat tekan karakteristik dapat dilihat pada Tabel 2.8 dibawah ini.

Tabel 2.8 Klasifikasi Berdasarkan Mutu Dan Kuat Tekan Karakteristik

Kelas	Mutu	Kuat tekan, K* (kg/cm <sup>2</sup> )	Aplikasi
I	B <sub>0</sub>	-	Non-struktur
II	B <sub>1</sub>	-	Struktur
	K-125	125	Struktur
	K-175	175	Struktur
	K-225	225	Struktur
III	> K-225	> 225	Struktur

Sumber : Putra, 2019

3. Berdasarkan kuat tekan  $f'_c$

Dengan memperhatikan kekuatan tekan  $f'_c$ -nya, beton dikategorikan menjadi beton dengan mutu rendah, mutu sedang, dan mutu tinggi. Informasi mengenai klasifikasi berdasarkan kekuatan tekan  $f'_c$  dapat ditemukan pada Tabel 2.9 di bawah ini.

Tabel 2.9 Klasifikasi Berdasarkan Kuat Tekan  $f'_c$

Jenis Beton	Kuat Tekan, $f'_c$ (MPa)
Beton mutu rendah	$f'_c < 20$ MPa
Beton mutu sedang	$f'_c$ 21-40 MPa
Beton mutu tinggi	$f'_c > 40$ MPa

Sumber : Putra, 2019

## 2.5 Perancangan Elemen Struktur

### 2.5.1 Balok

Balok adalah elemen struktur yang menahan beban lateral, yang menyebabkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang panjangnya. (Dipohusodo, 1994)

Balok baja adalah bagian struktural pada bangunan yang memiliki kekakuan dan dirancang untuk menanggung serta mentransfer beban ke bagian kolom penopang. Kolom ini berfungsi sebagai penguat horizontal bagi struktur bangunan terhadap beban-beban tertentu. Umumnya, balok baja digunakan bersama dengan kolom baja untuk membentuk entitas struktural seperti Rangka Pemikul Momen (*Momen-Resisting Frames*) atau Rangka Bresing (*Braced Frames*). (Arsitur Studio, 2017)

### 2.5.2 Kolom

Kolom adalah elemen struktur bangunan yang berfungsi menahan beban tekan vertikal, dengan tinggi minimal tiga kali dimensi lateral terkecilnya. (Dipohisodo, 1994)

Kolom adalah elemen struktur bangunan yang berfungsi untuk mengikat dinding dan meneruskan beban dari atas ke bawah. Kolom memiliki fungsi yang sangat penting, yaitu untuk mencegah bangunan runtuh. Beban yang bekerja pada bangunan dimulai dari atap, kemudian diteruskan ke kolom, dan akhirnya ke pondasi. Pondasi akan menyebarkan beban ke seluruh permukaan tanah di bawahnya.

### 2.5.3 Perhitungan Lebar Efektif & Tinggi Efektif

Dalam perancangan konstruksi bangunan baja 10 lantai ini perlu dihitung lebar dan tinggi efektif pada profil baja yang akan digunakan dengan persamaan dibawah ini :

a. Lebar Efektif  $\rightarrow b = \frac{(B-t1)}{2}$

maka didapatkan rumus persamaan  $\frac{b}{t2} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}}$  (2.22)

b. Tinggi Efektif  $\rightarrow h = (H - (2 \times t2))$

maka didapatkan rumus persamaan  $\frac{h}{t1} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}}$  (2.23)

### 2.6 Pembebanan pada Bangunan

Perancangan struktur tahan gempa bukan hanya dirancang berdasarkan zona Kawasan gempa saja, akan tetapi merujuk juga terhadap fungsi dan pembebanan pada bangunan tersebut. Pada Perancangan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai menggunakan pembebanan sesuai yang tercantum dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. Pembebanan yang dipakai adalah sebagai berikut:

#### 1. Beban Mati (DL)

Beban Mati pada gedung merupakan total keseluruhan berat suatu gedung dengan sifat tetap dan tidak bergerak contohnya adalah berat dari dinding, plafon, atap, tangga dan termasuk mesin-mesin atau segala perlengkapan yang menyatu dengan gedung tersebut.

Berat unit atau densitas material konstruksi dalam perancangan dapat dihitung sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Indonesia, seperti yang

diatur dalam Peraturan Pembebanan untuk Gedung yang dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Pembebanan Untuk Gedung (SNI 1727-2020)

Bahan Bangunan	Berat
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (Kelas I)	1000 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (Kering Udara)	1600 kg/m <sup>3</sup>
Komponen Gedung	Berat
Spesi dari Semen, per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding Bata Merah ½ Batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Atap Genteng	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup Lantai Ubun per Tebal	24 kg/m <sup>2</sup>

Sumber : SNI 1727-2020

## 2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup merupakan beban yang tidak tetap berdiam di satu tempat atau beban yang bergerak dari satu tempat ke tempat lain, contohnya seperti manusia. Manusia termasuk beban hidup pada bangunan karena keberadaannya merupakan suatu beban struktur yang dapat berpindah-pindah.

Beban hidup dapat diperhitungkan dalam perancangan struktur dengan melihat peraturan yang ada di Indonesia yaitu peraturan SNI 1727:2020 seperti yang tercantum dalam Tabel 2.11. dibawah ini.

Tabel 2.11 Beban Hidup (LL) SNI 1727-2020

Hunian dan Penggunaannya	Merata (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat (kN)
Sekolah		
Ruang Kelas	1,92	4,5
Koridor di atas lantai pertama	3,83	4,5
Koridor lantai pertama	4,79	4,5
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses	-	0,89
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	11,97	35,6
Tangga dan jalan keluar	4,79	-
Lobi	4,79	-
Perpustakaan	7,18	-



### 3. Beban Gempa (EQ)

Beban gempa merujuk pada semua beban statik setara yang dikenakan pada sebuah bangunan, yang timbul akibat pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa, dan dihitung melalui analisis dinamik. Nilai beban gempa ditentukan oleh tiga faktor, yakni probabilitas beban tersebut melebihi batas tertentu dalam suatu periode waktu, tingkat daktilitas struktur yang mengalami beban tersebut, dan kelebihan kekuatan yang dimiliki oleh struktur tersebut. (Anwar dan Primadana, 2021)

Pada gedung bertingkat, berat struktur diasumsikan terpusat di lantai bangunan, sehingga beban gempa didistribusikan di setiap lantai. Selain bergantung pada massa setiap tingkat, Gaya gempa yang bekerja pada suatu tingkat akan semakin besar seiring dengan bertambahnya ketinggian tingkat tersebut di atas permukaan tanah. Besaran beban lateral akibat gempa pada struktur bangunan dijelaskan sebagai berikut:

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (2.24)$$

Dimana:

$F_x$  = Gaya gempa statik ekuivalen

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya geser dasar

### 4. Beban kombinasi

Kombinasi pembebanan untuk gedung telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2019 Pasal 5.3. Rangkuman kombinasi pembebanan dalam perhitungan struktur gedung dapat diuraikan sebagai berikut:

a.  $1,4 D$

b.  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

c.  $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$

d.  $1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

e.  $1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$

f.  $0,9 D + 1,0 W$

g.  $0,9 D \pm 1,0 E$



Dengan :

$D = Dead$                        $W = Wind$   
 $L = Live$                          $E = Earthquake$   
 $Lr = Live\ roof$                  $R = Rain$

## 2.7 Pondasi

Pondasi merupakan elemen terbawah dari struktur bangunan yang mentransfer beban bangunan ke tanah atau batuan di bawahnya. (Hardiyatmo, 2002)

Pondasi dapat dibagi menjadi dua jenis, yakni pondasi dangkal yang menanggung beban langsung, dan pondasi dalam yang memindahkan beban konstruksi ke tanah keras atau batuan yang terletak lebih dalam dari permukaan tanah.

Proses perancangan pondasi mencakup pemilihan jenis pondasi, penentuan lokasi, dan penentuan dimensi atau ukuran pondasi, serta melibatkan tahapan fisik konstruksi pondasi.

### 2.7.1 Tanah Untuk Perletakan Pondasi

Tanah yang digunakan sebagai pendukung pondasi bangunan adalah tanah yang dapat menopang beban pondasi dan menahan konstruksi beban di atasnya (Cahyo, Winarto, dan Wiratmoko, 2019).

Jenis tanah mencakup Tanah Lempung (*Clay*), Tanah Lumpur (*Silt*), Tanah Pasir (*Sand*), dan Tanah Berkerikil (*Gravel*), dengan rincian lebih lanjut dapat ditemukan pada Tabel 2.12 dan Tabel 2.13.

Tabel 2.12 Konsistensi Tanah

Konsistensi Tanah	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	SPT, N	Sondir, qn
Sangat lunak ( <i>very soft</i> )	< 0.125	< 2.5	< 7.5
Lunak ( <i>Soft</i> )	0.125 – 0.25	2.5 – 5	7.5 – 15
Sedang ( <i>medium stiff</i> )	0.25 – 0.5	5 – 10	15 – 30
Kaku ( <i>stiff</i> )	0.5 – 1.0	10 – 20	30 – 60
Sangat kaku ( <i>very stiff</i> )	1.0 – 2.0	20 – 40	60 – 120
Keras ( <i>hard</i> )	> 2.0	> 40	> 120

Tabel 2.13 Nilai koefisien berdasarkan jenis tanah

Jenis Tanah	$K$ (t/m <sup>2</sup> )
Lempung (clay)	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir	40

*Sumber : Ismail 1988*

### 2.7.2 Macam-Macam Pondasi

Desain bentuk pondasi dipengaruhi oleh beban bangunan dan kondisi tanah di sekitarnya, sementara kedalaman pondasi ditentukan oleh lokasi tanah yang memiliki kepadatan yang mendukung pondasi (Gunawan, 1991).

Kedalaman suatu pondasi menentukan jenis pondasi apa yang akan digunakan. Dengan mempertimbangkan kedalaman tanah di mana pondasi dipancangkan, pondasi dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, sesuai dengan Hardiyatmo (2002), yaitu:

#### a. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal merupakan jenis pondasi yang langsung menopang beban, antara lain:

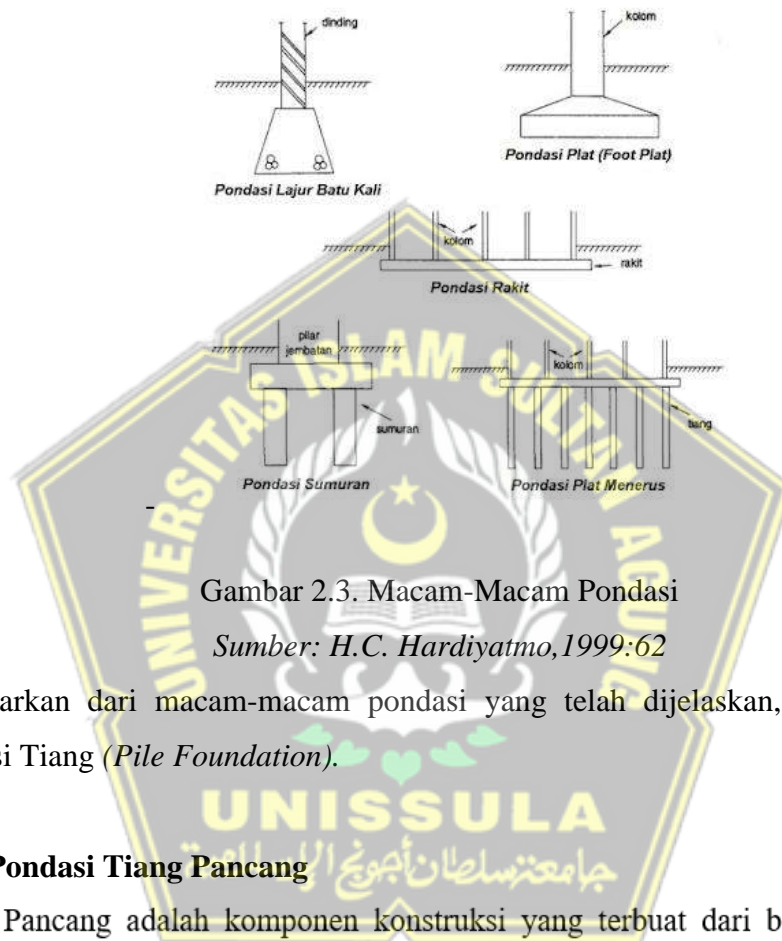
- Pondasi telapak, yakni pondasi yang berdiri sendiri untuk menopang kolom.
- Pondasi Memanjang, yang digunakan untuk mendukung rangkaian kolom yang terletak dekat sehingga jika menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya akan saling terhimpit.

#### b. Pondasi dalam

Pondasi Dalam merujuk pada tipe pondasi yang mentransfer beban bangunan ke lapisan tanah keras atau batu yang terletak di kedalaman yang signifikan di bawah permukaan tanah. Jenis-jenis pondasi dalam meliputi:

- Pondasi Sumuran (Pier Foundation), yaitu pondasi yang berfungsi sebagai perantara antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Digunakan ketika tanah yang kuat berada pada kedalaman yang cukup dalam.

- Pondasi Tiang (Pile Foundation), digunakan ketika tanah di kedalaman normal tidak cukup kuat untuk mendukung beban, dan lapisan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang biasanya memiliki diameter lebih kecil dan panjang lebih besar dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles, 1991).



Gambar 2.3. Macam-Macam Pondasi

Sumber: H.C. Hardiyatmo, 1999:62

Berdasarkan dari macam-macam pondasi yang telah dijelaskan, maka dipilih Pondasi Tiang (*Pile Foundation*).

### 2.7.3 Pondasi Tiang Pancang

Tiang Pancang adalah komponen konstruksi yang terbuat dari berbagai bahan yang berfungsi untuk mentransfer beban-beban dari permukaan ke lapisan yang lebih dalam di dalam tanah. (Bowles, 1991)

Pondasi Tiang Pancang umumnya diproduksi secara prefabrikasi di pabrik, tiang pancang yang telah selesai diproduksi kemudian dikirim ke lokasi proyek untuk dirakit. Kemampuan dukung tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris yang didasarkan pada hasil uji sondir untuk mengetahui karakteristik tanah di lokasi proyek. (Cahyo, Winarto dan Wiratmoko, 2019)

### 2.7.3.1 Kelebihan Tiang Pancang

Tiang Pancang memiliki beberapa kelebihan, yaitu sebagai berikut:

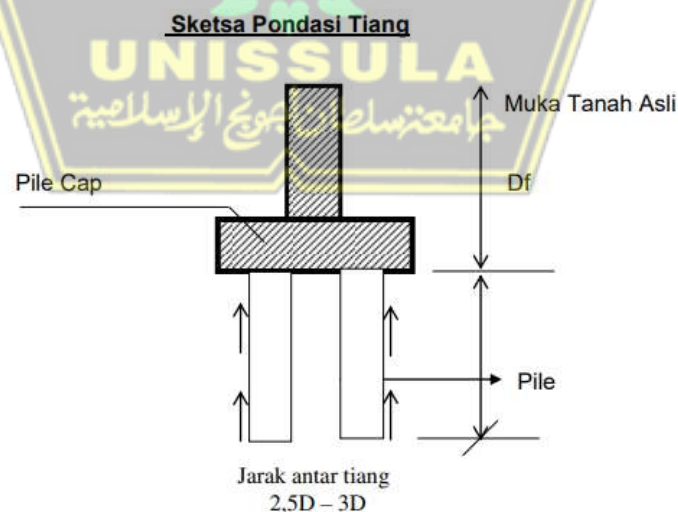
- Karena proses produksinya bersifat pracetak, maka mutu beton terkontrol.
- Daya dukung tiang merata di sekeliling tiang.
- Pada tiang pancang kelompok, beban tiang ini ditanggung oleh tiang lain dan mempunyai daya dukung yang sama kuat.
- Harga lebih murah dibandingkan Pondasi Sumuran.

### 2.7.3.2 Kekurangan Tiang Pancang

Tiang pancang memiliki beberapa kekurangan, yaitu sebagai berikut:

- Akses menuju kawasan proyek terhambat jika jalan menuju kawasan proyek sempit.
- Proses pemancangan mengakibatkan polusi pendengaran dan getaran.
- Dimensi dan bobotnya besar.
- Dalam tahap produksi, Tiang Pancang membutuhkan waktu untuk memastikan bahwa kualitas beton mencapai tingkat kekerasan yang optimal.

Pondasi Tiang Pancang digunakan sebagai dasar bangunan ketika tanah di bawahnya tidak memiliki daya dukung yang memadai untuk menopang beban bangunan yang diberikan (Sardjono, 1988).



Gambar 2.4 Pondasi Tiang Pancang

#### **2.7.4 Langkah-Langkah Perancangan Pondasi**

Langkah-langkah merancang Struktur Pondasi yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi beban yang telah direncanakan

Beban rencana merupakan beban yang diterima oleh pondasi, terutama berasal dari struktur di atasnya. Beban yang bekerja pada struktur bangunan melibatkan beban hidup (beban fungsional struktur) dan beban mati (beban sendiri struktur).

2. Lakukan eksplorasi tanah

Eksplorasi tanah dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait daya dukung dan kedalaman tanah keras. Informasi mengenai daya dukung tanah digunakan untuk menghitung dimensi pondasi, sementara kedalaman tanah keras digunakan untuk menentukan jenis pondasi yang tepat.

3. Pilih jenis pondasi

Pemilihan jenis pondasi didasarkan pada hasil eksplorasi tanah yang diperoleh. Selanjutnya, pilihlah jenis pondasi yang paling sesuai dengan kebutuhan.

4. Tentukan dimensi pondasi

Penentuan dimensi pondasi harus didasarkan pada hasil penelitian dan data tanah. Dalam menentukan dimensi pondasi tiang pancang, beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan termasuk jumlah tiang pancang pada pile cap serta dimensi panjang, lebar, dan ketebalan pile cap (Bowles, 1991).

#### **2.7.5 Daya Dukung Pondasi Tiang**

Kemampuan Pondasi Tiang untuk mentransfer beban yang diberikan ke dalam lapisan tanah merupakan konsep dari Daya Dukung Tiang Pancang. (Hardiyatmo, 1985)

Terdapat beberapa metode untuk menentukan Kapasitas Dukung Tiang, yang umumnya dibagi menjadi dua kategori, yakni untuk Tiang Tunggal (*Single Pile*) dan Kelompok Tiang (*Pile Group*).

##### **2.7.5.1 Daya Dukung Tiang Tunggal**

Daya dukung Tiang Tunggal merujuk pada kapasitas daya dukung dari satu tiang pancang. Untuk menentukan nilai kemampuan Daya Dukung Tiang Tunggal (*Single Pile*).



### 2.7.5.1.1 Daya Dukung Pondasi Tiang Berdasarkan Data NSPT

Hitungan untuk daya dukung pada ujung tiang (*End Bearing*) untuk Pondasi Tiang menggunakan data hasil uji tanah (SPT) menurut Meyerhof (1976):

$$Q_p = A_p (40 \cdot N\text{-SPT}_{rata}) (Lb/d) \quad (2.25)$$


Daya dukung gesek (friction) pada tanah pasir dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$Q_s = f_s \times L \times A_s \quad (2.26)$$

$$f_s = \alpha \times C_u \quad (2.27)$$

$$C_u = (N\text{-SPT}_{(rata-rata)} \times \frac{2}{3} \times 10) \quad (2.28)$$

Dimana :

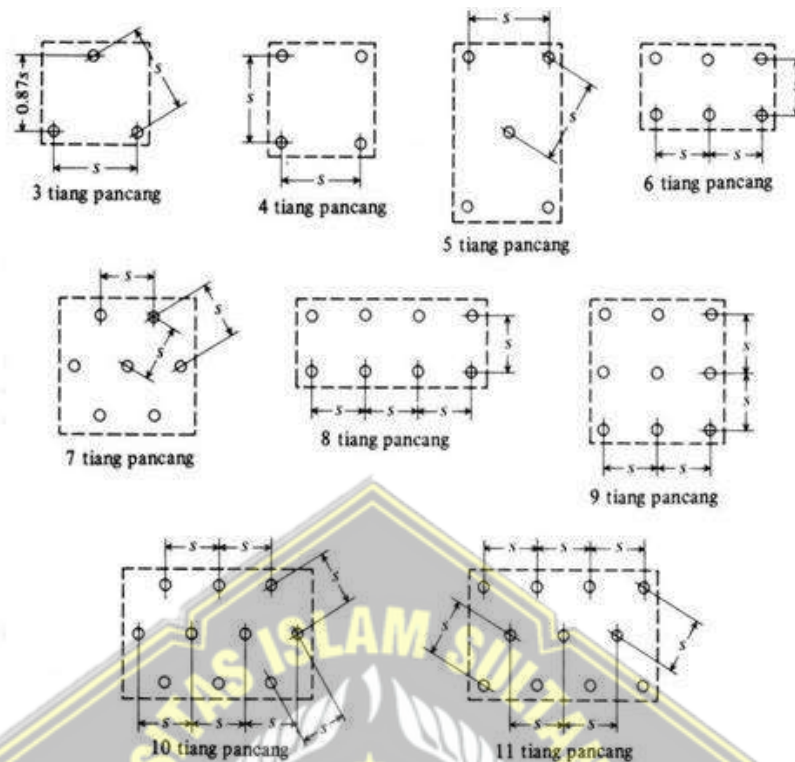
- 
- $Q_p$  = Daya dukung pada ujung tiang (kN)
  - $A_p$  = Luas penampang pondasi ( $m^2$ )
  - $Lb/d$  = Rasio Kedalaman
  - $N\text{-SPT}_{rata}$  = Rata-rata nilai SPT 8D keatas dan 4D kebawah pondasi
  - $Q_s$  = Daya dukung selimut pada tiang (kN)
  - $C_u$  = Kohesi tanah ( $kN/m^2$ )
  - $A_s$  = Luas selimut pada tiang ( $m^2$ )
  - $L$  = Panjang Lapisan Tanah (m)
  - $\alpha$  = 0,50 (Faktor Adhesi)

### 2.7.5.2 Daya Dukung Kelompok Tiang

Tiang pancang umumnya dipasang dalam kelompok, hal ini disebabkan karena tiang pancang ditempatkan secara berdekatan dan diintegrasikan menjadi satu kesatuan dengan menggunakan pile cap.

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam menentukan kapasitas kelompok tiang melibatkan perhitungan jumlah tiang dalam satu kelompok, mengukur jarak antar tiang, dan menghitung efisiensi kelompok tiang. Formasi tiang dalam satu kelompok, sesuai dengan Bowles, J.E., 1991, dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.





Gambar 2.5 Formasi Kelompok Tiang

Sumber : Bowles,1991.

Untuk menghitung jumlah tiang dapat digunakan Persamaan 2.28 dibawah ini :  
Kebutuhan Jumlah Tiang ( $N_p$ )

$$N_p = \frac{V}{Q_{all}} \quad (2.29)$$

Dimana :

$N_p$  = Kebutuhan jumlah tiang

$Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung tiang

$V$  = Beban yang bekerja

Kemudian untuk menghitung jarak tiang dengan berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L dapat dilihat Persamaan 2.30 dibawah ini :

Syarat Spasi Antar Tiang

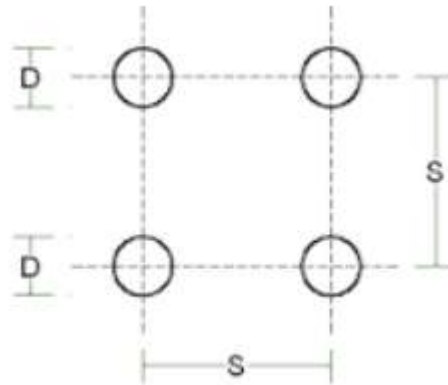
$$2,5D \leq S \leq 3D \quad (2.30)$$

Dimana :

$S$  = Jarak ke pusat tiang

$D$  = Diamater tiang

Jarak antar tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L dalam Sardjino (1991) dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Jarak Antar Tiang  
Sumber : Sardjono, 1991

Nilai efisiensi tiang dapat diperoleh dari Persamaan 2.30 dan 2.31 dibawah ini :

Efisiensi Kelompok Tiang ( $E_g$ )

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n'}{m \cdot n'} \right] \quad (2.31)$$

$$\theta = \arctan \left( \frac{D}{s} \right) \quad (2.32)$$

Dimana :

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$m$  = Jumlah baris tiang

$n'$  = Jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  =  $\arctan D/S$  (dalam derajat)

Secara matematis, kapasitas dukung kelompok tiang dapat di peroleh dari persamaan 2.32 dibawah ini :

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_{tk} = E_g \times n \times Q_{tiang} \quad (2.33)$$

Dimana :

$Q_{tk}$  = Daya dukung ijin tiang kelompok

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$N$  = Jumlah tiang dalam grup

Untuk menghitung beban yang diterima pada setiap tiang dapat diperoleh dari Persamaan 2.33 dibawah ini :

$$\frac{V}{N_p} < Q_{all} \quad (2.34)$$

Dimana :

$V$  = Beban yang bekerja

$N_p$  = Kebutuhan jumlah tiang

$Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung tiang

## 2.8 Kajian Terdahulu

Bab ini menyajikan beberapa kajian terdahulu yang mempunyai kesamaan dengan studi kasus Penulis, oleh karena itu akan dilakukan ulasan terhadap beberapa kajian berdasarkan studi Penulis. Berikut beberapa kajian yang akan diulas:

1. **REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kudus Menggunakan SNI 1726-2019** (Lutfi, Winamto, Yunus. 2018)

Penelitian ini berisi Perancangan Struktur Tahan Gempa untuk Bangunan bertingkat tinggi dengan analisis perhitungan gempa berdasarkan SNI 1726:2019 dengan hasil Desain *Story Drift* aman. Kemudian Periode getar dari desain sudah memenuhi sesuai syarat peraturan.

2. **PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG 5 LANTAI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH KABUPATEN KUDUS** (Mahendra, 2016)

Penelitian ini berisi Perancangan struktur bangunan tahan gempa dengan bantuan software SAP2000 dan acuan SNI 1726:2012. Dan kombinasi pembebanan beban mati, beban gempa, dan beban hidup sesuai SNI 1727:2013. Dengan hasil penelitian menunjukkan dimensi serta penulangan struktur pada perancangan bangunan ini telah aman memenuhi beban gempa.

3. **STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN KOLOM DINDING GESER DENGAN SISTEM SRPMK** (Anwar, Delfiero. 2020)

Penelitian ini berisi Pada perancangan struktur ini digunakan konsep SRPMK dengan Kolom Dinding Geser sebagai penahan gempa. Pemasangan Kolom Dinding Geser diharapkan dapat menambah kekakuan pada bangunan

sehingga saat terjadi gempa, bangunan tidak mengalami kegagalan. Dan memiliki hasil perencanaan beban gempa menggunakan SNI 1726:2019 menghasilkan nilai  $C_s=0,018$  dengan arah  $X=1,345$  dan arah  $Y=1,345$ . Kemudian didapatkan persentase gaya pada dinding geser kurang dari 75%.

4. **SISTEM PERKUATAN STRUKTUR MENGGUNAKAN CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP) PADA GEDUNG 7 LANTAI** (Putri dan Rizkia. 2023)

Penelitian ini berisi perancangan perkuatan struktur dengan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* dengan material struktur berbahan beton bertulang, menggunakan regulasi SNI terbaru tahun 2019 dan 2020 kemudian memodelkan dengan struktur system ganda Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan hasil perancangan yang aman dari gaya geser dan tidak ditemukan ketidak beraturan struktur baik secara horizontal maupun vertikal.

5. **PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPA BERLANTAI 4 : STUDI KASUS GEDUNG BARU KAMPUS I UTY** (Maárif, Masagala. 2019)

Studi ini membahas penerapan beton bertulang dalam konstruksi bangunan tahan gempa yang terdiri dari 4 lantai. Hasil analisis menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) menunjukkan bahwa perancangan beton bertulang, termasuk dimensi dan penulangan balok kolom, telah terbukti aman dan memenuhi persyaratan dalam tinjauan lapangan.

Dari tinjauan literatur yang telah kami lakukan, terdapat beberapa perbedaan dengan studi yang kami jalankan. Perbedaan-perbedaan tersebut melibatkan:

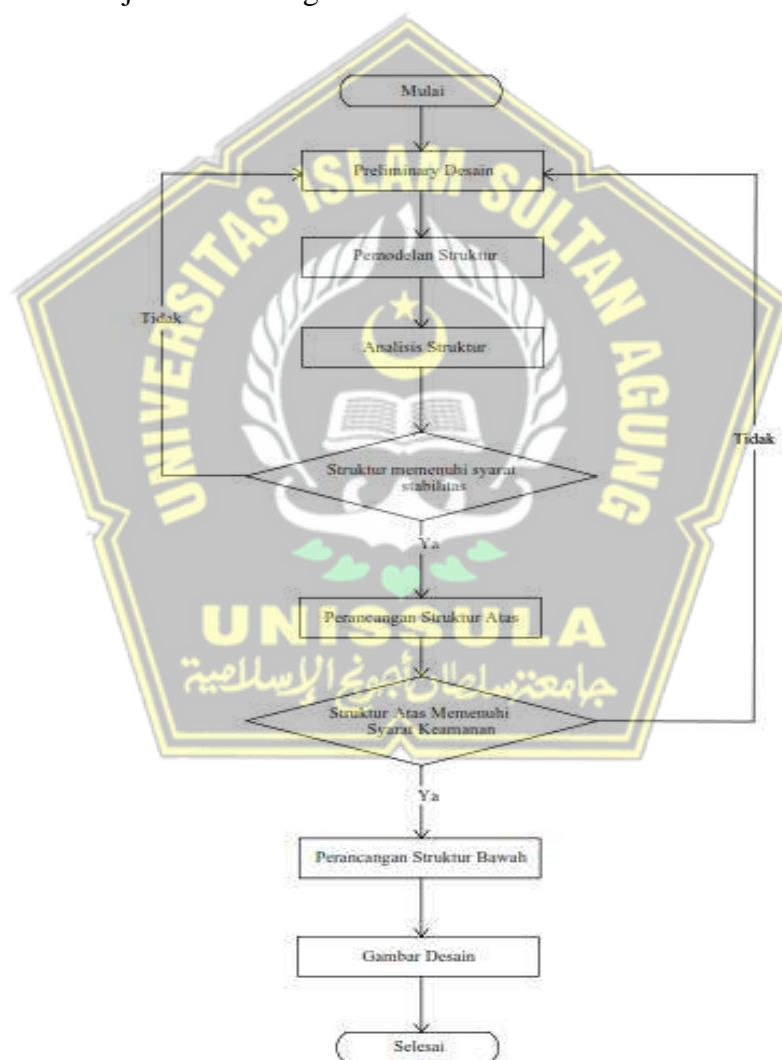
1. Hasil perancangan diatas masih menggunakan SNI tahun 2012, sedangkan kajian ini menggunakan SNI terbaru yang diterbitkan pada tahun 2019.
2. Kajian yang telah penulis tinjau hanya terdapat perancangan yang terfokus pada struktur atas, sedangkan kajian ini juga mencakup perancangan pondasi.
3. Kajian yang telah ditinjau menggunakan material utama beton, sedangkan kajian ini menggunakan sistem struktur utama material baja.

## BAB III

### METODE PENULISAN

#### 3.1 Bagan Alir

Bagan Alir digunakan sebagai alur atau petunjuk arah bagaimana penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan. Bagan Alir yang digunakan dalam Perancangan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur



### **3.1.1 Preliminary Design**

*Preliminary design* adalah desain pertama yang bertujuan untuk menetapkan dimensi elemen struktur yang akan membentuk keseluruhan struktur.

### **3.1.2 Pemodelan Struktur**

Pemodelan struktur merupakan penyederhanaan bentuk suatu bangunan menjadi sistem struktur yang sederhana untuk memudahkan dalam analisis struktur.

### **3.1.3 Analisa Struktur**

Analisis struktur adalah suatu proses perhitungan dan penentuan dampak dari beban yang diterapkan pada struktur, menghasilkan reaksi dalam bentuk gaya pada struktur tersebut.

### **3.1.4 Struktur Memenuhi Syarat Stabilitas**

Struktur yang telah di rancang harus memenuhi syarat stabilitas agar dapat dilanjutkan proses rancangan struktur atas, namun jika struktur yang telah dirancang masih belum memenuhi syarat stabilitas maka harus merancang ulang dari *preliminary design* atau desain awal.

### **3.1.5 Perancangan Struktur Atas**

Merancang struktur atas ini melibatkan perancangan elemen struktural gedung yang berada di atas tanah, termasuk pelat, kolom, balok, tangga, dan dinding.

### **3.1.6 Struktur Atas Memenuhi Syarat Keamanan**

Struktur atas harus memenuhi syarat keamanan dari struktur yang di rancang, jika struktur atas tidak memenuhi syarat keamanan maka merancang ulang dari *preliminary design* atau desain awal, namun jika struktur atas sudah memenuhi syarat keamanan maka dapat dilanjutkan proses rancangan struktur bawah.

### **3.1.7 Perancangan Struktur Bawah**

Merencanakan struktur bawah atau pondasi melibatkan penentuan jenis dan dimensi pondasi yang akan diterapkan dalam desain Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai.



### 3.1.8 Gambar Desain

Gambar desain adalah gambar akhir dari perancangan struktur Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai.

### 3.2 Tahap Persiapan

Perancangan Bangunan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja ini pada awalnya dirancang dengan acuan SNI 1726:2019 tentang Bangunan Tahan Gempa, SNI 1727:2020 mengenai Beban Desain Minimum untuk Bangunan dan SNI 1729:2019 mengenai Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktur adalah acuan utama dalam perancangan. Perhitungan struktur melibatkan perhitungan beban sesuai dengan fungsi gedung yang sedang dirancang.

Data yang digunakan dalam perancangan bangunan tahan gempa ini bersumber dari data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek. Data sekunder bisa diperoleh dari literatur-literatur terdahulu yang sejenis. Contoh dari data sekunder adalah jurnal, buku dan artikel. Dalam Perancangan Struktur Tahan Gempa ini didapatkan data sekunder sebagai berikut:

- Data tanah kota Kudus
- Gambar kerja proyek
- Penelitian terdahulu
- Lokasi proyek

### 3.3 Tahap Perancangan

Tahap analisis struktur dan perancangan diperhitungkan dengan bantuan penggunaan *software* SAP2000 v.21. Dalam Perancangan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai dengan Penggunaan Struktur Utama Portal Baja memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data
2. Melakukan pembebanan pada Struktur
3. Kombinasi pembebanan
4. Menganalisis Struktur
5. Merancang Elemen Struktur yang dipakai

6. Pengecekan kekuatan Struktur sesuai SNI
7. Perancangan Pondasi
8. Cek daya dukung Pondasi dan desain yang sesuai
9. Kesimpulan



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Deskripsi Bangunan**

Struktur bangunan gedung bertingkat yang terdiri dari 10 lantai dimodelkan dengan perancangan utama sebagai bangunan tahan gempa yang menggunakan rangka baja sebagai struktur utama bangunannya dengan memperhatikan jenis tanah dan lokasi tempat direncanakan berdiri bangunan ini yaitu di Kota Kudus.

Bangunan ini dirancang dan difungsikan sebagai bangunan fasilitas pendidikan. Gedung Fasilitas Pendidikan Tahan Gempa 10 Lantai ini memiliki tinggi total bangunan mencapai 35,5 meter. Struktur gedung ini dirancang dengan bentuk persegi dan dimodelkan dan dianalisis dengan menggunakan program SAP2000 v.21.

#### **4.2 Acuan Pembebanan**

Pembebanan pada struktur bangunan ditentukan sesuai dengan ketentuan SNI terbaru dengan data berikut :

- a. Beban minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020),
- b. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726-2019),

#### **4.3 Acuan Perancangan dan Pendetailan Struktur**

Perancangan dan penjelasan rinci struktur baja ini merujuk pada peraturan SNI sebagai berikut:

- a. Spesifikasi untuk bangunan Baja Struktur (SNI 1729:2020)
- b. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung (SNI 1726:2019)

#### 4.4 Perancangan Struktur

Bangunan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai ini dimodelkan dan dirancang dengan menggunakan program SAP 2000, sesuai dengan data struktur.

##### 4.4.1 Data Bangunan

Data Bangunan yang dirancang dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi Bangunan : Kabupaten Kudus, Jawa Tengah
2. Fungsi Bangunan : Fasilitas Pendidikan
3. Jumlah Lantai : 10 Lantai
4. Jenis Tanah : Tanah sedang
5. Struktur Utama : Portal Baja (*Rigid Frame*)
6. Material : Baja

##### 4.4.2 Pemodelan Struktur

Ilustrasi penggunaan Struktur Utama Portal Baja dalam memodelkan 3D struktur bangunan ditunjukkan pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Pemodelan Struktur

#### 4.4.3 Tinggi Bangunan

Tinggi bangunan pada Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja ditunjukkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Tinggi Bangunan

No	Lantai	Tinggi Bangunan (m)
1	Lantai 1	4
2	Lantai 2	7,5
3	Lantai 3	11
4	Lantai 4	14,5
5	Lantai 5	18
6	Lantai 6	21,5
7	Lantai 7	25
8	Lantai 8	28,5
9	Lantai 9	32
10	Lantai 10	35,5

#### 4.4.4 Pra Desain Elemen Struktur

Sebelum menganalisis struktur, perlu dipertimbangkan dimensi elemen struktur untuk memperhitungkan kekakuan struktur yang diperlukan dalam menganalisis struktur.

Perlu ditentukan dimensi yang optimal untuk elemen struktur berdasarkan Gaya Dalam yang timbul akibat beban pada struktur, yang berasal dari hasil analisis struktur.

Sebelum menganalisis struktur, perlu adanya beberapa metode sederhana untuk menentukan dimensi awal komponen struktur. Dimensi awal ini kemudian akan di evaluasi lebih lanjut untuk memastikan keoptimalannya sebelum dilakukan analisis struktur.

#### 4.5 Pembebanan Struktur

Dalam merancang Struktur Bangunan Baja ini, pembebanan menggunakan dua acuan yaitu SNI 1727:2020 tentang Desain Beban Minimum untuk Bangunan Gedung dan SNI 1726:2019 tentang Bangunan Tahan Gempa.



#### 4.5.1 Beban Gravitasi

Beban Gravitasi merujuk pada beban yang timbul akibat gaya gravitasi seperti berat sendiri struktur, beban mati tambahan dan beban hidup.

Beban gravitasi dalam struktur bangunan diterapkan berdasarkan kebutuhan fungsional ruang yang sesuai dengan desain arsitektur dengan mengacu pada SNI 1727:2020. Beban gravitasi yang diterapkan pada struktur bangunan adalah sebagai berikut.

##### a. Berat Bangunan Tiap Lantai

Perhitungan tiap lantai secara manual diperhitungan dengan mengambil sampel pada lantai satu dengan spesifikasi kolom setinggi 4m dan dimensi denah 22x19m. untuk perhitungan dapat dilihat pada uraian berikut ini.

$$W_{\text{Beton}} = p \times l \times \text{tebal plat} \times \text{berat jenis}$$

$$= 22 \times 19 \times 0,125 \times 24 = 1254 \text{ kN}$$

$$W_{\text{Baja Balok}} = (\text{Berat B1 tiap batang} \times \text{Jumlah}) + (\text{Berat B2 tiap batang} \times \text{Jumlah})$$

$$= (4,76 \times 37) + (2,11 \times 51) = 283,734 \text{ kN}$$

$$W_{\text{Baja Kolom}} = (\text{Berat K1 tiap batang} \times \text{Jumlah}) + (\text{Berat K2 tiap batang} \times \text{Jumlah})$$

$$= (21,05 \times 3) + (15,29 \times 17) = 323,204 \text{ kN}$$

$$W_{\text{Baja}} = W_{\text{balok}} + W_{\text{kolom}}$$

$$= 1254 + 323,204 = 606,938 \text{ kN}$$

$$W_{\text{Lantai 1}} = W_{\text{Beton}} + W_{\text{Baja}}$$

$$= 1254 + 606,938 = 1798,42 \text{ kN}$$

Perhitungan dari tiap lantai berikutnya diambil dari rekapitulasi program SAP2000. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.2 yang ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 4.2 Berat Tiap Lantai

Lantai	Hi (m)	Berat Beton (kN)	Berat Baja (kN)	Wi (kN)
10,00	35,50	1254	544,42	1798,42
9,00	32,00	1254	544,42	1798,42
8,00	28,50	1254	544,42	1798,42
7,00	25,00	1254	544,42	1798,42
6,00	21,50	1254	544,42	1798,42
5,00	18,00	1254	544,42	1798,42
4,00	14,50	1254	544,42	1798,42
3,00	11,00	1254	544,42	1798,42
2,00	7,50	1254	544,42	1798,42
1,00	4,00	1254	606,94	1860,94

**b. Beban Mati (DL)**

Beban mati merujuk pada beban yang timbul dari elemen-elemen struktur seperti balok, kolom dan plat lantai. Dalam proses perancangan struktur bangunan ini, material yang digunakan adalah baja dengan Berat Jenis sebesar  $7.850 \text{ kg/m}^3$ . Perhitungan beban ini dilakukan secara otomatis menggunakan SAP2000 V 2021, berdasarkan luas lantai dan beban yang dimodelkan dalam program tersebut. Beban Mati Tambahan pada perancangan bangunan ini ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Beban Mati Tambahan

Beban Mati	$W \text{ (kg/m}^3\text{)}$	$t \text{ (m)}$	Total
Berat Spesi 2cm	2100	0,02	42
Berat Pasir 2 cm	1800	0,02	36
Berat Keramik 1 cm	1700	0,01	17
Plafon	18	1	18
Penggantung	7	1	7
Total Beban Mati			120 kg

**c. Beban Hidup (LL)**

Beban hidup tidak secara permanen menimbulkan beban struktur pada bangunan; sebagai contoh, beban yang muncul akibat kehadiran penghuni atau pemakai bangunan. Penerapan beban hidup pada struktur ini disesuaikan dengan tujuan dan fungsi setiap lantai ruangan. Adapun variasi beban hidup yang diterapkan, disesuaikan dengan tujuan serta fungsi dari bangunan dan ruangnya.

Beban hidup diterapkan bervariasi sesuai tujuan dan fungsi bangunan serta ruangnya. Beban hidup merata yang digunakan dalam analisis struktur yaitu sebesar  $4,79 \text{ kN/m}^2$  (sesuai dengan nilai yang ditetapkan dalam SNI 1727:2020 untuk kategori Sekolah).

**4.5.2 Beban Gempa Respon Spektrum**

Dalam perancangan struktur bangunan ini, metode analisis respons spektra digunakan untuk menganalisis beban gempa, disesuaikan dengan data lokasi struktur bangunan, yaitu Kota Kudus. Informasi Respon Spektra diperoleh dari

peta gempa tahun 2023 yang sesuai dengan titik koordinat lokasi.

1) Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

Bangunan ini dirancang dengan fungsi sebagai Gedung Fasilitas Pendidikan. Sesuai Tabel 1 dan 2 SNI 1726:2019 gedung ini termasuk kategori risiko IV dan nilai faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) sebesar 1,5, ditunjukkan pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1,00
III	1,25
<b>IV</b>	<b>1,50</b>

Sumber SNI 1726:2019

2) Klasifikasi Situs

Pasal 5 pada SNI 1726:2019, klasifikasi situs ditetapkan berdasarkan 3 parameter utama, yaitu nilai rata-rata tahanan penetrasi standar lapangan ( $N$ ), kecepatan rata-rata pada gelombang geser ( $v_s$ ), kekuatan milimir rata-rata, bisa dapat dilihat dalam Tabel 4.5 berikut ini.

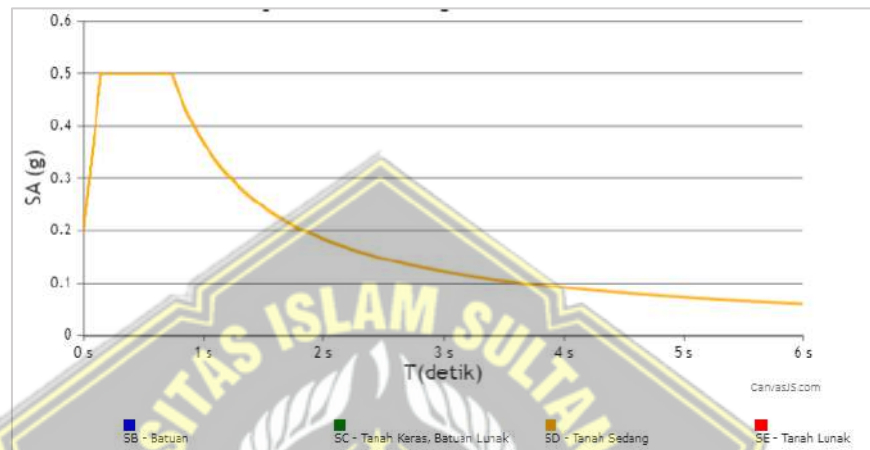
Tabel 4.5 klasifikasi tanah  $\text{kg/m}^2$

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{cr}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristk sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristk berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

3) Parameter Respon Spektrum Gempa Terpetakan (Nilai  $S_s$  dan  $S_1$ )

Parameter Respons Spektrum Gempa Terpetakan didapat dengan

memasukkan koordinat lokasi bangunan ke dalam Aplikasi Respon Spektra Indonesia yang dapat diakses melalui situs web resmi Kementerian PUPR di (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>). Pusat Penelitian dan Pengembangan Konstruksi dan Mitigasi Gempa Bumi (PUSKIM) menunjukkan bahwa Parameter Respon Spektral Gempa  $S_s = 0,5571$  dan  $S_1 = 0,2714$ , sebagaimana tergambar pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Respon Spektrum

Sehingga diperoleh data Nilai Parameter Respons Spektral Terpetakan Pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Data Parameter Respons Spektral Terpetakan

Variabel	Nilai
$F_{PGA}$	0,2466
$S_s$ (g)	0,5571
$S_1$ (g)	0,2714
$S_{DS}$	0,5029
$S_{D1}$	0,3722

#### 4) Kategori Desain Seismik (KDS)

Setelah diketahui nilai  $I_e$  sebesar 1,5. Selanjutnya menentukan nilai kategori desain seismik berdasarkan nilai  $S_{DS}$ . Telah diketahui nilai  $S_{DS} = 0,5029$  dan  $S_{D1} = 0,3722$  maka kategori desain seismik yang direncanakan masuk pada kategori risiko D. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.7 Kategori Desain Seismik Risiko Periode Pendek

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

Tabel 4.8 Kategori Desain Seismik Risiko Periode 1 Detik

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

Dengan demikian, nilai koefisien modifikasi respons, faktor kuat dan faktor pembesaran defleksi dapat dihitung berdasarkan klasifikasi desain seismik D menggunakan jenis sistem pemikul momen gaya seismik, yakni sistem rangka baja pemikul momen biasa. Informasi lebih lanjut dapat ditemukan dalam tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10*	TI*	TI*
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI'	TI'	TI'
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>m</sup>	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI



- 5) Berdasarkan output yang didapatkan dari aplikasi respon spectra Indonesia maka nilai  $S_a$  dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai  $S_a$

$T$ (detik)	$S_a$ (m/det <sup>2</sup> )
0	0,2012
0,1480	1,6000
0,7400	0,5029
1	0,3722
2	0,1861
3	0,1240
4	0,0930
5	0,0744
6	0,0620
7	0,0532
8	0,0465
9	0,0413
10	0,0372
11	0,0338
12	0,0310
13	0,0286
14	0,0265
15	0,0248
16	0,0232
17	0,0219
18	0,0207
19	0,0195
20	0,0186

#### 4.5.3 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Pembebanan gaya gempa statik ekuivalen pada bangunan ini diperoleh berdasarkan SNI dengan mengacu pada KDS (Kategori Desain Seismik) dengan memperhatikan beban bangunan tiap lantai.

1. Setelah diketahui nilai Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ) = 1,5;  $S_{DS}$  = 0,5029;  $S_{D1}$  = 0,3722; kemudian penentuan nilai  $R$  berdasarkan Tabel 12 SNI 1726:2019 didapatkan sebesar 3,5 maka selanjutnya nilai  $C_s$  dapat diketahui.
2. Menghitung Koefisien Respon Seismik ( $C_s$ ) dapat diperoleh dari hasil pembagian antara nilai  $S_{ds}$  dengan hasil bagi antara nilai  $R$  dan  $I_e$ . Secara matematis dapat ditulis seperti berikut

$$C_s = \frac{S_{ds}}{R/I_e} = \frac{0,5029}{3,5/1,5} = 0,2155$$

3. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik, secara matematis perhitungan gaya geser dasar seismik dapat diperoleh dari formula sebagai berikut

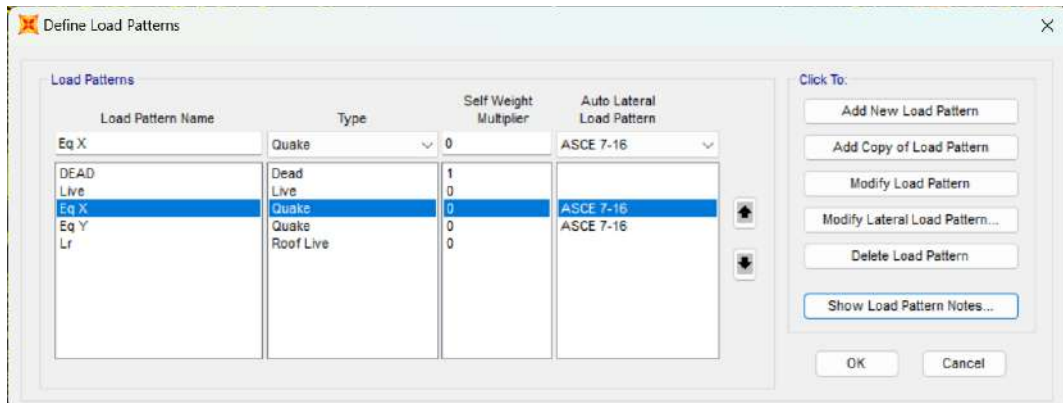
$$V = C_s \times W = 0,2155 \times 1832,318 = 394,9168$$

4. Perhitungan nilai distribusi vertikal ( $C_{vx}$ ) dan Gaya gempa statik ekuivalen ( $F_x$ ) dapat dilihat pada ringkasan rumus Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai  $C_{vx}$  dan  $F_x$

Lantai	$H_i$ (m)	Berat Beton (kN)	Berat Baja (kN)	$W_i$ (kN)	$k$	$H_i^k$ (m)	$W_i \cdot H_i^k$	$C_{vx}$	$F_x$ (kN)
10	35.5	1254	544.42	1798.42	2	1260.25	2266458.81	0.26	102.91
9	32	1254	544.42	1798.42	2	1024.00	1841582.08	0.21	83.62
8	28.5	1254	544.42	1798.42	2	812.25	1460766.65	0.17	66.33
7	25	1254	544.42	1798.42	2	625.00	1124012.50	0.13	51.04
6	21.5	1254	544.42	1798.42	2	462.25	831319.65	0.09	37.75
5	18	1254	544.42	1798.42	2	324.00	582688.08	0.07	26.46
4	14.5	1254	544.42	1798.42	2	210.25	378117.81	0.04	17.17
3	11	1254	544.42	1798.42	2	121.00	217608.82	0.02	9.88
2	7.5	1254	544.42	1798.42	2	56.25	101161.13	0.01	4.59
1	4	1254	606.939	1860.939	2	16.00	29775.02	0.00	1.35
Jumlah							8833490.5	1	

5. Selanjutnya, penginputan beban gempa statik ekuivalen dapat dilakukan dengan menetapkan arah X dan arah Y untuk gempa statik ekuivalen, sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SNI 1726 atau mengikuti pedoman internasional seperti ASCE 7-16. Rincian lebih lanjut dapat ditemukan pada Gambar 4.3 di bawah ini.



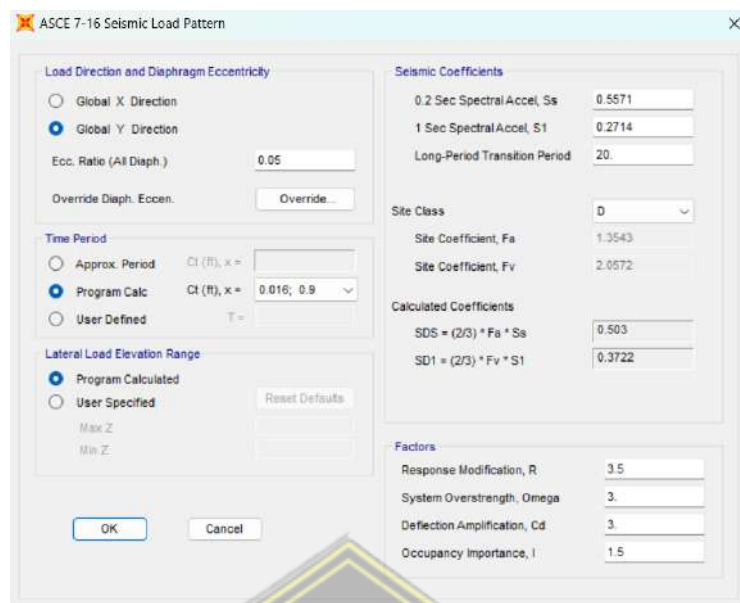
Gambar 4.3 Define Load Pattern

- Selanjutnya modify load pattern untuk gempa statik arah x dengan memasukan nilai  $S_s$ ,  $S_1$ ,  $R$  sesuai dengan nilai yang didapatkan dari puskim dan situs kelas berdasarkan jenis tanah di kota Kudus yaitu kelas situs D. Agar lebih detail dapat diperhatikan pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Spesifikasi Beban Seismik Arah X

- Lakukan hal yang serupa untuk bagian pembebanan gempa statik arah y, namun kali ini gunakan tanda centang pada opsi arah Y. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 Spesifikasi Beban Seismik Arah Y

#### 4.5.4 Kombinasi Pembebanan Struktur

Beban kombinasi untuk bangunan telah ditentukan sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 5.3. Kombinasi pembebanan dalam perhitungan struktur bangunan dapat dijelaskan sebagai berikut:

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

Untuk nomor 5 dan 7 yang termasuk beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Faktor beban dan kombinasi untuk beban mati, beban hidup dan beban gempa adalah sebagai berikut:

8.  $(1,2 + 0,2 SDS) D + 1 L \pm 0,3 \rho Ex \pm 1 \rho Ey$
9.  $(1,2 + 0,2 SDS) D + 1 L \pm 1 \rho Ex \pm 0,3 \rho Ey$
10.  $(0,9 - 0,2 SDS) D \pm 0,3 \rho Ex \pm 1 \rho Ey$
11.  $(0,9 - 0,2 SDS) D \pm 1 \rho Ex \pm 0,3 \rho Ey$

$$S_{DS} = 0,5029 \text{ (Kota Kudus: Tanah sedang)}$$

$$\rho = 1 \text{ (SNI 1726:2019)}$$

## 4.6 Pengecekan Prilaku Struktur Bangunan

### 4.6.1 Rasio Partisipasi Massa

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan SAP2000, nilai partisipasi modal massa dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Periode (sec)	UX	UY	UZ
MODAL	1	1,68	0,77	0,00	0,00
MODAL	2	1,63	0,77	0,77	0,00
MODAL	3	1,46	0,77	0,77	0,00
MODAL	4	0,51	0,88	0,77	0,00
MODAL	5	0,49	0,88	0,89	0,00
MODAL	6	0,44	0,88	0,89	0,00
MODAL	7	0,27	0,93	0,89	0,00
MODAL	8	0,25	0,93	0,94	0,00
MODAL	9	0,22	0,93	0,94	0,00
MODAL	10	0,16	0,96	0,94	0,00
MODAL	11	0,15	0,96	0,96	0,00
MODAL	12	0,14	0,96	0,96	0,02
MODAL	13	0,13	0,96	0,96	0,49
MODAL	14	0,13	0,96	0,96	0,50
MODAL	15	0,13	0,96	0,96	0,50
MODAL	16	0,12	0,96	0,96	0,50
MODAL	17	0,12	0,96	0,96	0,50
MODAL	18	0,12	0,96	0,96	0,50
MODAL	19	0,12	0,96	0,96	0,51
MODAL	20	0,12	0,96	0,96	0,51
MODAL	21	0,11	0,96	0,96	0,51
MODAL	22	0,11	0,96	0,96	0,51
MODAL	23	0,11	0,97	0,96	0,52
MODAL	24	0,11	0,97	0,96	0,52
MODAL	25	0,11	0,98	0,96	0,53
MODAL	26	0,11	0,98	0,96	0,54
MODAL	27	0,10	0,98	0,98	0,54
MODAL	28	0,10	0,98	0,98	0,55
MODAL	29	0,10	0,98	0,98	0,55
MODAL	30	0,09	0,98	0,98	0,55
MODAL	31	0,09	0,98	0,98	0,56
MODAL	32	0,08	0,98	0,98	0,56
MODAL	33	0,08	0,98	0,98	0,56
MODAL	34	0,08	0,98	0,98	0,56
MODAL	35	0,07	0,98	0,98	0,57



Case	Mode	Periode (sec)	UX	UY	UZ
MODAL	36	0,07	0,98	0,99	0,58
MODAL	37	0,07	0,98	0,99	0,62
MODAL	38	0,06	0,99	0,99	0,62
MODAL	39	0,06	0,99	0,99	0,63
MODAL	40	0,05	0,99	0,99	0,63
MODAL	41	0,05	0,99	0,99	0,63
MODAL	42	0,05	0,99	0,99	0,63
MODAL	43	0,04	0,99	0,99	0,63
MODAL	44	0,04	0,99	0,99	0,63
MODAL	45	0,04	0,99	0,99	0,64
MODAL	46	0,03	0,99	0,99	0,64
MODAL	47	0,02	0,99	0,99	0,64
MODAL	48	0,02	0,99	0,99	0,64
MODAL	49	0,01	0,99	0,99	0,64
MODAL	50	0,01	0,99	0,99	0,64

#### 4.6.2 Perhitungan Faktor Skala Gempa

##### 4.6.2.1 Perhitungan Faktor Skala Gaya

Hasil analisis SAP 2000 diperoleh nilai gaya geser dasar seismik statik dan dinamik ( $V$ ) untuk arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13 Gaya Geser Seismik

Output Case	Nilai (kN)
Vx statik	10395,79
Vy statik	10395,79
Vx dinamik	7,75
Vy dinamik	7,67

Sesuai SNI 1726:2019 gaya geser dasar  $V_x$  dan  $V_y$  harus dihitung faktor gaya gempa arah X dan arah Y dengan menggunakan ketentuan sebagai berikut:

$$\eta_x = V_x/V_{IX} \geq 1,0$$

$$\eta_y = V_y/V_{IY} \geq 1,0$$

Dimana :

$\eta$  = Faktor skala

$V$  = Gaya geser dasar statik

$V_I$  = Gaya geser dasar dinamik

Untuk perhitungan faktor skala dari perbandingan gaya geser statik dan dinamik adalah sebagai berikut:

$$\eta_x = 10395,79/7,75 = 1341,39$$

$$\eta_y = 10395,79/7,67 = 1355,38$$

Selanjutnya gempa dibesarkan sebesar faktor skala yang didapatkan dari arah X dan arah Y. Sehingga didapat nilai Gaya Geser Dasar Terkoreksi dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Gaya Geser Terkoreksi/Gaya Geser Desain

<i>Output Case</i>	Nilai (kN)
Vx statik	10395,79
Vy statik	10395,79
Vx dinamik	10395,79
Vy dinamik	10395,79

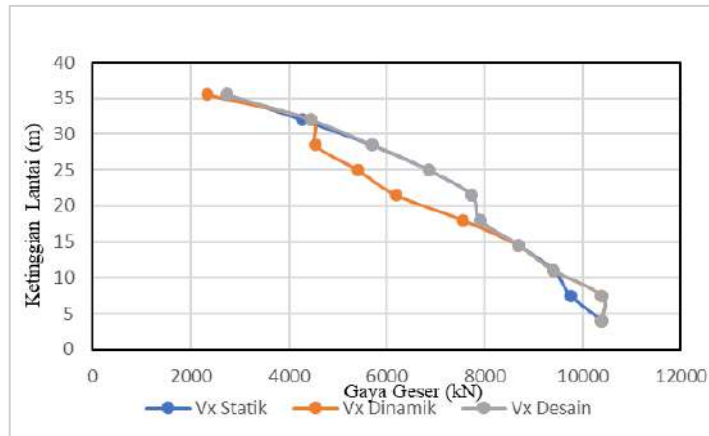
Nilai gaya geser desain untuk arah X dan arah Y dari setiap lantai diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 ditunjukkan pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Gaya Geser Desain Arah X dan Arah Y

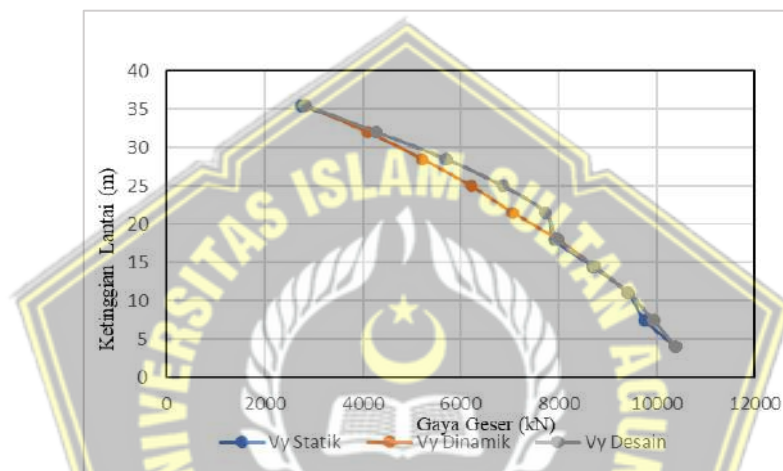
Lantai	Ketinggian (m)	Statik		Dinamik		Gaya Geser Desain	
		Vx (kN)	Vy (kN)	Vspec x (kN)	Vspec y (kN)	Vx desain (kN)	Vy desain (kN)
10	35,5	2727,91	2727,91	2337,08	2832,19	2727,91	2832,91
9	32	4277,57	4277,57	4457,04	4094,03	4457,04	4277,57
8	28,5	5694,43	5694,43	4546,61	5213,48	5694,43	5694,43
7	25	6854,52	6854,52	5415,77	6206,67	6854,52	6854,52
6	21,5	7734,25	7734,25	6200,55	7063,64	7734,25	7734,25
5	18	7907,68	7907,68	7564,33	7980,65	7907,68	7980,65
4	14,5	8702,48	8702,48	8682,2	8736,49	8702,48	8736,49
3	11	9408,69	9408,69	9400,27	9429,75	9408,69	9429,75
2	7,5	9756,04	9756,04	10386,79	9930,14	10386,79	9930,14
1	4	10395,79	10395,79	10395,79	10395,79	10395,79	10395,79

#### 4.6.2.2 Pengecekan Gaya Geser

Gaya geser didapat dari hasil analisis dengan program SAP2000 langsung, berikut diagram geser struktur pada arah X dan arah Y dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.6 Diagram Gaya Geser Gempa Arah X



Gambar 4.7 Diagram gaya geser gempa arah Y

#### 4.6.2.3 Pengecekan Simpangan Antar Tingkat (*Story Drift*)

Faktor-faktor yang digunakan dalam kriteria persyaratan simpangan berdasarkan SNI 1726:2019 adalah:

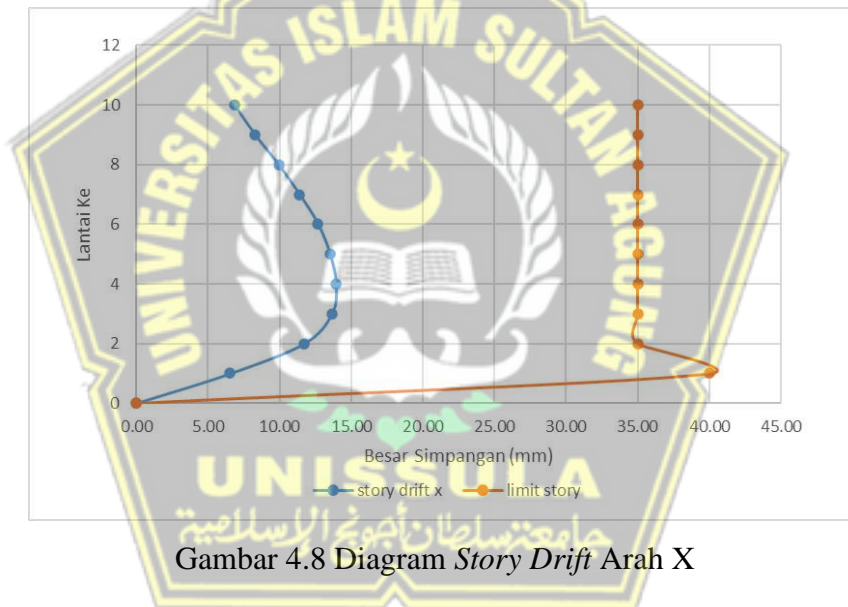
- Faktor defleksi atau lendutan ( $C_d$ ) = 5,5 (Tabel 8 SNI 1726:2019),
- Faktor keutamaan seismik ( $I_e$ ) = 1,5 (Tabel 2 SNI 1726:2019),
- Faktor redudansi pada gedung KDS D adalah  $\rho = 1$  (Pasal 7,3,4,2 1726:2019),
- Simpangan lantai izin berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7,12,1 untuk sebuah gedung dengan kategori risiko IV adalah  $= (0,010) \times h$ , Dimana  $h$  adalah tinggi tingkat,

Berdasarkan hasil analisis SAP 2000, nilai simpangan arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17 berikut ini

Tabel 4.16 Pengecekan *Story Drift* Arah X

Lantai	$h$ (mm)	Perpindahan x (mm)	Perpindahan Elastik x (mm)	Story Drift x (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
10	3500	29,58	1,87	6,85	35,00	stabil
9	3500	27,71	2,26	8,29	35,00	stabil
8	3500	25,45	2,71	9,94	35,00	stabil
7	3500	22,74	3,11	11,40	35,00	stabil
6	3500	19,63	3,46	12,68	35,00	stabil
5	3500	16,17	3,68	13,50	35,00	stabil
4	3500	12,49	3,80	13,93	35,00	stabil
3	3500	8,69	3,72	13,63	35,00	stabil
2	3500	4,97	3,19	11,69	35,00	stabil
1	4000	1,79	1,79	6,55	40,00	stabil

Diagram hasil analisis simpangan antar tingkat arah X dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini.

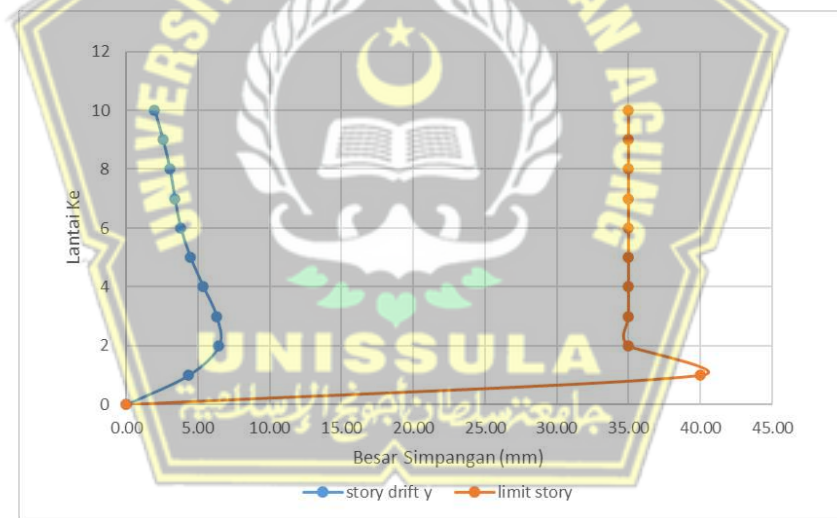


Gambar 4.8 Diagram *Story Drift* Arah X

Tabel 4.17 Pengecekan *Story Drift* Arah Y

Lantai	h (mm)	Perpindahan y (mm)	Perpindahan Elastik y (mm)	Story Drift y (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
10	3500	0,54	0,54	1,96	35,00	stabil
9	3500	0,69	0,69	2,54	35,00	stabil
8	3500	0,83	0,83	3,03	35,00	stabil
7	3500	0,92	0,92	3,37	35,00	stabil
6	3500	1,03	1,03	3,79	35,00	stabil
5	3500	1,22	1,22	4,46	35,00	stabil
4	3500	1,46	1,46	5,36	35,00	stabil
3	3500	1,71	1,71	6,28	35,00	stabil
2	3500	1,76	1,76	6,45	35,00	stabil
1	4000	1,18	1,18	4,34	40,00	stabil
Lantai Dasar	0	0,00	0,00	0,00	0,00	stabil

Diagram hasil analisis simpangan antar tingkat arah Y dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.9 Diagram *Story Drift* Arah Y

#### 4.6.2.4 Pengecekan P-Delta

Pengecekan P-Delta ditentukan berdasarkan pada nilai dari koefisien stabilitas ( $\theta$ ), apabila nilai  $\theta$  lebih kecil daripada nilai  $\theta$  maksimum, maka pengaruh P-Delta diabaikan, Nilai  $\theta$  maksimum dapat dihitung dengan rumus:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{C_d \times \beta} = \frac{0,5}{5,5 \times 1} = 0,0909$$

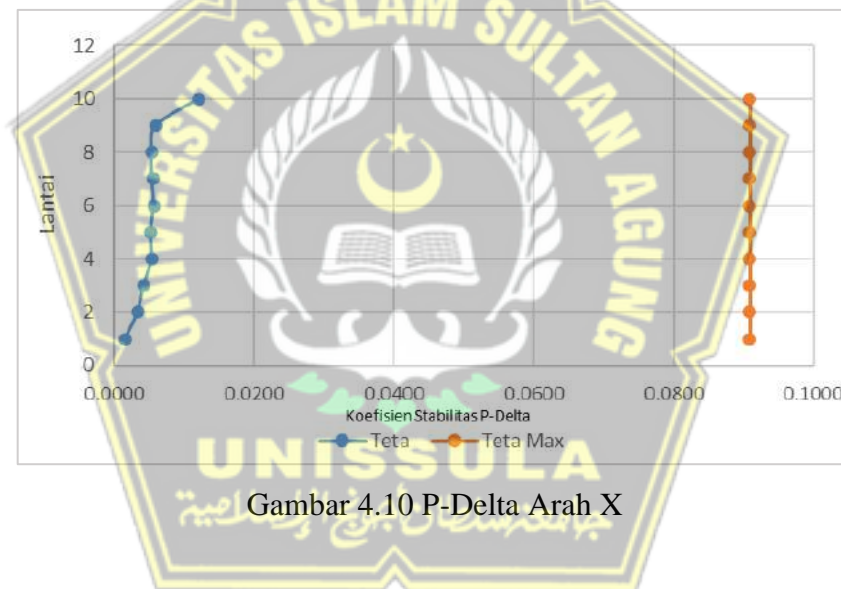
Hasil dari pengecekan P-Delta dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut ini,



Tabel 4.18 P-Delta Arah X

Lantai	$h$ (mm)	DELTA (mm)	$p$ (kN)	$\theta$	$\theta$ max	cek
10	3500	19,51	31416,91	0,01	0,09	stabil
9	3500	24,11	19700,33	0,01	0,09	stabil
8	3500	29,40	18682,44	0,01	0,09	stabil
7	3500	34,49	19180,43	0,01	0,09	stabil
6	3500	38,73	20526,78	0,01	0,09	stabil
5	3500	41,87	19739,21	0,01	0,09	stabil
4	3500	42,79	20067,98	0,01	0,09	stabil
3	3500	40,74	19784,57	0,00	0,09	stabil
2	3500	33,43	19824,57	0,00	0,09	stabil
1	4000	18,07	19936,95	0,00	0,09	Stabil

Dari hasil pengecekan P-Delta arah X menghasilkan diagram stabilitas P-delta arah X ditunjukkan pada Gambar 4.10 dibawah ini,



Gambar 4.10 P-Delta Arah X

Tabel 4.19 P-Delta Arah Y

Lantai	$h$ (mm)	DELTA (mm)	$p$ (kN)	$\theta$	$\theta$ max	cek
10	3500	31,20	31416,91	0,01	0,09	stabil
9	3500	37,24	19700,33	0,01	0,09	stabil
8	3500	44,75	18682,44	0,01	0,09	stabil
7	3500	52,16	19180,43	0,01	0,09	stabil
6	3500	58,60	20526,78	0,01	0,09	stabil
5	3500	63,15	19739,21	0,01	0,09	stabil
4	3500	64,51	20067,98	0,01	0,09	stabil
3	3500	61,00	19784,57	0,01	0,09	stabil
2	3500	49,88	19824,57	0,00	0,09	stabil
1	4000	26,97	19936,95	0,00	0,09	stabil

Dari hasil pengecekan P-Delta arah Y menghasilkan diagram stabilitas P-delta arah Y ditunjukkan pada Gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.11 P-Delta Arah Y

#### 4.7 Perancangan Elemen Struktur

Dalam perancangan konstruksi bangunan baja 10 lantai ini, menggunakan profil baja dengan mutu baja BJ 37 untuk profil baja balok dan BJ 50 untuk profil baja kolom.

$$\text{BJ 37} \rightarrow F_y = 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$F_u = 370 \text{ MPa} = 3700 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{BJ 50} \rightarrow F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/m}^2$$

$$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.7.1 Perancangan Plat Lantai

Plat lantai yang diperhitungkan sebagai contoh memiliki spesifikasi mutu beton menggunakan  $F_c'30$  MPa, tegangan leleh baja tulangan  $F_y=280$  MPa kemudian tebal plat 125 mm dan dimensi 4000 x 3000 mm. Lalu pembebanan yang direncanakan dalam perancangan plat lantai ini adalah sebesar  $4,2 \text{ kN/m}^2$  untuk beban mati dan  $4,79 \text{ kN/m}^2$  untuk beban hidup.

Berdasarkan spesifikasi diatas, dengan cara mengalikan beban mati dengan koefisien sebesar 1,2 lalu dijumlahkan dengan 1,6 dikali beban hidup maka didapatkan nilai beban rencana terfaktor ( $Q_u$ ) sebesar  $12,7 \text{ kN/m}^2$ . Lalu untuk mengetahui nilai momen akibat beban terfaktor dapat dihitung dengan cara mengalikan nilai tulangan arah x dengan koefisien 0,001 lalu dikali beban rencana terfaktor kemudian dikali dengan Panjang bentangan arah  $x^2$ , maka diperoleh nilai momen sebesar  $7,89 \text{ kN/m}^2$ . Selanjutnya dari hasil nilai momen yang didapat, maka dirancangan tulangan dengan diameter 10 pada plat lantai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada uraian dibawah ini.

##### a. Penulangan Plat

Diketahui faktor bentuk distribusi tegangan beton ( $\beta_1$ ) = 1, dengan tinjauan plat lantai selebar 1m maka rasio tulangan dalam kondisi balance didapat sebesar  $\rho_b = 0,0621$ . Untuk tebal plat dikatakan aman apabila nilai  $R_n < R_{max}$ . Nilai tersebut diperoleh dari perhitungan secara matematis seperti berikut.

$$\begin{aligned} R_{max} &= 0,75 \times \rho_b \times F_y \left( \frac{1 - 0,5 \times 0,75 \times \rho_b \times F_y}{0,85 \times F_c'} \right) \\ &= 0,75 \times 0,0621 \times 280 \left( \frac{1 - 0,5 \times 0,75 \times 0,0621 \times 280}{0,85 \times 30} \right) = 9,7057 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_n}{\phi} = \frac{7,89}{0,80} = 9,861 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \times 10^6}{b \times d^2} = \frac{9,861 \times 10^6}{1000 \times 100^2} = 0,9861$$

Karena nilai  $R_n < R_{max}$  maka tebal plat sudah pas dan tidak perlu ditambah ketebalannya.

Kemudian untuk mengetahui jarak tulangan ( $s$ ) yang dipakai bisa didapatkan dari perhitungan berikut ini.

$$\rho = 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left[ 1 - \sqrt{1 - 2 \times \frac{R_n}{0,85 \times f_c'}} \right]$$

$$= 0,85 \times \frac{30}{280} \times \left[ 1 - \sqrt{\left[ 1 - 2 \times \frac{0,9861}{0,85 \times 30} \right]} \right] = 0,0036$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0036 \times 1000 \times 100 = 359 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 10^2 \times \frac{1000}{359} = 219 \text{ mm (jarak tulangan yang diperlukan)}$$

$$s_{\max} = 2 \times h = 2 \times 125 = 250 \text{ mm (jarak tulangan maksimum)}$$

$$s_{\max} = 200 \text{ mm (jarak tulangan maksimum)}$$

Berdasarkan ketiga nilai ( $s$ ) diambil nilai yang paling minimum yaitu 200mm. Maka tulangan yang digunakan dalam perancangan plat lantai ini adalah tulangan diameter 10 dengan jarak 200. Luas tulangan yang terpakai bisa dihitung menggunakan rumus berikut.

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 \times \frac{b}{s} = \frac{3,14}{4} \times 10^2 \times \frac{1000}{200} = 393 \text{ mm}^2$$

#### b. Kontrol Lendutan Plat

Diketahui nilai beban merata  $Q$  sebesar 8,990 kN/mm<sup>2</sup>, modulus elastisitas beton sebesar 25743 Mpa dan Inersia efektif lendutan ( $I_e$ ) sebesar 157737276 mm<sup>4</sup>. Maka lendutan elastis akibat beban mati dan beban hidup adalah sebagai berikut.

$$\delta_e = \frac{5/384 \times Q \times L_x^4}{E_c \times I_e} = \frac{5/384 \times 8,990 \times 3000^4}{25743 \times 157737276} = 2,335 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{\zeta}{1 + 50 \times \rho} = \frac{2}{1 + 50 \times 0,0039} = 1,6718$$

$$\delta_g = \frac{\lambda \times 5/384 \times Q \times L_x^4}{E_c \times I_e} = \frac{1,6718 \times 5/384 \times 8,990 \times 3000^4}{25743 \times 157737276} = 3,904 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat dinyatakan aman apabila nilai  $\delta_{\text{tot}}$  lebih kecil daripada nilai  $L_x/240$ . Nilai  $\delta_{\text{tot}} = 6,239$  mm sedangkan nilai  $L_x/240 = 12,5$  mm. Maka dengan demikian perancangan plat lantai ini aman.

### 4.7.2 Perancangan Balok

#### Profil Baja Balok HWF 440 x 300

Data Properties sebagai berikut :

$$E = 200000$$

$$A = 18744$$

$$\begin{aligned}
I_x &= 1730050725 \\
I_y &= 81044810,33 \\
S_x &= 7863866,933 \\
S_y &= 540298,7356 \\
r_x &= 303,8073529 \\
r_y &= 65,75540656 \\
J &= 1353627,333 \\
C_w &= 3608196000850 \\
Z_x &= 2727644 \\
I_x + I_y &= 1811095536
\end{aligned}$$

a. Klasifikasi Penampang

$$\begin{aligned}
\text{Lebar efektif} \rightarrow b &= \frac{(B-t_1)}{2} \\
&= \frac{(300-11)}{2} \\
&= 144,5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Klasifikasi penampang} &= \frac{b}{t_2} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{144,5}{18} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\
&= 8,027 \leq 10,9696 \dots\dots\dots \textbf{(Kompak)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi efektif} \rightarrow h &= (H - (2 \times t_2)) \\
&= (440 - (2 \times 18)) \\
&= 404 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Klasifikasi penampang} &= \frac{h}{t_1} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{404}{11} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\
&= 36,72 \leq 108,54 \dots\dots\dots \textbf{(Kompak)}
\end{aligned}$$

Profil Balok Baja HWF 440 x 300 dengan Persamaan 2.22 didapatkan Klasifikasi Lebar Penampang 8,0278. Klasifikasi Lebar Penampang pada Balok Baja HWF 440 x 300 kompak karena lebih kecil dari batas ijin yaitu 10,9696. Profil Balok Baja HWF 440 x 300 dengan Persamaan 2.23 didapatkan Klasifikasi Tinggi Penampang sebesar 36,72. Klasifikasi Tinggi Penampang pada Balok Baja HWF 440 x 300 kompak kerana lebih kecil dari batas ijin yaitu 108,54.

b. Kuat Lentur Nominal



Kuat Lentur Nominal ditentukan berdasarkan Bab F2 SNI 1729 : 2020

1. Batas Leleh

$$\begin{aligned}M_n &= M_p = F_y Z_x \\ &= 240 \times 2727644 \\ &= 654634560 \text{ N.mm} \\ &= 654,63 \text{ kNm}\end{aligned}$$

2. Tekuk Torsi Lateral

$$\begin{aligned}r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{81044810}{18744}} \\ &= 65,75\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 65,75 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 3340,823348 \text{ mm} \\ &= 3,34 \text{ m}\end{aligned}$$

Untuk profil I simetri ganda, nilai  $c = 1$  (F2-8a)

$$\begin{aligned}C_w &= \frac{I_y h_o^2}{4} \\ &= 3608195986010\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}r_{ts2} &= (I_y \cdot C_w)^{0,5} / S_x \\ &= (81044810 \times 3608195986010)^{0,5} / 7863866,933 \\ &= 2174,56\end{aligned}$$

$$r_{ts} = 46,63$$

Perhitungan Lr

$$\begin{aligned}1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{(0,7 F_y)} &= 1,95 \times 46,63 \left( \frac{200000}{0,7 \times 240} \right) \\ &= 108253,284\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{J_c}{S_x h_o} &= \frac{1183983,333}{2461648,752 \times 422} \\ &= 0,00019\end{aligned}$$

$$6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2 = 6,76 \left( \frac{0,7 \times 240}{200000} \right)^2$$

$$= 4,77 \times 10^{-6}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

$$= 5294 \text{ mm}$$

$$= 5,29 \text{ m}$$

$$L_b = 2 \text{ m}$$

Diketahui  $M_u$  dari analisis Program SAP 2000 V21 adalah 392,709.

$$\text{Rasio} = \frac{M_u}{\phi_b \times M_n}$$

$$= \frac{392,709}{0,9 \times 654,63}$$

$$= 0,66$$

$$= \text{Rasio} \leq 1 \text{ (Aman)}$$

Berikut adalah hasil output dari SAP 2000 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL13)							
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu	
4.	18.839	-392.709	0.014	194.123	-0.005	0.011	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2, H1-1b)							
D/C Ratio:	0.669 = 0.003 + 0.667 + 0.						
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)						

Gambar 4.12 Hasil Output Rasio SAP 2000

Karena Rasio pada Kolom profil Baja Kolom berdasarkan hitungan manual dan hasil keluaran SAP2000 adalah 0,66 lebih kecil dari angka keamanan yang ditetapkan yaitu 1 maka profil baja HWF aman digunakan.

#### 4.7.2 Perancangan Kolom

##### Profil Baja Kolom HWF 800 x 350

Data Properties sebagai berikut :

$$E = 200000$$

$$A = 32254$$

$$I_x = 14821126703$$

$$I_y = 271790157,3$$

$$S_x = 37052816,76$$

$$S_y = 1553086,613$$

$$r_x = 677,873754$$

$$r_y = 91,79627783$$

$$J = 13843850,67$$

$$C_w = 39453331028664$$

$$Z_x = 12254536$$

$$I_x + I_y = 15092916860$$

a. Klasifikasi Penampang

$$\begin{aligned} \text{Sayap} \rightarrow &= \frac{\frac{1}{2} x b f}{t_f} \\ &= \frac{\frac{1}{2} x 350}{32} \\ &= 4,605 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Klasifikasi penampang} &= 4,605 \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow 5,92 \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{290}} \\ &= 4,605 \leq 14,7 \dots \dots \dots \text{(Kompak)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Badan} \rightarrow &= h / t_w \\ &= \frac{(900 - 64)}{16} \\ &= 45,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Klasifikasi penampang} &= 45,5 \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{404}{11} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{290}} \\ &= 45,5 \leq 98,74 \dots \dots \dots \text{(Kompak)} \end{aligned}$$

Profil baja balok HWF 800 x 350 dengan persamaan 2.22 didapatkan Klasifikasi Penampang Sayap sebesar 4,605. Sayap pada Kolom Baja HWF 900 x 350 kompak karena lebih kecil dari batas ijin yaitu 45,5. Profil Kolom Baja HWF 800 x 350 dengan persamaan 2.23 didapatkan Klasifikasi Penampang Badan sebesar 45,5. Tinggi efektif pada Kolom Baja HWF 800 x 350 kompak karena lebih kecil dari batas ijin yaitu 98,74.

Klasifikasi Profil H adalah Penampang kompak maka kuat tekan rencana harus ditinjau berdasarkan tekuk lentur dan tekuk puntir.

b. Tegangan Kritis tekuk lentur

$$\frac{KL}{r_{min}} = \frac{4000}{91,796} = 43,574 \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 65,917 \leq 4,71 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 43,574 \leq 123,69,$$

maka terjadi tekuk inelastik sehingga:

$$F_e = 330,74 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) \cdot f_y \\ &= \left(0,658 \frac{290}{330,74}\right) \cdot f_y \\ &= 0,577 f_y \end{aligned}$$

c. Kuat tekan Nominal Kolom Profil H

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \times f_y \times A : 1000 = 0,577 \times 290 \times 32254 : 1000 \\ &= 5396,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_c = \phi P_n = 0,9 \times 5396,54 = 4856,89 \text{ Kn}$$

d. Kuat Lentur Kondisi Plastis

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y = 3553815440 \text{ Nmm} \\ &= 3553,81 \text{ Kn} \end{aligned}$$

d. Parameter LTB berdasarkan ketentuan bab F2

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 91,796 \sqrt{\frac{200000}{290}} \\ &= 4242,8 \text{ mm} \rightarrow 4,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$C = 1$$

$$C_w = 39453331028664$$

$$\begin{aligned} r_{ts}^2 &= \sqrt{\frac{I_y \cdot C_w}{S_x}} \\ &= 2794,71 \end{aligned}$$

$$r_{ts} = 52,86$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \\ &= 5659 \text{ mm} \\ &= 5,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_b = 2 \text{ m}$$

e. Faktor  $C_b$  diperoleh dari program SAP 2000

$$C_b = 1,692$$

f. Untuk  $L_b < L_p$ , maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= 3553,81 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Karena  $M_n = M_p$  maka Tidak terjadi LTB

Kuat Lentur Balok ditentukan oleh Kondisi Leleh :

$$M_c = \phi M_n = 0,9 \times 3553,81 = 3198,43 \text{ kNm}$$

Menghitung Persamaan Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur, dengan nilai  $P_r$  didapat dari perhitungan program SAP 2000

$$P_r = 1244,97$$

$$P_c \geq P_r$$

$$4856,89 \geq 1244,97$$

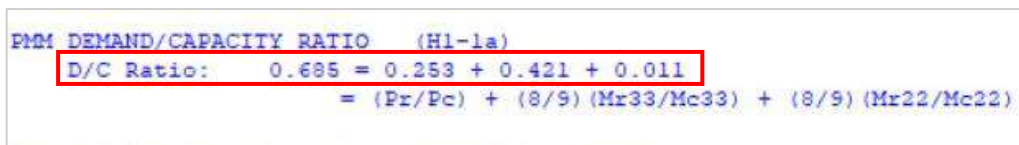
Dari perbandingan di atas kekuatan tersedia lebih besar dari kekuatan perlu, maka persyaratan kekuatan terpenuhi sehingga profil HWF 800 x 350 aman terhadap beban yang bekerja.

$$D/C \text{ Rasio} = \frac{P_r}{P_c} = \frac{1244,97}{4856,89} = 0,252 \geq 0,2$$

Jika  $\frac{P_r}{P_c} > 0,2$  maka:

$$\begin{aligned} D/C \text{ Rasio} &= \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \\ &= 0,252 + 0,421 + 0,011 \leq 1 \\ &= 0,684 \leq 1 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil output dari SAP 2000 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



```

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0.685 = 0.253 + 0.421 + 0.011
            = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)
  
```

Gambar 4.13 Hasil Output rasio SAP 2000

Karena Rasio pada Kolom profil Baja Kolom adalah 0,684 lebih kecil dari angka keamanan yang ditetapkan yaitu 1 maka profil baja HWF aman digunakan.



Berdasarkan hasil analisis, rangkuman mengenai nilai rasio yang didapatkan dari profil struktur yang ditunjukkan pada Tabel 4.20 berikut ini.

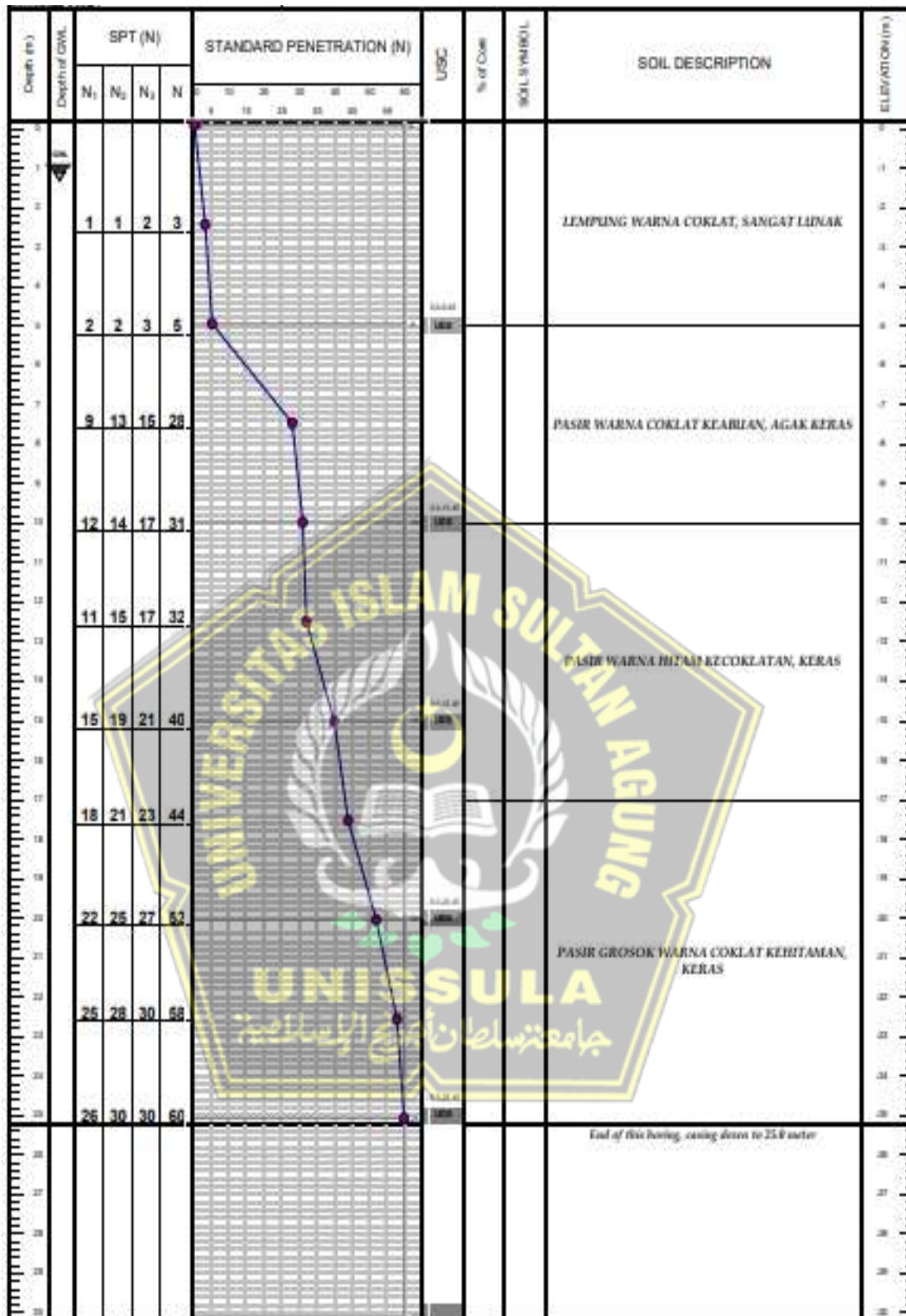
Tabel 4.20 Rekapitulasi Nilai Rasio Penampang

Kode Elemen	Jenis	Profil Baja	Frame ID	Rasio
B1	Balok	H-WF 450 X 200	1240	0.483
B2	Balok	H-WF 440 X 300	1250	0.669
K1	Kolom	H-WF 900 X 350	1056	0.334
K2	Kolom	H-WF 800 X 350	730	0.685

#### 4.8 Perhitungan Pondasi

Perhitungan pondasi pada Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja ini dapat di hitung Kapasitas Dukung Dari Data SPT. Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang dengan Metode Meyerhoff diambil data dari sampel tanah di lokasi perencanaan pondasi. Adapun grafik dari nilai N-SPT dapat dilihat pada Gambar 4.14 dibawah ini.





Gambar 4.14 Grafik N-SPT

Perancangan Pondasi Tiang Pancang Struktur Bangunan Gedung 10 Lantai ini menggunakan Tiang Pancang dengan diameter 0,4 m. Perhitungan perancangan sebagai berikut :

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,4^2 \\ &= 0,1256 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8D &= 8 \times 0,4 \\ &= 3,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4D &= 4 \times 0,4 \\ &= 1,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang Tiang ( $L$ ) = 20 m

$$\begin{aligned} N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} (Nb) &= \frac{(3,2 \times 44) + (1,6 \times 58)}{4,8} \\ &= 48,667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \cdot N\text{-SPT}_{\text{rata}} \cdot (Lb/d) \cdot A_p \\ &= 40 \times 48,667 \times (20/0,4) \times 0,1256 \\ &= 12225,066 \text{ kN} \\ &= 1222,506 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Tahanan Selimut Tiang ( $Q_s$ )

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times L \\ &= 3,14 \times 0,4 \times 20 \\ &= 25,12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{A_s \times Nb}{50} \\ &= \frac{25,12 \times 48,667}{50} \\ &= 24,45 \text{ kN} \\ &= 2,445 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Daya Dukung *Ultimate* dan *Allowable* (Ijin)

$$\begin{aligned} \text{Berat Tiang } (W) &= A_p \times L \times \text{mutu beton} \\ &= 0,1256 \times 20 \times 350 \\ &= 879,2 \text{ kN} = 87,92 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s - W \\
 &= 1222,506 + 24,45 - 87,92 \\
 &= 1137,031 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.21 Nilai SF

Classification of Structure	Acceptable Probability of Failure	Design Factor of Safety			
		Good Control	Normal Control	Poor Control	Very Poor Control
Monumental	$10^{-5}$	2,3	3,0	3,5	4,0
Permanent	$10^{-4}$	2,0	2,5	2,8	3,5
Temporary	$10^{-3}$	1,4	2,0	2,3	2,8

Diambil nilai SF = 3 (*normal control*)

Maka :

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= Q_u / SF \\
 &= 1137,031 / 3 \\
 &= 379,01 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

d. Kelompok Tiang

Kebutuhan Jumlah Tiang ( $N_p$ )

Diketahui Beban Aksial pada Program SAP 2000 sebesar 4813,761 kN atau 481,376 ton, maka  $V = 481,376$  ton.

$$\begin{aligned}
 N_p &= \frac{V}{Q_{all}} \\
 &= \frac{481,376}{379,01} = 1,270085 \approx 2 \text{ Tiang}
 \end{aligned}$$

e. Syarat Jarak Antar Tiang

$$2,5 D \leq S \leq 3D$$

Digunakan  $S = 3 D$

$$S = 3 \cdot D$$

$$= 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ m}$$

f. Efisiensi Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n'}{m \cdot n'} \right] \\ &= \arctan \frac{D}{S} \\ &= \arctan \frac{40}{0,9} = 88,71 \end{aligned}$$

Jumlah baris  $m = 2$

Jumlah tiang dalam 1 baris  $n = 1$

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \frac{88,71^\circ}{90^\circ} \left[ \frac{(1-1)2 + (2-1)1'}{2 \cdot 1'} \right] \\ &= 1 - 0,49 \\ &= 0,51 = 51\% \end{aligned}$$

g. Cek Daya Dukung Kelompok Tiang (*Trial & Error*)

$$Q_{tk} = E_g \times Np \times Q_{all}$$

$$Q_{tk} = 0,51 \times 2 \times 379,01 = 386,59 < V, \text{ dengan } V = 481,376 \text{ (Tidak Aman)}$$

Karena penggunaan tiang pancang sebanyak 2 buah tidak aman maka direncanakan kembali dengan menggunakan 3 buah tiang, sehingga didapat :

$$Q_{tk} = 0,51 \times 3 \times 379,01 = 579,886 > V, \text{ dengan } V = 481,376 \text{ ton (Aman)}$$

Karena nilai  $Q_{tk} > V$ . Maka penggunaan 3 buah tiang pancang adalah aman.

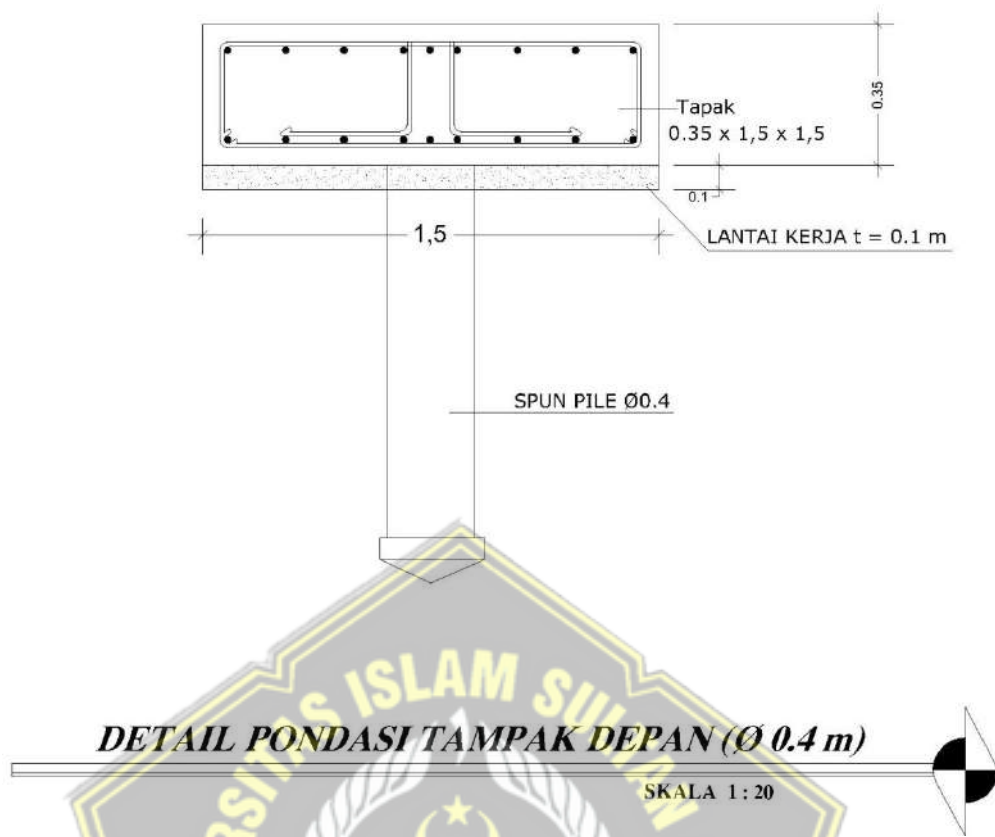
h. Beban yang Ditanggung Tiap Pile

$$\frac{V}{Np} = \frac{481,376}{3} = 160,458 < Q_{all} \rightarrow 160,458 < 379,01 \text{ ton}$$

Setiap pile menerima beban sebesar 160,458 ton dan termasuk dalam kategori aman karena tidak melebihi dari daya dukung yang diijinkan.

Gambar penampang dari pondasi tiang pancang diameter 40 cm dapat dilihat pada Gambar 4.14, 4.15 dan 4.16 dibawah ini.

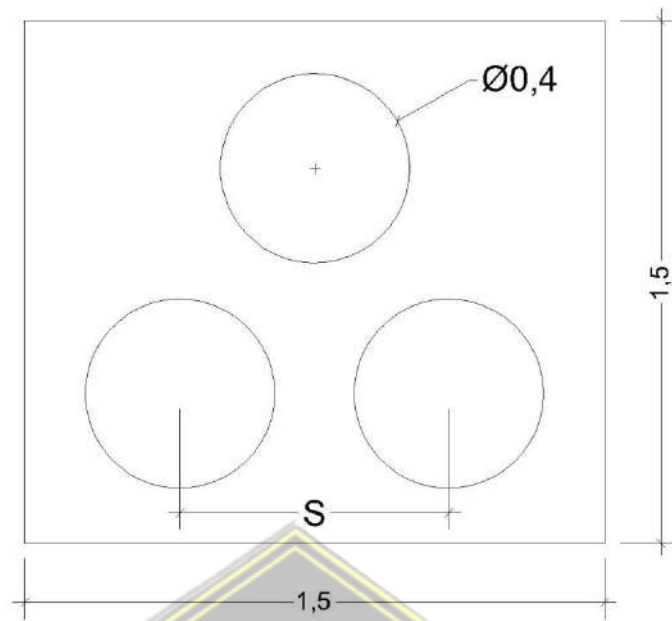




Gambar 4.15 Detail Pondasi Tampak Depan



Gambar 4.16 Detail Pondasi Tampak Belakang



**DETAIL PILE CAP PONDASI (Ø 0.4 m)**

SKALA 1 : 20

Gambar 4.17 Detail *Pile Cap* Pondasi



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja” adalah sebagai berikut:

1. Kategori desain seismik bangunan Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai pada perancangan di Kota Kudus berdasarkan SNI 1726:2019 adalah kategori D.
2. Profil baja yang digunakan pada perancangan bangunan Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai adalah profil baja dengan jenis H-WF, menggunakan mutu baja BJ37 dan BJ50 .Ukuran dimensi yang dipakai pada balok sebesar 450 x 200 mm dan 440 x 300 mm. sedangkan dimensi kolom yang dipakai sebesar 900 x 350 mm dan 800 x 350 mm.
3. Jenis pondasi yang diterapkan dalam perancangan struktur bawah bangunan ini adalah Tiang Pancang berdiameter 0,4 m dan kedalaman 20 m.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan perjalanan alur dalam penyusunan tugas akhir ini, ada beberapa faktor yang dapat dijadikan saran agar bisa dikembangkan dalam penyusunan laporan tugas akhir mengenai perancangan struktur tahan gempa, saran tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sebelum memulai perencanaan suatu struktur bangunan gedung, langkah awal yang harus diambil adalah memilih jenis struktur yang akan digunakan. Dalam konteks perencanaan struktur tahan gempa, pemilihan sistem struktur memiliki dampak signifikan pada hasil perencanaan secara keseluruhan. Oleh karena itu, hasil analisis dan desain struktur menjadi krusial. Hal ini bertujuan agar perhitungan struktur menghasilkan perencanaan yang memenuhi standar kekuatan, kenyamanan, dan estetika.
2. Pakai program perancangan gedung dengan versi terbaru agar ketentuan yang dipakai pada program selaras dengan regulasi yang diterapkan di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- A,B, Siswanto, and M, Afif Salim, n,d,-a, *KRITERIA DASAR PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN TAHAN GEMPA*,
- Batu Lumban. (2016). Efisiensi Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan Yang Tidak Beraturan, *Jurnal Sipil Statik*: Vol.4. No. 01.
- Hooda, Prince, Abhishek Sharma, and M, Tech Scholar. (2020). “SEISMIC DESIGN AND EARTHQUAKE RESISTANT BUILDINGS: A REVIEW,” *International Journal of Scientific Development and Research* 5.
- Ilmiah, Jurnal, and Semesta Teknika. (2016). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berlantai 4: Studi Kasus Gedung Baru Kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta (The Planning of Four-Story Anti-Earthquake Reinforced Concrete Structure: Case Study of The New Buiding in Campus One of Universitas Teknologi Yogyakarta)*, Vol, 19.
- Primadana dan Anwar. (2021). “Studi perencanaan Struktur Atas Bangunan Tahan Gempa Menggunakan Kolom dan Dinding Geser dengan Sistem SRPMK” [Tugas Akhir S1, UNISSULA].
- Priyo Dhony. (2022). Analisis Struktur Bangunan Hotel Sato Kudus di Kota Kudus, *Jurnal of Civil Engineering and Technology Science*: Vol,01, No, 01, Page 7-16.
- Putra dan Kasyidi. (2020). Perencanaan struktur jembatan sengoro “*Baltimore Truss Vertical*” menggunakan profil siku ganda [Tugas Akhir S1, UNISSULA].
- Sharma, S, P., and J, P, Bhandari. (2015). *Literature Review on the Seismic Performance of Multi-Storey Building with Different Locations of Shear Wall and Diagrid*, Vol, 6.
- SNI 1726:2019. “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”. Jakarta:Badan Standar Nasional.

BSN 1727:2020. “Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain”. Jakarta:Badan Standar Nasional.

SNI 1729:2020. “Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural”. Jakarta:Badan Standar Nasional.

Sodik, Ahmad Sobah Nurul, and Relly Andayani. "Pengaruh Penerapan SNI 1726: 2019 terhadap Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang di Indonesia." *Jurnal Rekayasa Sipil* 17.1 (2021): 1-12.

