

## **TUGAS AKHIR**

### ***RE-DESIGN* STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan  
Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun oleh :**

**Arya Dhani Prananta**

**NIM : 3.02.017.00030**

**Mohammad Kharis Aminuddin**

**NIM : 3.02.017.00108**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2023**

**RE-DESIGN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN  
BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP  
BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO**



**Arya Dhani Prananta**

NIM. 3.02.017.00030



**Mohammad Kharis Aminuddin**

NIM. 3.02.017.00108

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Januari 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof. Dr. Ir. Antonius, MT**

NIDN: 0605046703

2. **Dr. Ir Rinda Karlinasari, MT**

NIDN: 0623026901

3. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT, PhD**

NIDN: 0607046802

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**

NIDN: 0625059102

**RE-DESIGN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN  
BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP  
BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO**

Yang diajukan oleh :

**Arya Dhani Prananta**

**NIM : 3.02.017.00030**

**Mohammad Kharis Aminuddin**

**NIM : 3.02.0170.00108**

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama



**Prof. Dr. Ir. Antonius, MT**

**NIDN: 0605046703**

Tanggal : Januari 2023

Pembimbing Pendamping



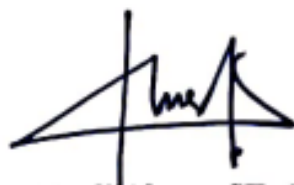
**Dr. Ir Rinda Karlinasari, MT**

**NIDN: 0623026901**

Tanggal : Januari 2023

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**

**NIDN: 0625059102**

## BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No : 37 / A.2 / SA – TA / 1 / 2023

Pada hari ini tanggal berdasarkan surat keputusan Dekan Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing dan asisten dosen pembimbing :

1. Nama : Prof. Dr. Ir. Antonius, MT  
Jabatan Akademik : Guru Besar  
Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Dr. Ir Rinda Karlinasari, MT  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi :

NAMA : Arya Dhani Prananta NAMA : Mohammad Kharis Aminuddin  
NIM : 30201700030 NIM : 30201700108

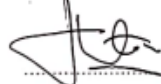
Judul **RE-DESIGN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO**

Dengan tahap sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	06/10/2021	ACC
2	Seminar Proposal	23/01/2022	ACC
3	Pengumpulan data	01/11/2021	ACC
4	Analisis data	01/01/2022	ACC
5	Penyusunan laporan	01/11/2022	ACC
6	Selesai laporan	29/01/2023	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Antonius, MT

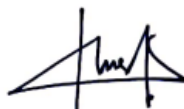
Dosen Pembimbing Pendamping



Dr. Ir Rinda Karlinasari, MT

Mengetahui, Ketua

Program Studi Teknik Sipil



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Arya Dhani Prananta

NIM : 30201700030

NAMA : Mohammad Kharis Aminuddin

NIM : 30201700108

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“RE-DESIGN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO”** Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Dengan surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya

Semarang, Januari 2023

Yang membuat pernyataan, Yang membuat pernyataan,



Arya Dhani Prananta

Mohamad Kharis Aminuddin

NIM. 3.02.017.00030

NIM. 3.02.017.00108

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan di bawah ini :

Nama : Arya Dhani Prananta

NIM : 30201700030

Nama : Mohammad Kharis Aminuddin.

NIM : 30201700108

Judul : *RE-DESIGN* STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN  
BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP  
BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO

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 ketidak benaran 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, Januari 2023

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,

Arya Dhani Prananta

Mohammad Kharis Aminuddin

NIM. 3.02.017.00030

NIM. 3.02.017.00108

## MOTTO

“Wahai anak-anakku! Pergilah kamu, carilah (berita) tentang Yusuf dan saudaranya dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya yang berputus asa dari rahmat Allah, hanyalah orang-orang yang kafir.”

(QS. Yusuf: 87)

“Bersemangatlah atas hal-hal yang bermanfaat bagimu. Minta tolonglah pada Allah, jangan engkau lemah.”

- HR. Muslim

“Dan Kami perintahkan kepada manusia (berbuat baik) kepada dua orang ibu-bapaknya; ibunya telah mengandungnya dalam keadaan lemah yang bertambah-tambah, dan menyapihnya dalam dua tahun. Bersyukurlah kepada-Ku dan kepada dua orang ibu bapakmu, hanya kepada-Kulah kembalimu. ”

(QS: Al-Luqman ayat 14)

"Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik Pelindung."

(Q.S Ali - Imran: 173)

## MOTTO

“Berlomba lombalah dalam kebaikan”

(Q.S. Al Baqarah:148)

“Dan Tuhanmu berfirman: "Berdoalah kepada-Ku, niscaya akan Kuperkenankan bagimu. Sesungguhnya orang-orang yang menyombongkan diri dari menyembah-Ku akan masuk neraka Jahannam dalam keadaan hina dina,"

(QS Al-Mukmin: 60).

“Berlomba lombalah dalam kebaikan”

(Q.S. Al Baqarah:148)

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

(Q.S Ali – Imran: 110)

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya”

-Ali Bin Abi Thalib



## PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua tercinta bapak Sutik dan ibu Tri Maryatun atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran dan doa.
2. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT., dan Ibu Dr. Ir Rinda Karlinasari, MT, yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
4. Bapak Hari Suprpto ST MT sebagai orang yang mengajarkan dan membimbing dalam permodelan struktur dengan aplikasi SAP 15.
5. Mohammad Kharis Aminuddin rekan tugas, teman sepermainan, dan saudara seiman.
6. Teman – Teman dekat yang selalu membantu dan memberi semangat selama mengerjakan.
7. Teman – teman teknik sipil A 2017 yang selalu mendukung dan memberi semangat.
8. Teman teknik sipil seperjuangan 2017 yang telah memberikan dukungan dan semangat.
9. Teman – teman Fakultas Teknik Jurusan Teknik sipil dan seluruh Mahasiswa Teknik UNISSULA.

Arya Dhani Prananta

NIM : 30201700030

## PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Sucipto dan Ibu Ismu Yulita Purnamawati yang senantiasa selalu memberikan do'a, kasih sayang, dorongan motivasi, semangat dan dukungan secara moral maupun secara materiil.
2. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT., dan Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT, yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
4. Bapak Hari Suprpto ST MT sebagai orang yang mengajarkan dan membimbing dalam permodelan struktur dengan aplikasi SAP 15.
5. Saudara Arya Dhani Prananta rekan Tugas Akhir, teman sepermainan, dan saudara seiman.
6. Saudari Riyadlotul Ulya yang telah membantu dan menyemangati saya untuk mengerjakan tugas akhir sampai selesai dengan sabar.
7. Teman – teman terutama teman dekat saya yang selalu memberi semangat dan menasehati selama masa pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman – teman Teknik sipil B 2017 yang selalu memberi dukungan dan semangat.
9. Teman – teman Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil 2017 dan seluruh Mahasiswa Teknik Unissula yang telah memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir.

Mohammad Kharis Aminuddin

NIM : 30201700108

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah – Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “*RE-DESIGN* STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO” tersebut dapat terselesaikan dengan baik. Penyelesaian laporan ini dimaksudkan untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga , dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Ruli Ahyar, ST.,M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
4. Ibu Dr. Ir Rinda Karlinasari, MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca secara umum dan khususnya mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Walaikumsalam Wr. Wb.

Semarang, Januari 2023

Penulis



# DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN .....	vi
MOTTO.....	viix
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI.....	xviii
ABSTRAK .....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN UMUM.....	5
2.1 Tinjauana Umum .....	5
2.2. Jenis Gedung Pertunjukan .....	6
2.2.1. Teater .....	6
2.2.2. <i>Opera</i> .....	8
2.2.3. Bioskop ( <i>Cinema</i> ) .....	9
2.3. Fungsi dan Tujuan Gedung Pertunjukan .....	9

2.4. Struktur Baja.....	11
2.4.1. Kelebihan dan Kekurangan Struktur Baja.....	12
2.4.2 Sifat – Sifat Mekanik Baja .....	14
2.5 Klasifikasi Penampang untuk Tekan Lokal .....	17
2.6 Kombinasi Dasar metode <i>Load Resistance Factor Design (LRFD)</i> .....	20
2.7 Batang Tarik.....	31
2.8 Batang Tekan .....	32
2.9 Kapasitas Geser .....	33
BAB III METODE PERANCANGAN.....	66
3.1 Pendahuluan.....	66
3.2 Tahap Perancangan .....	66
3.3 Penyajian Laporan dan Format Penggambaran.....	38
3.4 Diagram Alir Perancangan.....	38
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN .....	40
4.1. Pra-Pendimensi dan Permodelan Struktur .....	40
4.1.1. Pradimensi Komponen Struktur .....	40
4.1.2. Permodelan Struktur .....	42
4.2. Formulasi Pembebanan Struktur.....	43
4.3. Mutu Bahan Struktur.....	44
4.4. Perencanaan Gempa Rencana.....	44
4.4.1. Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa.....	45
4.4.2. Parameter Dasar $S_s$ dan $S_1$ .....	46
4.4.3. Kelas Lokasi (Klasifikasi Situs) .....	47
4.4.4. Menentukan Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral .....	48
4.4.5. Parameter Percepatan Spektral Desain .....	50
4.4.6. Respons Spektra Desain.....	50
4.4.7. Kategori Desain Seismik dan Penahan Gaya Gempa .....	52
4.4.8. Berat Seismik Efektif .....	55
4.5. Perhitungan Struktur Atas .....	55
4.5.1. Mutu Bahan Struktur.....	55
4.5.2. Kombinasi Pembebanan .....	55

4.5.3. Perancangan Atap .....	56
4.5.4. Perancangan Kuda – Kuda .....	64
4.6. Perancangan Pelat .....	71
4.6.1. Penentuan Tipe Pelat .....	71
4.6.2. Penentuan Nilai Momen .....	72
4.6.3. Desain Penulangan Pelat .....	73
4.7 Perancangan Balok .....	77
4.7.1. Analisa Balok BI-1 (400 mm x 700 mm) .....	77
4.7.2. Analisa Balok BI-2 (300 mm x 500 mm) .....	82
4.7.3. Analisa Balok BI-3 (300 mm x 600 mm) .....	88
4.8 Perancangan Kolom .....	93
4.8.1. Analisa Kolom (400 mm x 600 mm) .....	93
4.9 Perancangan Pondasi .....	95
4.9.1. Dataa Tanah dan Daya Dukunga Tanah .....	95
4.9.2. Perhitungan Tiang Pancang .....	96
4.9.3. Pemeriksaan Terhadap geser .....	99
4.9.4. Perhitungan Terhadap <i>Pile Cap</i> .....	100
4.9.5. Perancangan <i>Tie Beam</i> .....	103
4.9.6. Perhitungan Tulangan <i>Tie Beam</i> .....	103
BAB V PENUTUP .....	105
5.1. Kesimpulan .....	105
5.2. Sarana .....	106
DAFTAR PUSTAKA .....	xxiv
LAMPIRAN .....	xxviii

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Mengalami Aksial Tekan .....	18
<b>Tabel 2. 2.</b> Rasio Lebar terhadapTebal: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Mengalami Lentur .....	19
<b>Tabel 2. 3</b> Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa. ....	25
<b>Tabel 2. 4</b> Faktor Keutamaan Gempa.....	27
<b>Tabel 2. 5</b> Berikut ini adalah tabel Faktor Daktilitas struktur : .....	27
<b>Tabel 2. 6</b> Koefisien Situs $F_a$ .....	28
<b>Tabel 2. 7</b> Koefisien Situs $F_v$ .....	28
<b>Tabel 2. 8</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter .....	30
<b>Tabel 2. 9</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter .....	31
<b>Tabel 4. 1</b> Elemen Balok .....	40
<b>Tabel 4. 2</b> Elemen Kolom.....	41
<b>Tabel 4. 3</b> Tebal Minimum Pelat dan Balok.....	41
<b>Tabel 4. 4</b> Kategori Resiko Gempa.....	41
<b>Tabel 4. 5</b> Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$ .....	41
<b>Tabel 4. 6</b> Data N-SPT .....	47
<b>Tabel 4. 7</b> Klasifikasi Situs .....	48
<b>Tabel 4. 8</b> Koefisien Situs, $F_a$ .....	49
<b>Tabel 4. 9</b> Koefisien Situs, $F_v$ .....	49
<b>Tabel 4. 10</b> Nilai Respons Spektra Desain .....	51
<b>Tabel 4. 11</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{DS}$ .....	52
<b>Tabel 4. 12</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{D1}$ .....	53
<b>Tabel 4. 13</b> Sistem Pemikul Gaya Seismik.....	53
<b>Tabel 4. 14</b> Data Spektrum Respon Gempa Rencana .....	54
<b>Tabel 4. 15</b> Kombinasi Pembebanan.....	54
<b>Tabel 4. 16</b> Momen Pelat Yang Ditinjau.....	73
<b>Tabel 4. 17</b> Rekap Efisiensi Pile Cap .....	99
<b>Tabel 4. 18</b> Rekap Efisiensi Pile Cap .....	99



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Proscenium.....	6
<b>Gambar 2. 2</b>	Basic Proscenium .....	7
<b>Gambar 2. 3</b>	Open Stage/thrust .....	7
<b>Gambar 2. 4</b>	Arena Stage.....	8
<b>Gambar 2. 5</b>	Kurva Hubungan Tegangan vs Regangan .....	15
<b>Gambar 2. 6</b>	Kurva Hubungan Tegangan - Regangan yang Diperbesar .....	15
<b>Gambar 2. 7</b>	Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA) 2% .....	23
<b>Gambar 2. 8</b>	Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter Ss .....	23
<b>Gambar 2. 9</b>	Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter S1 .....	24
<b>Gambar 2. 10</b>	Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Periode Panjang .....	24
<b>Gambar 2. 11</b>	Spektrum Respons Desain. ....	30
<b>Gambar 2. 12</b>	Penampang batang tarik.....	31
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	39
<b>Gambar 4. 1</b>	Permodelan Struktur 3D Tampak Atas .....	42
<b>Gambar 4. 2</b>	Permodelan Struktur 3D Tampak Depan.....	43
<b>Gambar 4. 3</b>	Peta SS.....	46
<b>Gambar 4. 4</b>	Peta S1 .....	47
<b>Gambar 4. 5</b>	Spektral Percepatan .....	52
<b>Gambar 4. 6</b>	Data Properties Gording (50°) .....	58
<b>Gambar 4. 7</b>	Data Properties Gording (25°) .....	62
<b>Gambar 4. 8</b>	Data Properties Kuda - Kuda .....	64
<b>Gambar 4. 9</b>	Pelat Yang Ditinjau .....	71
<b>Gambar 4. 10</b>	Balok BI-1 (400 mm x 700 mm).....	77
<b>Gambar 4. 11</b>	Balok BI-2 (300 mm x 500 mm).....	82
<b>Gambar 4. 12</b>	Balok BI-3 (300 mm x 600 mm).....	88
<b>Gambar 4. 13</b>	Kolom (400 mm x 600 mm) .....	93
<b>Gambar 4. 14</b>	Penempatan Pondasi P-1.....	98
<b>Gambar 4. 15</b>	Penempatan Pondasi P-2.....	98

## DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI

$\beta$	= rasio sisi Panjang dan pendek kolom
$\lambda$	= Rasio Lebar terhadap Tebal
$\lambda_r, \lambda_p$	= Batas Rasio lebar terhadap Tebal $\lambda_r$ (non langsing/langsing)
$\rho_{\min}$	= Rasio tulangan minimum yang diijinkan dalam beton
$\rho_{\text{perlu}}$	= Rasio tulangan yang diperlukan dalam beton
$\rho_b$	= Rasio tulangan beton bertulang pada kondisi balance
$\delta_e$	= Lendutan akibat beban yang terjadi (mm atau cm)
$\delta_{\text{ijin}}$	= Harga lendutan yang diijinkan terjadi (mm atau cm)
$A_b$	= Luas penampang baut (mm <sup>2</sup> atau cm <sup>2</sup> )
$A_c$	= Luas penampang beton (mm <sup>2</sup> atau cm <sup>2</sup> )
$A_r$	= Luas tulangan baja dalam beton (mm <sup>2</sup> atau cm <sup>2</sup> )
$A_s$	= Luas tulangan baja (mm <sup>2</sup> atau cm <sup>2</sup> )
$A_p$	= Luas bidang geser Pons (mm <sup>2</sup> atau cm <sup>2</sup> )
$A_{sc}$	= Luas tulangan geser beton bertulang (mm <sup>2</sup> atau cm <sup>2</sup> )
$A_w$	= luas badan = d.t <sub>w</sub> (in <sup>2</sup> atau mm <sup>2</sup> )
$B$	= Lebar penampang beton bertulang (mm atau cm)
$b_{\text{eff}}$	= bentang efektif pelat beton (mm atau cm)
$b_p$	= Lebar bidang geser Pons (mm atau cm)
$B_x$	= Lebar bidang geser Pons arah X (mm atau cm)
$B_y$	= Lebar bidang geser Pons arah y (mm atau cm)
$c$	= 1 (profil I simetris ganda) dan $c = h_0/2 \sqrt{I_y/C_w}$ (profil kanal)

- $C_b$  = 1,0 digunakan jika momen – momen ujung yang sama besar dan berlawanan arah (momen beragam).
- $C_w$  = konstanta warping (in<sup>6</sup> atau mm<sup>6</sup>), untuk profil I nilainya sebesar  $C_w I_y \cdot h_0^2 / 4$
- $C_{v1}$  = koefisien kekuatan geser badan, di mana nilainya ditentukan oleh tipe profilnya.
- $c_1, c_2, c_3$  = koefisien untuk perhitungan karakteristik material kolom komposit
- $D_b$  = Diameter baut (mm atau cm)
- $E_c$  = Modulus elastisitas penampang beton (MPa)
- $E_m$  = Modulus elastisitas penampang baja beton komposit (MPa)
- $E_s$  = Modulus elastisitas penampang baja (MPa)
- $E_{ff}$  = Efisiensi kelompok tiang
- $f_c'$  = Mutu beton bertulang (MPa)
- $F_{cr}$  = tegangan kritis (ksi atau MPa)
- $F_y$  = kuat leleh minimum yang nilainya tergantung dari mutu baja (MPa)
- $F_p$  = Tegangan geser Pons ( $f_p$ ) diambil nilai terkecil (MPa)
- $F_u$  = Kuat Tarik ultimate baja (MPa)
- $G$  = perbandingan kekakuan rangka portal
- $G_A$  = Perbandingan kekakuan rangka portal pada titik A
- $G_B$  = Perbandingan kekakuan rangka portal pada titik B
- $h_0$  = jarak antara titik berat elemen sayap penampang (in atau mm)
- $I_{tr}$  = Momen inersia baja beton komposit (in<sup>4</sup> atau mm<sup>4</sup>)
- $I_x$  = momen Inersia pada sumbu utama x (in<sup>4</sup> atau mm<sup>4</sup>)

- J = konstanta torsi ( $\text{in}^4$  atau  $\text{mm}^4$ ) dengan ( $J = 1/3 \times (2t^3 \times b + tw^3 \times h_0)$ )
- MA = momen seperempat bentang (absolut) pada bagian yang tidak dikekang (kip-in atau N-mm).
- MB = momen tengah bentang (absolut) pada bagian yang tidak dikekang (kip-in atau N-mm).
- MC = momen tiga-perempat bentang (absolut) pada bagian yang tidak dikekang (kip-in atau N-mm).
- $M_p$  = Momen lentur maksimum yang terjadi pada sendi plastis (MPa atau Kn/m)
- $M_{\text{maks}}$  = momen terbesar (absolut) terhadap bagian yang tidak dikekang (kip-in atau N- mm).
- n = Nilai koefisien transformasi beton terhadap baja (MPa)
- R = Faktor reduksi gempa
- $r_m$  = jari jari girasi komposit  $0,3 \times b_f$  (mm)
- $r_y$  = radius girasi balok terhadap sumbu y (mm)
- $P_{\text{all grup}}$  = Daya dukung kelompok tiang (kN/m)
- $P_{\text{max}}$  = Beban maksimum setiap tiang pada kelompok tiang (kN/m)
- $Q_n$  = Kuat geser nominal stud connector (kN atau Kg)
- $Q_{\text{ult}}$  = Daya dukung ultimate fondasi (kN/m)
- $Q_{\text{all}}$  = Daya dukung allowable fondasi ( $Q_{\text{all}}$ ) (kN/m)
- S = Jarak antar penghubung geser atau tulangan pada pelat beton (mm atau cm)
- $S_1$  = Parameter percepatan respon spectra gempa periode 1 detik yang ditinjau pada peta

- $S_{D1}$  = Parameter percepatan respon spectra gempa periode 1 detik dengan redaman 5 persen
- $S_{Ds}$  = Parameter percepatan respon spectra gempa periode pendek dengan redaman 5 persen
- $S_{M1}$  = Parameter percepatan respon spectra gempa periode 1 detik yang sudah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs
- $S_{Ms}$  = Parameter percepatan respon spectra pada periode pendek yang sudah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs
- $S_s$  = Parameter percepatan respon spectra gempa periode pendek yang ditinjau pada peta
- $S_x$  = modulus penampang elastis terhadap sumbu x ( $\text{in}^3$  atau  $\text{mm}^3$ )
- $S_y$  = modulus penampang elastis terhadap sumbu y ( $\text{in}^3$  atau  $\text{mm}^3$ )
- $T$  = Periode fundamental bangunan
- $T_c$  = Gaya tarik (tensile) yang bekerja pada slab beton (kN atau Kg)
- $t_w$  = Tebal pelat badan (mm)
- $t_f$  = Tebal plat sayap (mm)
- $V$  = Nilai gaya geser dasar hasil akumulasi pembebanan gempa pada bangunan (kN atau Kg)
- $V_h$  = Tegangan geser horizontal (kN atau Kg)
- $W_i$  = Berat lantai bangunan (kN/m atau Kg/m)
- $W_c$  = Berat beton (kN/m atau Kg/m)
- $Y_{na}$  = Jarak sumbu netral terhadap penampang baja beton komposit (mm atau cm)
- $Z_x$  = Modulus penampang plastis terhadap sumbu x ( $\text{cm}^3$ )
- $Z_y$  = Modulus penampang plastis terhadap sumbu y ( $\text{cm}^3$ )

## **ABSTRAK**

### ***RE-DESIGN* STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO**

Indonesia merupakan salah satu negara yang dikenal sebagai salah satu negara yang memiliki keragaman budaya. Rumah adat di Indonesia memiliki bentuk dan arsitektur masing-masing daerah sesuai dengan budaya tradisional setempat. Ada banyak cara untuk membuat sebuah rumah terlihat unik dan menarik, salah satunya adalah dengan membawa sedikit keselarasan arsitektur pada Gedung ataupun rumah tinggal, yaitu dengan mencoba mengaplikasikan atap Joglo pada suatu Gedung atau rumah. Gedung pertunjukan seni direncanakan dengan menggunakan atap joglo menggunakan struktur baja dengan sistem Rangka Baja Pemikul Momen Khusus. Permodelan analisa struktur atas Gedung pertunjukan seni ini menggunakan software SAP2000v15. Untuk faktor beban dan faktor resistensi. Peraturan yang dipakai SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan SAP2000v15 mendapatkan hasil Perancangan atap menggunakan profil baja IWF 400 x 200 pada Kuda – Kuda utama pada atap dan Gording menggunakan Profil CNP 2 x 150 x 65 x 20 x 2,3. Pelat lantai didesain dengan ketebalan 200 serta penulangan pada pelat tipe 6 x 6 m digunakan D13- 100 mm dengan jumlah tulangan 10 tulangan serta momen nominal sebesar 41,7092 kN.m dan pelat tipe 6 x 6 m digunakan D13-100 mm dengan jumlah tulangan 10 tulangan.

**kata kunci : Atap Joglo Gedung TBRS, Struktur Baja, SAP2000v15**

## ABSTRACT

### ***RE-DESIGN OF THE GARDEN BUILDING STRUCTURE RADEN SALEH CULTURE WITH ROOF MODIFICATION PRIMARY SHAPE BECOME JOGLO***

*Indonesia is a country that is known as a country that has cultural diversity. Traditional houses in Indonesia have the shape and architecture of each region in accordance with local traditional culture. There are many ways to make a house look unique and attractive, one of which is to bring a bit of architectural harmony to a building or house, namely by trying to apply a Joglo roof to a building or house. The performing arts building is planned to use a joglo roof using a steel structure with a Special Moment Resisting Steel Frame system. The top structure analysis model for the performing arts building uses SAP2000v15 software. For load factor and resistance factor. The regulations used are SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020. Based on the results of the analysis carried out using SAP2000v15, the roof planning results used the IWF 400 x 200 steel profile for the main trusses on the roof and curtain rods using the CNP profile 2 x 150 x 65 x 20 x 2.3. The floor plate is designed with a thickness of 200 and reinforcement on a 6 x 6 m type plate is used D13-100 mm with a total of 10 reinforcement and a nominal moment of 41.7092 kN.m and a 6 x 6 m type plate is used D13-100 mm with a number of reinforcement 10 reinforcements.*

**Keywords:** *TBRS Building Joglo Roof, Steel Structure, SAP2000v15*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan salah satu negara yang dikenal sebagai salah satu negara yang memiliki keragaman budaya. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu tujuan wisata favorit bagi wisatawan karena begitu banyak yang dapat dilihat ketika mengunjungi Indonesia. Salah satu keragaman budaya Indonesia adalah setiap daerah memiliki banyak rumah adat yang berbeda-beda. Salah satu hunian tradisional yang ada di suatu daerah adalah perumahan tradisional, dan setiap daerah memiliki keunikan tersendiri. Hampir di setiap wilayah Indonesia terdapat rumah tradisional dengan berbagai gaya. Keberadaan rumah tradisional Indonesia sangat penting bagi perkembangan masyarakat yang beradab dan makna religiusnya. Setiap rumah unik dengan caranya sendiri. Karena pemilik rumah dapat menyesuaikan rumahnya dan mengganti atapnya, tidak ada dua rumah yang persis sama. Salah satu cara untuk memberikan tampilan rumah yang unik dan menarik adalah dengan mencoba menerapkan atap Joglo pada rumah modern untuk menghadirkan keselarasan pada arsitektur atau desainnya. Atap adalah bagian penutup pada bagian atas suatu bangunan yang melindungi area interior suatu bangunan dari cuaca atau benda lain yang mengganggunya. Pada bangunan, atap memegang peranan yang sangat penting karena dapat mempengaruhi kondisi hunian dalam jangka panjang. Saat ini perkembangan material dan jenis atap semakin modern.

Pada Tugas Akhir ini, penulis merencanakan kembali perancangan atap gedung TBRS Semarang yang semula berbentuk limas, diganti dengan atap landai, dengan menggunakan rangka baja IWF. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan software SAP2000v15 dan juga secara manual.



## 1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan penjabaran latar belakang di atas, didapat rumusan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini, adalah:

1. Bagaimana cara merancang ulang atap joglo pada bangunan Gedung TBRS menggunakan struktur baja dengan *software* SAP2000v15 dan dikontrol menggunakan perhitungan manual.
2. Bagaimana hasil perhitungan struktur Atap gedung TBRS menggunakan baja profil IWF
3. Bagaimana cara merancang ulang pembebanan gempa Pada Gedung TBRS dengan kriteria gempa SNI 1726 – 2019 dan Struktur baja SNI 1729:2020

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan Tujuan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah

1. Mengetahui perancangan struktur atap bangunan Gedung TBRS menggunakan struktur baja.
2. Mengetahui perancangan gedung menggunakan struktur Beton antara lain pelat lantai, balok, dan kolom.
3. Mengetahui Perancangan Pondasi

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Perhitungan perancangan meliputi struktur atap gedung menggunakan struktur baja dengan profil baja I/WF (*Wide Flange*).
2. Perancangan gudang ini disesuaikan dengan peraturan-peraturan sebagai berikut :
  - a. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2020).
  - b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726:2019).
  - c. Penjelasan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya (SNI 2847:2019).

- d. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020).
3. Analisa perhitungan pembebanan dilakukan dengan metode perhitungan manual dan permodelan struktur atas menggunakan software SAP2000v15
4. Hanya perancangan gedung, tanpa merencanakan dari segi biaya, arsitektur, maupun pelaksanaan.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan ini menggunakan sistematika yang baku supaya memudahkan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Rincian sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari 5 bab yaitu sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Meliputi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan perancangan, batasan masalah dalam perancangan, dan sistematika penulisan Tugas Akhir dari perancangan yang dirancang

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menjabarkan tentang teori yang berhubungan dengan perancangan ini. Teori yang digunakan adalah topik dasar perancangan struktur atas menggunakan struktur baja, dan perancangan struktur bawah (pondasi).

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Menjabarkan data struktur perancangan, metode pengumpulan data, metode perancangan, metode pengolahan data dan sistematika perancangan.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab hasil dan pembahasan ini berisi permodelan ulang struktur, beban yang bekerja pada struktur, kombinasi pembebanan yang digunakan dan pengecekan terhadap syarat-syarat yang sudah ditentukan. Hasil perhitungan menggunakan *output* analisis program struktur yang dimodelkan melalui SAP 2000 v15.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan dari perancangan dan saran dari penulis.



## **BAB II**

### **TINJAUAN UMUM**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Gedung pertunjukan adalah bangunan yang berfungsi melayani dan memfasilitasi berbagai macam pertunjukan. Gedung ini merupakan ruang semi publik yang tujuannya untuk menghibur masyarakat dengan pertunjukan-pertunjukan yang ditampilkan. Bangunan berarti gedung (rumah) untuk kantor, pertemuan/tempat pertunjukan hasil seni (Poerwadar Minta, 1976:303). Pertunjukan adalah tontonan (seperti bioskop, wayang, wayang orang, dll), pameran, demonstrasi (Poerwadar Minta, 1976:1108). Jadi, gedung pertunjukan adalah tempat yang digunakan sebagai tempat pertunjukan, tari, musik dan drama. “Gedung TBRS” merupakan gedung pertunjukan serbaguna yang digunakan untuk berbagai jenis pertunjukan seni, antara lain pertunjukan tari, musik, dan teater. Gedung ini berbeda dengan gedung dengan satu fungsi, seperti gedung konser, gedung opera, atau teater, yang khusus untuk menampilkan satu jenis seni pertunjukan saja.

Pada umumnya infrastruktur bangunan seni biasanya menggunakan beton, namun seiring berjalannya waktu hingga saat ini banyak bangunan yang menggunakan infrastruktur baja, namun ada juga bangunan modern yang menggunakan infrastruktur yang dimodifikasi, dengan menggabungkan beton dengan baja. Bangunan dengan struktur baja biasanya lebih ringan dari segi struktur, sehingga lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan yang lain. Gudang baja ini menggunakan struktur jenis baja dengan profil Pipa, dan I/WF (*Wide Flange*).

## 2.2. Jenis Gedung Pertunjukan

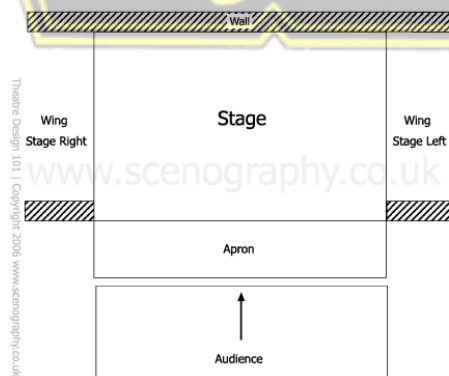
### 2.2.1. Teater

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, teater adalah gedung atau ruangan tempat dipertunjukkannya film, lakon, dll, atau bisa juga dikatakan ruangan besar dengan deretan kursi menyamping dan mundur untuk menghadiri perkuliahan atau untuk demonstrasi ilmiah : pementasan drama sebagai seni atau profesi ; seni drama; seni sandiwara; drama. Jadi teater adalah visualisasi dari sebuah lakon atau drama yang dipentaskan dalam 2 panggung dan disaksikan oleh penonton. Jika “drama” adalah lakon dan “teater” adalah pertunjukan, maka “drama” adalah bagian atau salah satu unsur dari “teater”. (Santos, 2008).

Jenis Teater Ada 4 jenis ruang teater: *proscenium*, dorong, arena dan eksperimental. Variasi ini dibedakan dari bentuk panggung. Jenis yang paling sering digunakan untuk kapasitas akademik adalah *proscenium* dan eksperimental.

a. *Proscenium* (*proscenium arch with apron*) Merupakan jenis stage yang paling sering digunakan. *Proscenium stage* biasanya dilengkapi dengan gorden yang digunakan untuk menunjukkan *area* pertunjukan. Berikut adalah ciri-ciri *proscenium stage*.

- Kenikmatan penonton saat melihat pertunjukan cukup merata
- Penggantian dekorasi bebas pada saat layer ditutup

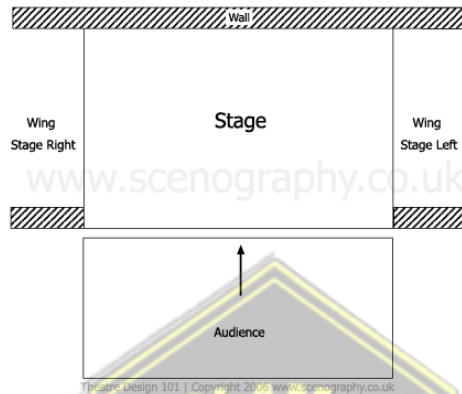


**Gambar 2. 1** *Proscenium*

(Sumber : Internet)

*b. Basic proscenium*

- Pertunjukan dapat dinikmati dari depan dan belakang
- Dekorasi tidak dapat diubah tanpa terlihat oleh penonton
- Cukup akrab antara pemain dan penonton



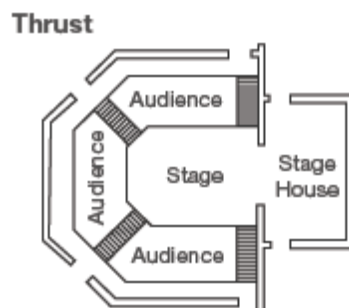
**Gambar 2. 2 Basic Proscenium**

(Sumber : Internet)

*c. Open stage/thrust*

*Thrust stage* biasanya tersusun atas tiga atau dua baris tempat duduk. *Thrust stage* membawa pemain dan penonton ke dalam hubungan yang lebih intim dari *proscenium stage*. Berikut merupakan ciri-ciri dari *thrust stage*:

- Penonton tidak dapat mendapatkan efek pertunjukan secara merata
- Hubungan pemain dan penonton cukup akrab



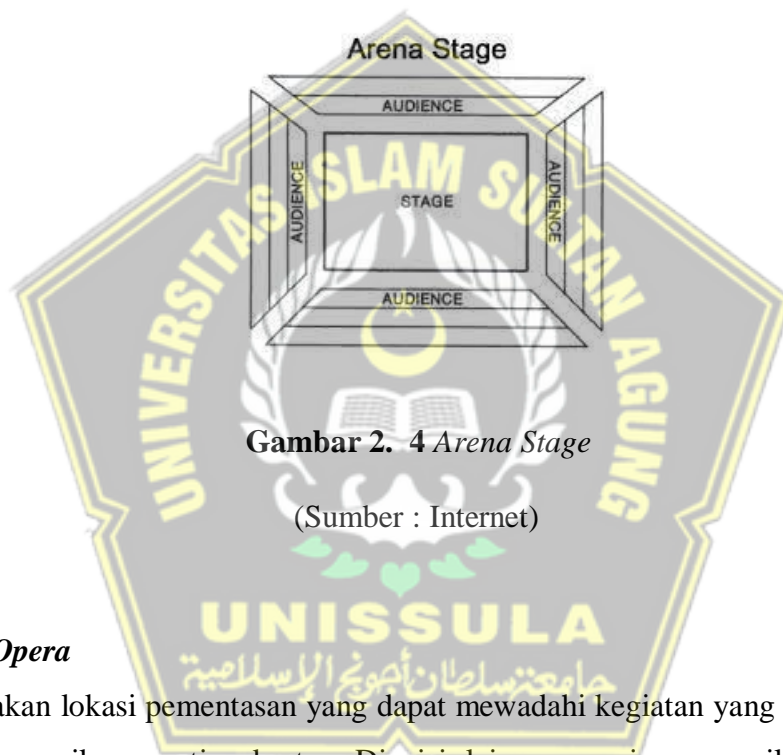
**Gambar 2. 3 Open Stage/thrust**

(Sumber : Internet)

#### *d. Arena*

*Arena stage* menggunakan tempat duduk yang tidak dipasang secara permanen, dan susunan dapat dipasang sesuai kebutuhan. Karena tidak terdapat penutup atau gorden, maka segala perubahan dekorasi panggung dapat dilihat secara langsung oleh penonton. Ciri-ciri *arena stage*:

- Penonton tidak mendapatkan efek pertunjukan secara merata dan pemain dapat menutupi satu sama lain.
- Terjadi keakraban antara penonton dan pemain.
- Dekorasi praktis dan fungsional.



**Gambar 2. 4** *Arena Stage*

(Sumber : Internet)

#### **2.2.2. Opera**

merupakan lokasi pementasan yang dapat memwadahi kegiatan yang membutuhkan iringan musik, seperti orkestra. Di sisi lain, opera juga memiliki perbedaan arsitektur yang jelas antara ruang penonton dan panggung, dengan ruang musik orkestra dan kursi yang bahkan melebihi 1.000 kursi.

Menurut KBBI online, opera adalah jenis drama panggung yang seluruhnya atau sebagian dinyanyikan dengan iringan orkestra atau musik instrumental. Neufert, seperti yang dinyatakan pada tahun 2002: 137) Musik orkestra, jumlah kursi (berkisar dari 1000 hingga hampir 4.000), dan sistem tempat duduk bebas yang cocok memberikan karakter gedung opera pemisahan spasial yang jelas secara

arsitektural antara panggung dan penonton . atau balkon, yang penting bagi banyak orang yang menonton.

### **2.2.3. Bioskop (Cinema)**

Bioskop (dalam bahasa Belanda: Tempat menonton film di layar lebar adalah *bioscoop*, yang berasal dari kata Yunani "*bios*", yang berarti "hidup" dan "melihat". Proyektor digunakan untuk memproyeksikan gambar film ke layar .Menurut Balai Pustaka Depdiknas, Jakarta, Kamus Besar Bahasa Indonesia edisi 2001;

- Cineplex: kompleks bioskop berbasis gedung tunggal.
- Bioskop : pertunjukan dengan gambar (film) yang ditonjolkan agar dapat bergerak (berbicara) selama penyajian; film; teater dengan cerita.

Cineplex adalah industri film. Keduanya melayani tujuan yang sama, yaitu menjadi tuan rumah pemutaran film. Jumlah bioskop tempat film diputar itulah yang membedakannya. Cineplex, di sisi lain, biasanya memiliki banyak layar dalam satu gedung. Bioskop kompleks (Cineplex) adalah bioskop yang menawarkan berbagai pilihan tontonan.

Bioskop adalah pertunjukan di mana ditampilkan gambar (film) yang dinyalakan untuk membuatnya bergerak (berbicara) (KBBI, 2006: 125). Sementara itu, Poerwadar Minta (1976: 303), gedung adalah rumah yang digunakan untuk kantor, pertemuan, atau tempat memamerkan hasil karya seni. Dengan demikian, gedung bioskop adalah gedung yang digunakan untuk menampilkan pertunjukan film.

### **2.3. Fungsi dan Tujuan Gedung Pertunjukan**

Fungsi gedung teater berbanding lurus dengan pertunjukan yang ditampilkan di dalamnya. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi dan perubahan zaman, kini banyak ruang teater yang berfungsi ganda, seperti *ballroom* yang dapat digunakan sebagai ruang dansa, konser musik, dan ruang pertunjukan publik yang dapat digunakan untuk pertunjukan drama.



Seringkali, pembangunan gedung pertunjukan dilakukan untuk membantu seniman lokal mengeksplorasi kreativitas dan bakat mereka serta mengisi kekosongan yang ditinggalkan oleh kurangnya pilihan hiburan di kota atau daerah tertentu. Biasanya, ruang pertunjukan dibangun di pusat kota dengan mempertimbangkan aksesibilitas dan pertemuan penonton.

Namun karena pelebaran wilayah pesisir, ada juga beberapa gedung pertunjukan yang dibangun di pesisir pantai untuk menampung lebih banyak orang. Ruang pertunjukan dapat berupa struktur terpisah atau komponen dari bangunan lain.

Peran berikut dimainkan oleh gedung pertunjukan sebagai tempat kegiatan masyarakat :

- ♣ untuk menumbuhkan apresiasi seni yang lebih dalam.
- ♣ Sebagai bentuk hiburan dan pendidikan.
- ♣ sebagai tempat di mana ide-ide seniman dapat dibagi dengan masyarakat untuk evaluasi dan komunikasi.
- ♣ sebagai tempat pertunjukan seni yang merupakan produk budaya atau masyarakat.

Berikut peran yang dimainkan oleh gedung pertunjukan dalam perhelatan kebudayaan nasional Indonesia :

- ♣ melestarikan budaya tradisi dan nontradisi seni pertunjukan sebagai warisan budaya.
- ♣ Mendorong seniman dan budayawan untuk mengumpulkan dan mengembangkan nilai-nilai budaya dengan merangsang dan membangkitkan dorongan kreatif mereka.
- ♣ Menjadikan apresiasi budaya lebih berpengaruh dalam masyarakat secara keseluruhan.
- ♣ Berkontribusi dalam mendorong pertukaran budaya dengan bangsa lain

## 2.4. Struktur Baja

Struktur baja mahal pada awalnya tetapi menguntungkan dalam jangka panjang. Ada juga kelebihan dan kekurangan lainnya, simak informasinya di bawah ini.

Belakangan ini, banyak orang sering memilih struktur baja untuk keperluan bangunan. Struktur ini lebih disukai daripada yang konvensional seperti beton dan kayu karena sejumlah alasan.

Konstruksi bangunan baja lebih kuat dan dapat menghemat biaya perumahan jangka panjang. Karena membutuhkan lebih sedikit bahan bangunan, ini juga sangat hemat biaya dan mudah dibuat.

Baja memiliki banyak kualitas yang baik, seperti kemudahan pemasangan struktur baja, yang membuat prosesnya berjalan cepat. Selain itu, bobot struktur yang rendah menguntungkan untuk struktur jembatan dengan bentang yang luas.

Struktur logam yang dikenal sebagai "struktur baja" adalah struktur yang bahan utamanya terbuat dari bagian baja yang disusun secara struktural untuk membawa beban dan membuatnya lebih kuat.

Dalam konstruksi kontemporer, istilah "bangunan rangka baja" lebih sering digunakan. Bangunan bertingkat, struktur industri berat, menara, jembatan, rak pipa, infrastruktur, dan struktur lainnya adalah aplikasi yang ideal untuk struktur ini. Besi dan karbon membentuk bahan rangka baja itu sendiri. Bahan kimia, mangan, logam paduan, mangan, dan bahan kimia unik hanyalah beberapa bahan lain yang membentuk pasokannya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kekuatan baja serta ketahanannya.

Baja adalah komponen dasar baja, dan karbon adalah komponen paduan utama. Baja adalah logam paduan. Tergantung pada kelasnya, kandungan karbon baja berkisar dari 0,2% hingga 2,1% berat. Baja menggunakan karbon untuk mengeraskan material. Mangan (mangan), kromium (kromium), vanadium, dan nikel adalah beberapa unsur paduan umum lainnya yang ditambahkan selain karbon. Nilai baja dapat dibuat dengan berbagai cara dengan menyesuaikan jumlah karbon dan elemen paduan lainnya dalam material. Kekerasan baja dan kekuatan tarik dapat ditingkatkan dengan menambahkan karbon, tetapi juga membuat baja lebih rapuh dan kurang ulet.

## 2.4.1. Kelebihan dan Kekurangan Struktur Baja

### 1. Kelebihan

Berikut ini merupakan beberapa kelebihan dari struktur baja :

#### a. Kekuatannya Besar

Terbukti struktur baja ini memiliki ketahanan yang bisa dibilang sangat besar. Itulah yang membuat bahan bangunan ini lebih unggul dari yang lain.

Kekuatan yang dihasilkan oleh baja ringan dianggap sebagai konsekuensi dari kenyataan bahwa beban permanen potensial akan sangat rendah. Itu sebabnya baja ringan cocok untuk bahan bangunan gedung pencakar langit dan jembatan bentang panjang.

#### b. Mumpuni dalam Menangani Beban Tarik

Struktur baja seperti itu tidak kalah pentingnya, karena dapat menahan beban tarik. Ia bahkan mampu mengalahkan material lain, seperti besi, yang sangat terbiasa digunakan dalam rekayasa struktur.

#### c. Sifat Seragam

Material artifisial ini seragam karena diproduksi langsung di pabrik, tentunya mengikuti standar kualitas untuk menjamin baja itu sendiri. Apalagi sifat dari baja ini bersifat abadi dan sangat menguntungkan bagi yang menggunakannya. Baja memiliki sifat yang tidak banyak berubah berbeda dengan struktur lainnya seperti beton, besi dan lain-lain.

#### d. Daya Tahan Lama

Umur material baja bisa bertahan lama, kurang lebih bisa mencapai satu abad. Apalagi jika Anda bisa merawatnya dengan hati-hati, tentunya umur dari baja itu sendiri bisa lebih besar lagi.

#### e. Bersifat Liat (*Toughness*)

Ini berarti dapat bekerja untuk menyerap sejumlah besar energi. Ini karena adanya kekuatan dan fleksibilitas yang baik. Dengan demikian, baja dapat memberikan keuletan, menyerap beban geser, dan menyerap beban kejut.

#### **f. Mudah Dirangkai dan Disambung**

Material baja juga mudah dirakit dan disambung. Anda dapat menghubungkan atau merakit baja dengan cara mengelas, memukau, atau Anda juga dapat menggunakannya untuk perbautan. Dengan keunggulan tersebut, Anda dapat menginstalnya lebih cepat, yang jelas menghemat waktu selama konstruksi.

#### **g. Mudah Dibentuk**

Baja ini digunakan untuk semua keperluan dan mudah dibentuk. Ciri-ciri baja yang merupakan tanah liat telah dijelaskan di atas. Oleh karena itu, Anda tidak perlu khawatir material baja akan rusak.

#### **h. Penggunaan Bisa Berulang-ulang Kali**

Keuntungan lainnya adalah tidak dapat digunakan hanya sekali. Anda dapat menggunakannya kembali meskipun baja tersebut adalah hasil pembongkaran bangunan lama. Apalagi membongkarnya semudah memasangnya dengan bahan baja ini.

### **2. Kekurangan Struktur Baja**

Berikut ini merupakan beberapa kekurangan dari struktur baja :

#### **a. Lemah Terhadap Gaya Tekan**

Struktur beton bertulang pun menggunakan baja tulangan untuk membantu beton menahan beban tarik karena baja memiliki ketahanan yang kuat terhadap gaya tarik. Namun, kelemahan baja dalam kompresi adalah salah satu kelemahannya. Akibatnya, struktur bangunan dengan kekuatan tekan tinggi memerlukan biaya beton yang lebih tinggi.

#### **b. Adanya Risiko Bisa Terjadi Keruntuhan Getas**

Terlepas dari kenyataan bahwa baja biasanya merupakan bahan dengan keuletan yang unggul, kondisi tertentu dapat menyebabkannya kehilangan keuletannya, yang mengakibatkan kegagalan getas saat baja patah. Keruntuhan getas adalah setiap keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba dan tidak didahului oleh deformasi plastis. Ini berarti bahwa keruntuhan sering terjadi tanpa adanya perubahan bentuk pada material baja.

**c. Rentan Terhadap Perubahan Temperatur**

Kemampuan struktur baja untuk berfungsi akan dipengaruhi oleh penurunan kekuatannya jika terjadi kebakaran pada struktur tersebut. Proses peningkatan temperatur saat terjadi kebakaran dapat berdampak pada kekuatan baja. Kurva tegangan dan regangan akan menjadi nonlinier dan titik lebur material akan hilang secara bersamaan jika struktur baja mencapai sekitar 93 C. Dengan meningkatnya suhu struktur, kekuatan struktur baja juga meningkat.

**d. Rentan Terhadap Tekuk (*Buckling*)**

Bagian baja dengan elemen penampang tipis, seperti kolom tipis, lebih cenderung melengkung. Tekuk adalah penyebab paling umum kegagalan struktur baja. Baja bukanlah bahan terbaik untuk kolom. Jawabannya adalah menggunakan kolom baja lapis ganda, yang menggabungkan beberapa bagian baja yang dihubungkan oleh pelat kopling. Sementara itu, balok tekan dapat ditambahkan tulangan, yang dapat meningkatkan biaya dengan menambahkan material ke baja.

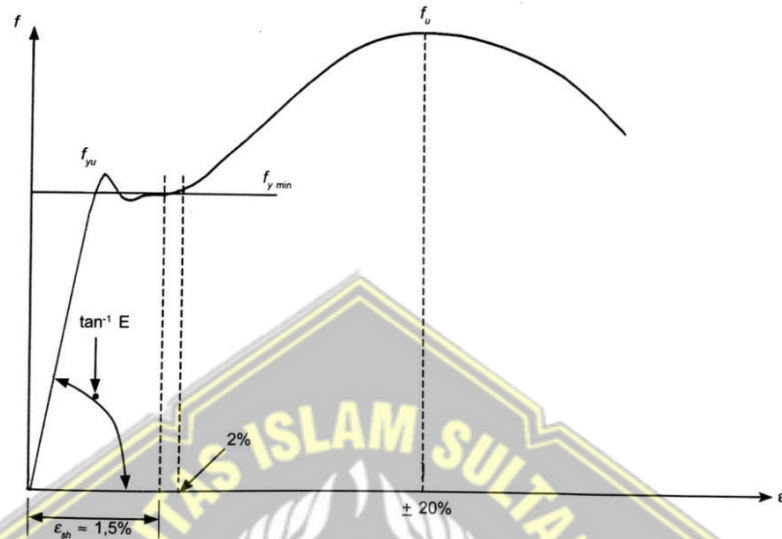
**e. Biaya Pemeliharaan Relatif Tinggi**

Baja adalah bahan yang sangat rentan terhadap korosi bila ditempatkan di dekat air dan udara. Akibatnya, pemeriksaan rutin diperlukan. Selain itu, mengingat ketahanan api baja menurun jika terjadi kebakaran, maka perlu penambahan material tambahan sebagai lapisan pelindung untuk mencegah kebakaran, seperti yang disebutkan pada poin 3. Tentu saja, biaya juga terpengaruh.

**2.4.2 Sifat – Sifat Mekanik Baja**

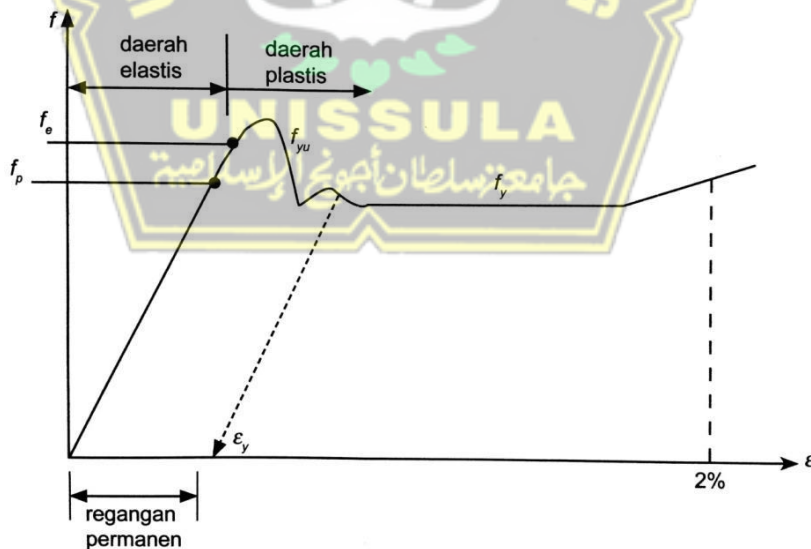
Untuk memahami perilaku struktur baja, seorang spesialis struktur harus memahami sifat mekanik baja. Uji tarik pada spesimen baja merupakan pola uji terbaik untuk menentukan sifat mekanik baja. Ada beberapa alasan mengapa pengujian kompresi tidak dapat memberikan data yang akurat tentang sifat mekanik material baja. Salah satunya adalah kemungkinan benda uji akan tertekuk, yang akan mengakibatkan benda uji menjadi tidak stabil. Hasil uji tarik pada material baja yang dilakukan pada laju regangan normal dan pada suhu kamar digambarkan pada Gambar 3.2 dan 3.3. Tegangan nominal spesimen (f) digambarkan pada sumbu vertikal, sedangkan regangan (e), yang merupakan

rasio peningkatan panjang terhadap panjang awal (DL/L), digambarkan pada sumbu horizontal. Gambar 3.2 menggambarkan hasil uji tarik spesimen baja yang dilakukan hingga spesimen runtuh, sedangkan Gambar 3.3 memberikan gambaran yang lebih mendalam tentang perilaku spesimen hingga deformasi 2%.



**Gambar 2. 5** Kurva Hubungan Tegangan vs Regangan

(Sumber : Setiawan, A. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode *LRFD*, 2013)



**Gambar 2. 6** Kurva Hubungan Tegangan - Regangan yang Diperbesar

(Sumber : Setiawan, A. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode *LRFD*, 2013)

Titik – titik penting dalam kurva tegangan – regangan antara lain adalah :

- $f_p$  : batas proporsional
- $f_e$  : batas elastis
- $f_{yu}, f_y$  : tegangan leleh atas dan bawah
- $f_u$  : tegangan putus (*Ultimate Stress*)
- $e_{sh}$  : regangan saat mulai terjadi efek *strain-hardening* (penguatan regangan)
- $e_u$  : regangan saat tercapainya tegangan putus

Titik – titik penting ini membagi kurva tegangan – regangan menjadi beberapa:

- a. Daerah elastis antara 0 dan  $f_e$ : pada daerah ini jika beban dihilangkan, benda uji akan kembali ke bentuk semula, atau benda uji masih elastis. Hukum Hooke berlaku di area linier antara 0 dan  $f_p$ . Kemiringan kurva lurus ini disebut Modulus Elastisitas atau Modulus Young,  $E (= f/e)$ .
- b. Daerah elastis antara 0 dan  $f_e$ ; pada daerah ini, benda uji akan kembali ke bentuk semula atau dianggap elastis jika beban dihilangkan.
- c. Area plastis yang dibatasi oleh regangan adalah antara 2% dan 1,25 persen; pada bagian ini, regangan bertambah karena  $f_y$  selalu ditekankan. Tingkat keuletan baja juga dapat ditunjukkan di area ini. Ada juga area plastik di baja berkualitas tinggi, tetapi tekanan masih meningkat di area ini. Jenis baja ini tidak dapat digunakan dalam analisis plastis.
- d. Area pengerasan regangan antara  $e_{sh}$  dan  $e_u$  karena tidak memiliki data area plastis yang sebenarnya. Tegangan balik naik, tetapi pada tingkat yang lebih rendah dari kemiringan daerah elastis, untuk regangan yang lebih besar dari 15 sampai 20 kali regangan elastis maksimum. Daerah pengerasan regangan berlanjut di lokasi ini hingga mencapai tegangan putus. Modulus gain regangan ( $E_{st}$ ) adalah nama yang diberikan untuk lereng daerah ini.

## 2.5 Klasifikasi Penampang untuk Tekuk Lokal

Untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial, penampang diklasifikasikan sebagai penampang dengan komponen struktur tidak ramping atau komponen struktur ramping. Untuk penampang dengan bagian yang tidak ramping, rasio antara lebar dan tebal bagian yang ditekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  pada Tabel 2.1. Jika rasio lebar terhadap tebal dari satu atau lebih elemen terkompresi melebihi  $\lambda_r$ , penampang adalah penampang dengan elemen tipis. Untuk komponen struktur yang mengalami lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang dengan elemen kompak, non-kompak, atau ramping..

Untuk bagian yang kaku, flensa harus dipasang ke badan atau badan dan perbandingan lebar dengan tebal setiap bagian tekanan tidak boleh melebihi batas,  $\lambda_p$ , pada Tabel 2.2. Jika rasio antara lebar dan tebal dari satu atau lebih bagian yang dikompresi melebihi  $\lambda_r$ , tetapi tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  pada tabel 2.2, bagian tersebut dikatakan tidak dikompresi. Jika rasio lebar-ke-tebal dari satu atau lebih elemen terkompresi melebihi  $\lambda_r$ , elemen tersebut adalah elemen tipis. (SNI 1727:2020).

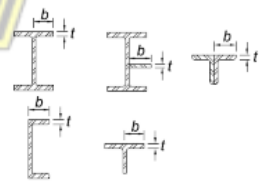
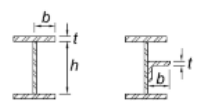
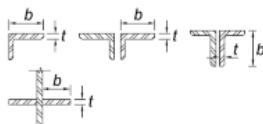

1. Komponen tidak bertulang Untuk komponen struktur tidak bertulang yang ditopang oleh hanya satu sisi yang sejajar dengan arah gaya tekan, lebarnya diasumsikan sebagai:
  - a. Untuk tepi balok-I dan profil-T, lebar  $b$  sama dengan setengah lebar tepi total  $b_f$ .
  - b. Untuk flensa dan saluran profil sudut dan tepi-Z, lebar  $b$  sama dengan lebar penuh flensa atau lebar penuh flensa di dalam. Untuk lembaran, lebar  $b$  adalah dari tepi bebas ke pengencang pertama atau garis las. Untuk kisi-kisi dengan profil berbentuk T,  $d$  adalah tinggi total profil..
2. Elemen Diperkaku Untuk elemen diperkaku yang ditopang oleh dua sisi sejajar dengan arah gaya tekan, lebarnya diambil sebagai berikut:
  - a. Dalam kasus pelat badan profil canai panas,  $h$  adalah jarak antara sayap dikurangi radius sudut pada perpotongan sayap badan ;  $h_c$  adalah perbedaan antara jari-jari sudut dan jarak dari pusat gravitasi ke bagian dalam flensa tekan.
  - b. Untuk badan profil yang dibangun,  $h$  adalah jarak antara deretan pengencang yang berdekatan atau jarak bebas antara flensa jika

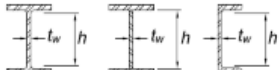

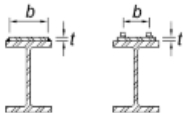




digunakan pengelasan, dan  $h_c$  adalah pusat gravitasi sehubungan dengan flensa tekan atau baris elemen pengikat terdekat pada permukaan interior. jarak dari flensa saat kita mengelas. Jika pengelasan digunakan, jarak  $h_p$  dua kali lebih jauh dari sumbu netral plastis ke garis penjepit yang paling dekat dengan flensa tekanan atau bagian dalam flensa kompresi.

- c. Lebar,  $b$ , dari pelat diafragma atau sayap pada profil tumpang tindih adalah jarak antara garis las yang berdekatan atau baris pengencang.
- d. Jarak bersih antara washer dikurangi radius sudut internal di setiap sisi adalah lebar  $b$  untuk flensa PSR.  $h$  adalah jarak bersih antara flensa dikurangi radius sudut dalam pada setiap sisi untuk strip PSR persegi panjang. Dimensi luar dikurangi tiga ketebalan akan digunakan jika jari-jari sudut tidak diketahui. Pada bagian B4.2.
- e. ketebalan  $t$  akan digunakan sebagai ketebalan dinding desain. Lebar  $b$  dari komponen struktur yang diperkuat, seperti sayap atau badan penampang, memberikan kekakuan.
- f. Untuk pelat penutup berlubang,  $b$  adalah jarak horizontal antara posisi bebas panel pada lubang terlebar dan garis pengencangan terdekat.

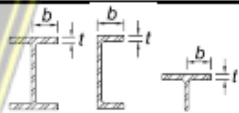
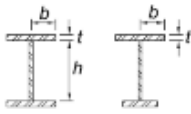
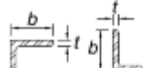
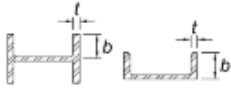

**Tabel 2.1** Rasio Lebar terhadap Tebal : Elemen Tekan Komponen Struktur yang Mengalami Aksial Tekan

	Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal $\lambda_t$ (nonlangsing /langsing).	Contoh
Elemen tidak diperkaku	1	Sayap Profil I gilas panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I gilas panas, kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap kanal, dan sayap T	$b/t$	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	Sayap profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	$b/t$	$0,64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a]	
	3	Kaki siku tunggal, kaki siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tidak diperkaku lainnya	$b/t$	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	Badan T	$d/t$	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Elemen diperkaku	5	Badan profil I simetris ganda dan penampang profil I tersusun dan kanal	$h/t_w$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	Dinding PSR persegi panjang	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara baris-baris pengencang atau las	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	$b/t$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	PSR bulat	$D/t$	$0,11 \frac{E}{F_y}$	
[a] $kc = 4\sqrt{h/t_w}$ , tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 atau lebih besar dari 0,76 dalam perhitungan.					

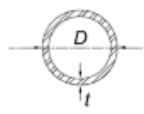
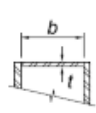
Sumber : SNI 1729 : 2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja *structural*

**Tabel 2. 2.** Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Mengalami Lentur

	Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal		Contoh
				$\lambda_p$ (kompak/ nonkompak)	$\lambda_r$ (nonkompak/ langsing)	
Elemen tidak diperkaku	10	Sayap profil I gilas panas, kanal, dan T	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Sayap profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$	
	12	Kaki siku tunggal	$b/t$	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Sayap semua profil I dan kanal yang mengalami lentur terhadap sumbu lemah	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Badan T	$d/t$	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,52 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

(Sumber : SNI 1729 : 2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja *structural*)

**Tabel 2.2** (lanjutan) Rasio Lebar terhadapTebal: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Mengalami Lentur

Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal		Contoh
			$\lambda_p$ (kompak/ (nonkompak)	$\lambda_r$ (nonkompak/ langsing)	
20	PSR bundar	$D/t$	$0,07 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,31 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
21	Sayap penampang boks	$b/t$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
<p>[a] <math>k_c = 4\sqrt{h/t_w}</math> tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 dalam perhitungan.</p> <p>[b] <math>F_L = 0.7F_y</math> untuk komponen struktur profil I badan langsing dan lentur sumbu mayor pada komponen struktur profil I tersusun dengan badan kompak dan nonkompak dan <math>S_{xt}/S_{xc} \geq 0,7</math>; <math>F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} \geq 0,5F_y</math> untuk lentur sumbu mayor pada komponen struktur profil I tersusun dengan badan kompak dan nonkompak dan <math>S_{xt}/S_{xc} &lt; 0,7</math>; <math>S_{xt}/S_{xc}</math> = modulus penampang elastis dimaksudkan untuk sayap tarik dan tekan, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>).</p> <p>[c] <math>M_y</math> = momen pada saat serat terluar leleh.  <math>M_p = F_y Z_x</math>, momen lentur plastis, kip-in. (N-mm), dengan  <math>Z_x</math> = modulus penampang plastis terhadap sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>).  <math>E</math> = modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa) elastis      SNE = sumbu netral  <math>F_y</math> = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa) plastis      SNP = sumbu netral</p>					

(Sumber: SNI 1729 : 2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja *structural*)

## 2. 6 Kombinasi Dasar metode *Load Resistance Factor Design (LRFD)*

Struktur, komponen dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga ketahanan rancangannya sama dengan atau lebih besar dari pengaruh beban terfaktor dalam kombinasi berikut. Efek dari satu atau lebih beban mati harus dipertimbangkan. Pengaruh beban seismik harus berupa beban gabungan menurut pasal 2.3.6. Tidak perlu berasumsi bahwa beban angin dan seismik bekerja pada saat yang bersamaan. Lihat Pasal 1.4, Pasal 2.3.6, dan Pasal 7.4 dan Pasal 7.4.3 dalam SNI 1726 (Pasal 12.4 dan Pasal 12.14.3 ASCE 7-16) untuk definisi khusus efek beban seismik E. Masing-masing kondisi batas ketahanan material harus diselidiki. Menurut SNI 1727:2020, kombinasi beban

yang perlu diperhatikan adalah:

- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
- $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $0,9 D + 1,0W$

Dimana :

$D$  = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural) yang diakibatkan dengan berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan layan tetap.

$L$  = Beban Hidup ( beban yang dapat bergerak ) yang ditimbulkan oleh pengunaangedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain-lain.

$Lr$  = Beban Hidup Atap ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

$W$  = Beban angin

$R$  = Beban hujan

#### 1. Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bahan bangunan terpasang termasuk dinding, lantai, atap, langit-langit, tangga, partisi tetap, finishing, kelongsong bangunan dan komponen dan konstruksi bangunan lainnya serta peralatan layanan terpasang lainnya, termasuk berat derek dan penanganan material. sistem (SNI 1727:2020)

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang ditimbulkan akibat aktivitas makhluk hidup di dalam gedung atau gedung. Biaya tambahan yang digunakan dalam desain bangunan dan struktur lainnya adalah beban maksimum yang diinginkan akibat hunian dan penggunaan bangunan, tetapi tidak boleh kurang dari beban seragam minimum yang ditentukan. Beban atap yang dihasilkan dari (1) selama pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material, dan (2) selama umur struktur benda bergerak, seperti pot tanaman

atau benda dekoratif kecil serupa lainnya yang tidak berhubungan dengan hunian. Beban hidup terkait hunian di atap, seperti area perakitan atap, kanopi dan atap hijau, atau atap lanskap di area yang dapat digunakan, dihitung sebagai beban hidup atap, bukan beban atap. (SNI 1727:2020)

### 3. Beban Angin

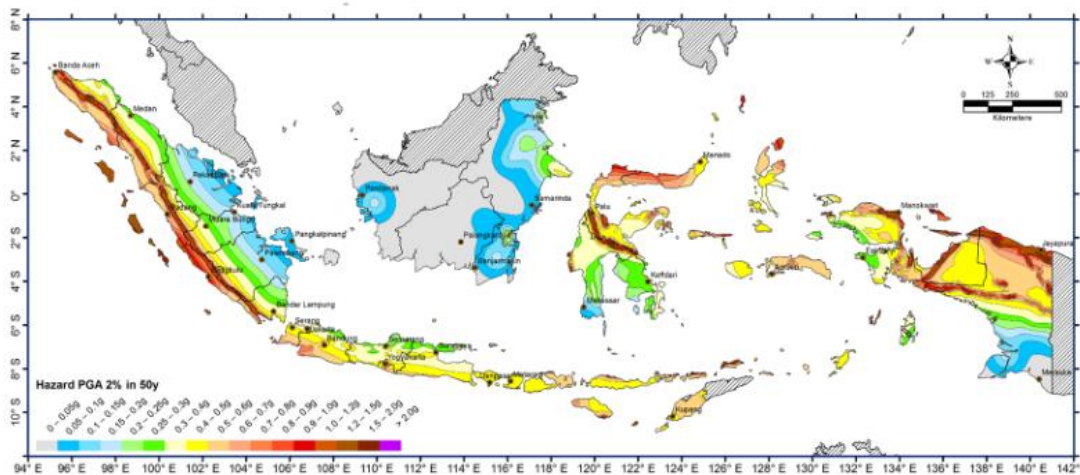
Beban angin yang digunakan dalam desain SPGAU untuk bangunan tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh kurang dari 16 lb/ft<sup>2</sup> (0,77 kN/m<sup>2</sup>) dikalikan luas dinding bangunan dan 8 lb/ft<sup>2</sup> (0,38 kN/m<sup>2</sup>) dikalikan luas dinding bangunan atap bangunan diproyeksikan ke bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diprediksi. Beban dinding dan atap harus diterapkan secara bersamaan. Gaya angin rencana untuk bangunan terbuka tidak boleh kurang dari 16 lb/ft<sup>2</sup> (0,77 kN/m<sup>2</sup>) dikalikan luas A. (SNI 1727:2020)

### 4. Beban Gempa (EL)

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di atas permukaan bumi yang terjadi akibat rambatan gelombang seismic dari bawah permukaan bumi, pelepasan energi yang timbul berasal dari pergerakan lempeng bumi atau kerak bumi. Tumbukan antar lempeng bumi menyebabkan patahan pada kerak sehingga terbentuknya gelombang energi yang terpantulkan menuju segala arah terutama pada permukaan bumi yang kita ketahui sebagai gempa.

#### a. Peta Gempa Indonesia

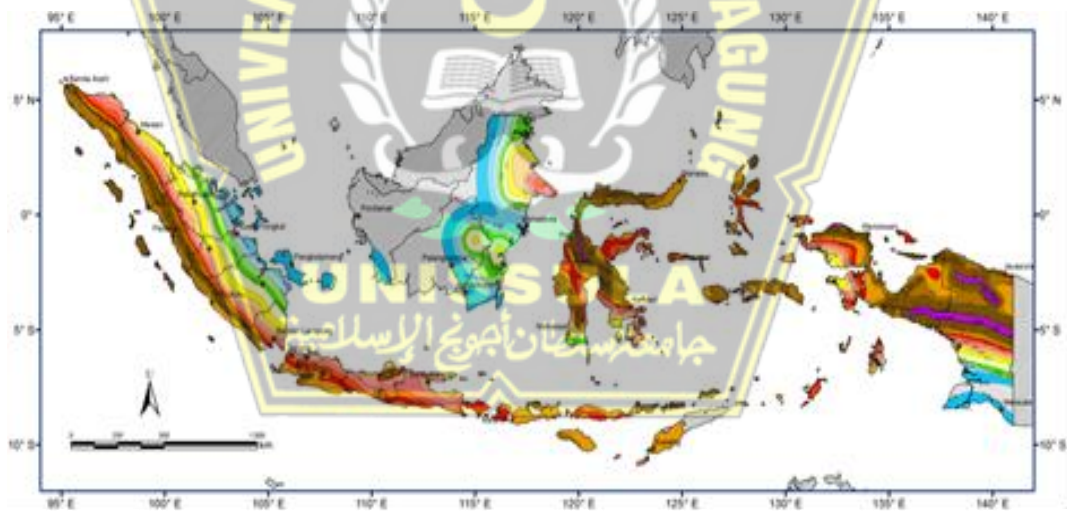
Peta gempa ini merupakan acuan guna mendesain bangunan tahan terhadap gempa dengan pedoman SNI 1726 – 2019.



**Gambar 2. 7** Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA) 2%

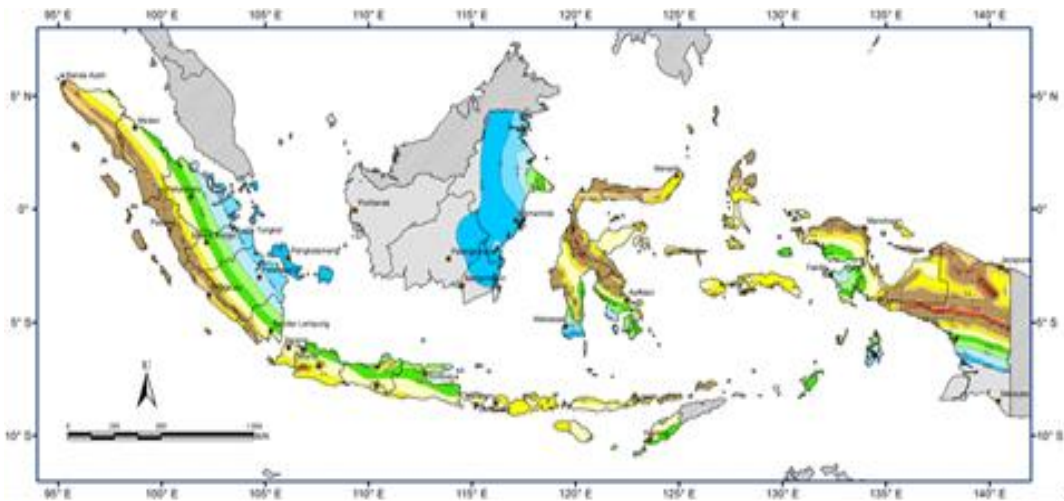
(Sumber : Puskim.Pu)

Peta gempa ini ditentukan berdasarkan parameter  $S_s$  (Parameter hasil percepatan respon spektra gempa pada periode pendek) dan  $S_l$  (Parameter hasil percepatan respon spektra gempa pada periode 1 detik, teredam 5% percepatan batuan dasar pada periode 1 detik).



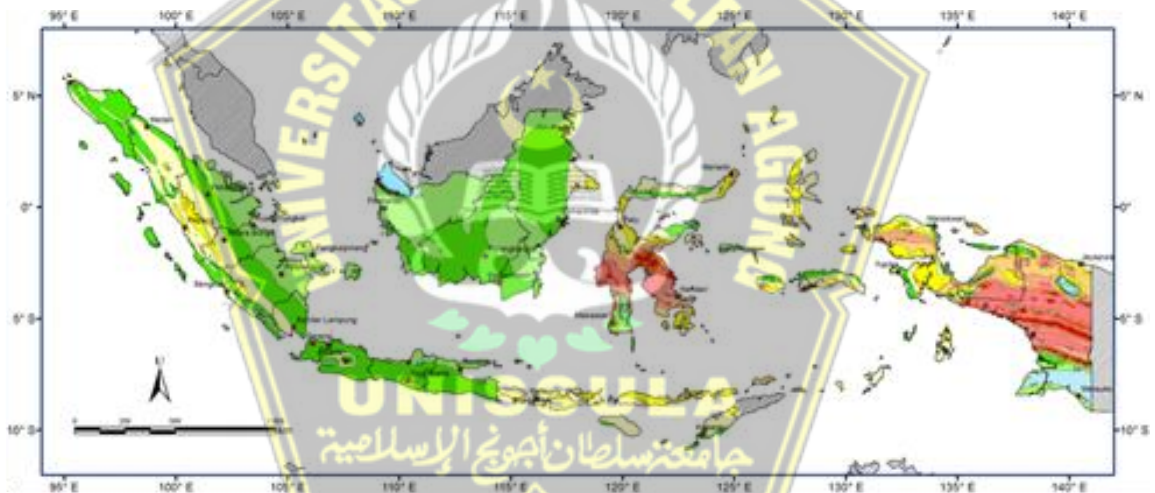
**Gambar 2. 8** Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter  $S_s$

(Sumber : Puskim.Pu)



**Gambar 2. 9** Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter  $S_1$

(Sumber : Puskim.Pu)



**Gambar 2. 10** Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Periode Panjang

(Sumber : Puskim.Pu)

b. Kategori Resiko Struktur Bangunan

Nilai pada resiko bangunan gedung maupun non-gedung memiliki nilai yang berbeda-beda dengan fungsi tertentu. Struktur bangunan gedung maupun non-gedung untuk berbagai resiko dapat disesuaikan dengan Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa (*SNI 1726:2019*) serta pengaruh gempa rencana terhadapnya

harus dikalikan faktor keutamaan ( $I_e$ ) yang telah disesuaikan dengan Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019) Khususnya untuk struktur bangunan dengan kategori resiko IV, bila mana dibutuhkan suatu pintu masuk yang dapat digunakan dalam operasional struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kondisi kategori resiko IV.

**Tabel 2. 3.** Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa.

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



**Tabel 2. 3.** Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa.

(Lanjutan)

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

Berikut ini adalah tabel Faktor Keutamaan Gempa.

**Tabel 2. 4.** Faktor Keutamaan Gempa.

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

**Tabel 2. 5** Faktor Daktilitas Struktur

sistem pemikul gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respon $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_u(m)^d$				
				Kategori desain seismik				
C. Sistem rangka pemikul momen				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>e</sup>
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5^{1/2}$	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	$4^{1/2}$	3	4	TB	TB	$10^k$	$TI^k$	$TI^k$
4. Rangka baja pemikul momen biasa	$3^{1/2}$	3	3	TB	TB	$TI^l$	$TI^l$	$TI^l$
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>m</sup>	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4^{1/2}$	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	$4^{1/2}$	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	$5^{1/2}$	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	$2^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan	$3^{1/2}$	$3^0$	$3^{1/2}$	10	10	10	10	10

c. Koefisien Kelas Situs

Untuk dapat menentukan koefisien situs, maka harus berdasarkan nilai  $S_s$  serta  $S_1$ . Hasil nilai  $F_a$  dan  $F_v$  bertujuan merambatkan gelombang gempa menuju permukaan yang mana bisa dihitung dengan interpolasi atau berdasarkan tabel yang tersedia.

**Tabel 2. 6.** Koefisien Situs  $F_a$

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

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

**Tabel 2. 7.** Koefisien Situs  $F_v$

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

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

Untuk nilai-nilai antara  $SS$  dapat dilakukan interpolasi linier

$SS$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisa respons situs spesifik

d. Spektrum Respon Desain

Tata cara desain respons spektrum dan prosedur gerak tanah dari spesifikasi dalam situs – situs tidak digunakan, maka kurva desain respons spektrum harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.5 dan mengikuti ketentuan sebagai berikut:

1. Periode yang lebih dari  $T_0$ , respons spektrum percepatan desai,  $S_a$ , harus diambil persamaan : $S_a = S_{DS} [0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}]$ .....(2.21)

2. Periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , respons spektrum percepatan desain.  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$  .....(2.22)

3. Periode lebih besar  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spectral percepatan desain,  $S_a$ , diambil dari persanmaan  $S_a = \frac{SD1}{T}$  .....(2.23)

4. Periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektrum percepatan desain.  $S_a$ , diambil berdasarakan persamaan  $S_a = \frac{SD1TL}{T^2}$ .....(2.24)

Di mana:

$S_{DS}$  = Parameter respons spektrum percepatan desain pada periode pendek.

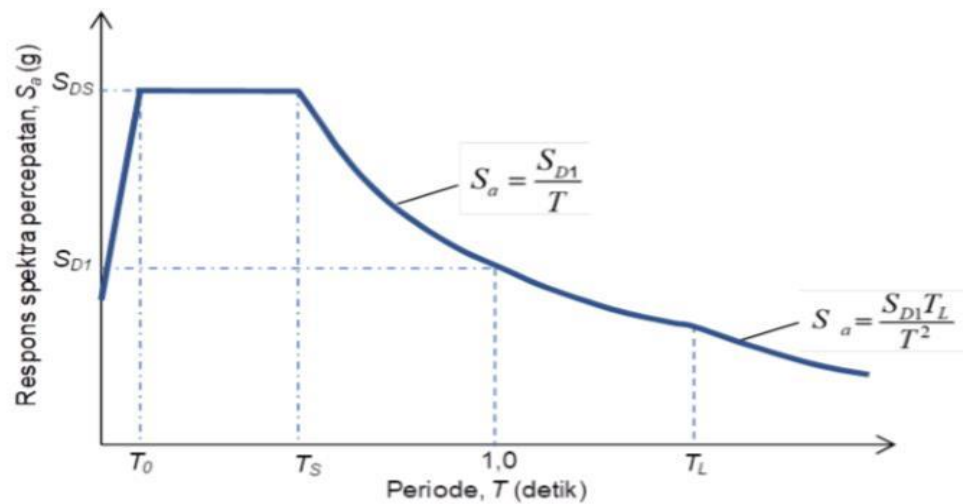
$S_{D1}$  = Parameter respons spektrum percepatan desain pada periode 1 detik.

$T$  = Periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS} 1 \dots\dots\dots(2.25)$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} 1 \dots\dots\dots(2.26)$$

$T_L$  = Peta transisi panjang yang ditunjukkan pada Gambar 2.5



**Gambar 2. 11** Spektrum Respons Desain.

(Sumber : SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional)

5. Kategori Desain Seismik

Nilai ini didapatkan dengan seismik berdasarkan nilai  $S_1$  dan  $S_{DS}$  nya dengan mempertimbangkan kategori risiko paling besar. Kategori A merupakan yang terkecil.

**Tabel 2. 8.** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.

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

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

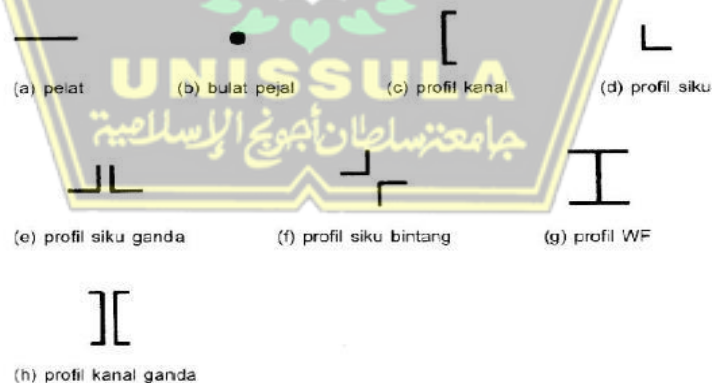
**Tabel 2. 9.** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik.

Nilai $SDI$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,167$	A	A
$0,067 \leq SDI < 0,133$	B	C
$0,33 \leq SDI < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SDI$	D	D

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

## 2. 7 Batang Tarik

Batang tarik digunakan di banyak struktur baja, seperti struktur jembatan, rangka atap, menara transmisi, ladang angin, dll. Drawbar ini sangat efektif dalam membawa beban. Bilah ini dapat berisi profil tunggal atau profil bertumpuk. Contoh penampang batang tarik adalah profil bulat, sudut pelat, sudut rangkap, sudut bintang, saluran, wf, dll. (Mulyono, I. (2016) Gambar di bawah ini menunjukkan beberapa penampang batang tarik yang umum digunakan..



**Gambar 2. 12** Penampang batang tarik

(Sumber : *Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD*)

### 1. Batas Kelangsingan

Tidak ada batas kelangsingan maksimum untuk komponen struktur yang mengalami tarik.

**Catatan Pengguna:** Rasio kelangsingan masing-masing komponen antara konektor harus dibatasi hingga 300 dengan jarak longitudinal konektor. SNI 1729-2020)

## 2. Kekuatan Tarik

Sesuai dengan kekuatan tarik desain SNI 1729-2020,  $tP_n$ , dan kekuatan tarik yang diijinkan,  $P_n/t$ , komponen struktur tarik harus memiliki nilai terendah yang ditentukan oleh keadaan batas kegagalan tarik pada penampang bersih dan leleh tarik pada penampang kotor, masing-masing.

$$P_u \leq \phi_t \cdot P_n \dots\dots\dots(2.27)$$

1. Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$\phi_t = 0,9 \dots\dots\dots(2.28)$$

$$P_n = F_y A_g \dots\dots\dots(2.29)$$

2. Untuk Keruntuhan tarik pada penampang neto:

$$\phi_t = 0,75 \dots\dots\dots(2.30)$$

$$P_n = F_u A_e \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan :

$A_g$  = luas bruto dari komponen struktur ( $\text{mm}^2$ )

$A_e$  = luas neto efektif ( $\text{mm}^2$ )

$F_y$  = tegangan leleh minimum terspesifikasi (MPa)

$F_u$  = tegangan tarik minimum terspesifikasi (MPa)

## 2. 8 Batang Tekan

Menurut SNI 1729 2020, kuat tekan desain  $\phi_c P_n$  dan kuat tekan tersedia  $P_n/\phi_c$  ditentukan sebagai berikut. Kuat tekan nominal  $P_n$  adalah nilai terendah yang dihasilkan dari keadaan batas tekuk lentur, torsi dan tekuk torsi lateral.

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_n \dots\dots\dots(2.31)$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \dots\dots\dots(2.32)$$

$$\phi_c = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

1. Tegangan kritis,  $F_{cr}$ , ditentukan sebagai berikut:

• Bila  $\frac{L_c}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (atau  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$ )

$$F_{cr} = (0,658 \frac{F_y}{F_e}) F_y \dots\dots\dots(2.33)$$

• Bila  $\frac{Lc}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (atau  $F_y F_e \leq 2,25$ )

$$F_{cr} = 0,877 F_e \dots\dots\dots(2.34)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(Lc r)^2} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dengan:

$A_g$  = luas penampang melintang bruto komponen struktur, in<sup>2</sup> . (mm<sup>2</sup> )

$E$  = modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)

$F_e$  = tegangan tekuk elastis ksi (Mpa)

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

$r$  = radius girasi, in. (mm)

2. Panjang Efektif / Rasio Kelangsingan Untuk komponen struktur yang didesain berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif,  $L_c / r$  sebaiknya tidak melebihi 200.

$$L_c = \frac{KL}{r} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dengan:

$K$  = faktor panjang efektif

$L_c = KL$  = panjang efektif komponen struktur, in. (mm)

$L$  = panjang tak terbebas lateral pada komponen struktur tersebut, in. (mm)

$r$  = radius girasi, in. (mm)

## 2.9 Kapasitas Geser

Menurut SNI 1729 2020 menyatakan bahwa untuk *LRFD*, hubungan antara kekuatan yang diperlukan dan kekuatan yang tersedia

$$V_u \leq \phi_v V_n \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

$V_u$  : berdasarkan kombinasi pengendalian beban geser maksimum yang diperhitungkan

$\phi_v$  : faktor hambatan untuk gaya geser

Seperti yang kita lihat, nilai koefisien resistansi dan faktor keamanan bergantung pada rasio lebar-ketebalan bingkai.



Tahanan geser nominal  $V_n$  adalah:

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana :

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

$A_w$  = luas badan, tebal keseluruhan dikalikan tebal badan, dtw, in<sup>2</sup> . (mm)

$C_v$  = Koefisien kekuatan geser badan.

Nilai batas  $C_v$  tergantung pada kondisi batas leleh rangka, rangka tekuk tidak elastis, atau rangka tekuk elastis.

Kasus 1: Untuk bentuk canai panas I

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots\dots\dots(2.38)$$

Status batas geser menghasilkan, dan

$$C_v = 1.0$$

$$\phi_v = 1.00$$

Sebagian besar bentuk W dengan  $F_y \leq 50$  ksi termasuk dalam kategori ini (lihat persamaan AISC 2.3)

Kasus 2: Untuk semua bentuk simetris ganda dan tunggal lainnya,

$$\phi_v = 0.90$$

dan  $C_v$  ditentukan sebagai berikut:

untuk  $\frac{h}{tw} \leq 1.10 \sqrt{\frac{KvE}{F_y}}$  tidak ada ketidakstabilan rangka, dan

$$C_v : 1.0$$

untuk  $1.10 \sqrt{\frac{KvE}{F_y}} < \frac{h}{tw} \leq 1.37 \sqrt{\frac{KvE}{F_y}}$  rangka tekuk yang tidak elastis dapat terjadi, dan

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{\frac{KvE}{F_y}}}{h/tw} \dots\dots\dots(2.39)$$

untuk  $\frac{h}{tw} > 1.37 \sqrt{\frac{KvE}{F_y}}$  keadaan batasnya adalah rangka tekuk elastis, dan

$$C_v = \frac{1,51K_v E}{(h/tw)^2 F_y} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

$$K_v = 5$$

Nilai kv ini untuk rangka tidak kaku dengan  $\frac{h}{tw} < 260$ . Walaupun persamaan

2.11 dalam spesifikasi tidak memberikan  $\frac{h}{tw} = 260$  sebagai batas atas,

tidak ada nilai kv yang diberikan saat  $\frac{h}{tw} \geq 260$ . Selain itu, "Batas

Proporsional

untuk komponen struktur berbentuk I", menunjukkan bahwa  $\frac{h}{tw}$  di berada

pada balok tidak kaku

tidak boleh melebihi 260



## **BAB III**

### **METODE PERANCANGAN**

#### **3.1 Pendahuluan**

Pada Tugas Akhir ini, penulis merencanakan ulang Gedung pertunjukan seni yaitu Gedung Ki Nartosabdo- TBRS Semarang dengan struktur baja untuk struktur atap. Permodelan analisa struktur atas Gedung pertunjukan seni ini menggunakan *software SAP2000v15* dan dikontrol menggunakan perhitungan manual.

Peraturan – peraturan yang dipakai sebagai pedoman pada proses perancangan bangunan gudang ini, yaitu sebagai berikut :

1. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2020).
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung (SNI 1726:2019).
3. Penjelasan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya (SNI 2847:2019).
4. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)

#### **3.2 Tahapan Perancangan**

Dalam perancangan bangunan gudang terdapat tahapan perancangan, yaitu sebagai berikut:

##### **3.2.1 Pengumpulan Data**

Tahapan awal yang dilakukan untuk dimulainya perancangan struktur bangunan gedung yaitu pengumpulan data utama. Adapun pengumpulan data yang dilakukan, adalah:

1. Data tanah (Bor Mesin)
2. Tabel profil baja IWF.
3. Deskripsi umum Gedung pertunjukan seni.

4. Denah serta sistem struktur Gedung pertunjukan (TBRIS).
5. Data pembebanan struktur Gedung pertunjukan.
6. Mutu dan material yang akan digunakan.
7. Metode analisa dan desain struktur.
8. Standar dan referensi yang digunakan dalam proses perancangan.

### **3.2.2 Permodelan Struktur**

Permodelan struktur terdiri dari perancangan permodelan struktur atap, struktur atas dan struktur bawah. Permodelan struktur atap dan struktur atas gedung ini disesuaikan dengan gambar denah yang ada kemudian dirancang ulang menggunakan baja dengan menggunakan *software SAP2000v15*.

### **3.2.3 Perhitungan Pembebanan**

Perhitungan pembebanan dilakukan dari bagian atap, kemudian pelat, balok, kolom dan berikutnya ke fondasi yang akan menyalurkan seluruh beban ke tanah. Pembebanan yang akan diperhitungkan, meliputi:

1. Beban mati terdiri dari beban struktur sendiri dan berat bahan pendukung,
2. Beban Hidup adalah beban peralatan serta manusia yang pada akhirnya menjadi beban struktur.
3. Beban gempa diperoleh dari berat sendiri bangunan gudang dengan beberapa perhitungan didapat gaya gempa dari arah X dan arah Y.
4. Beban angin diperhitungkan karena Beban angin akan mempengaruhi kuat struktur pada suatu Gedung / bangunan.

### **3.2.4 Analisa Struktur**

Analisa struktur dilakukan menggunakan *software SAP2000v15* serta perhitungan secara manual. Analisa ini berfungsi untuk mendapatkan hasil gaya momen, gaya lintang (geser) dan gaya normal (aksial). Kemudian gaya tersebut berfungsi untuk mengontrol struktur pada bangunan tersebut.

### **3.2.5 Perhitungan Dimensi**

Perhitungan dimensi merupakan perhitungan dimensi kolom, balok, kuda-kuda, gording, pelat, fondasi. Dimensi dicari yang paling ekonomis, agar tidak terjadi pemborosan biaya yang dibutuhkan pada pembangunan struktur Gedung ini.

### 3.3 Penyajian Laporan dan Format Penggambaran

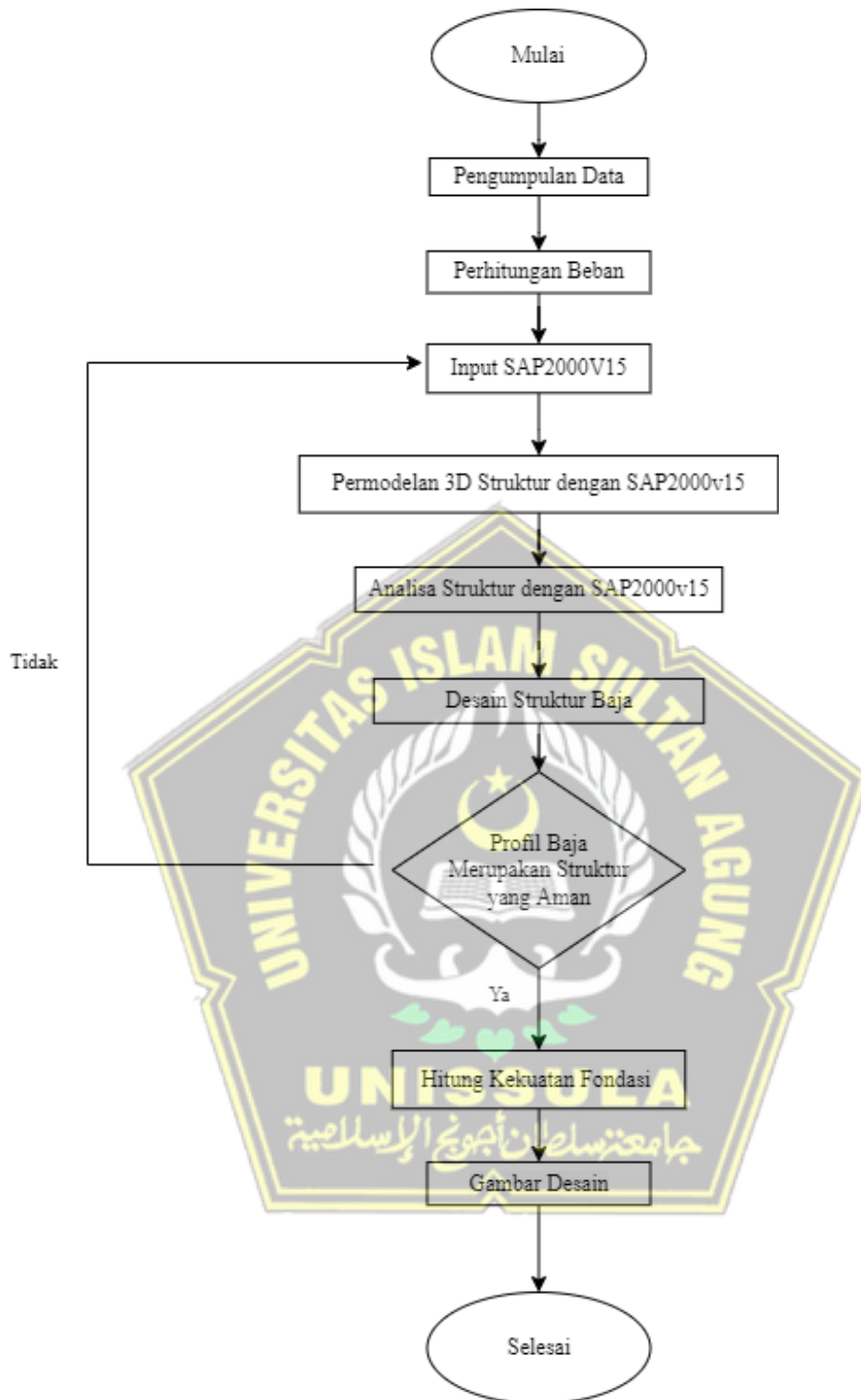
Penyajian laporan dalam Tugas Akhir ini berdasar pada pedoman penulisan laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang meliputi sistematika penulisan, penggunaan bahasa, serta bentuk laporan.

Sedangkan format penggambaran sesuai dengan peraturan dan tata cara penggambaran teknik struktur bangunan.

### 3.4 Diagram Alir Perancangan

Berikut ini merupakan diagram alir (*flow chart*) perancangan desain untuk struktur gudang yang penulis rencanakan, yaitu sebagai berikut:





**Gambar 3.1** Diagram Alur Perancangan Struktur Gedung TBRS Dengan Struktur Baja.

## BAB IV

### ANALISA DAN PERHITUNGAN

#### 4.1. Pra-Pendimensi dan Permodelan Struktur

##### 4.1.1. Pradimensi Komponen Struktur

###### 1. Elemen Balok

Penentuan tipe balok berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 9.1 yang menghasilkan dimensi balok seperti pada tabel berikut,

**Tabel 4. 1** Elemen Balok

No.	Tipe Balok	Tebal Atas	Tebal Bawah	Tebal Tengah
1	BI-1 400 cm x 700 cm	10	10	8
2	BI-2 300 cm x 500 cm	7	7	5
3	BI-3 300 cm x 600 cm	7	7	5

###### 2. Elemen Kolom

Asumsi pendimensian kolom yang ditunjukkan pada tabel 4.2 mengacu pada rumus:

$$A_g \geq \frac{P}{0,25 \text{ hingga } 0,35 f_c'}$$

**Tabel 4. 2** Elemen Kolom

No.	Tipe Kolom	Tebal Atas (mm)	Tebal Bawah (mm)	Tebal Tengah (mm)
1	K 400 cm x 600 cm	100	100	90

### 3. Elemen Pelat

Sesuai SNI 2847:2019 Tabel 9.5(c), tebal minimum balok non prategang atau pelat dapat ditentukan sebagai berikut:

**Tabel 4. 3** tebal minimum pelat dan balok

Tegangan leleh, $f_y$ MPa <sup>1</sup>	Tanpa penebalan <sup>2</sup>		Dengan penebalan <sup>2</sup>			
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>3</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>3</sup>	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

<sup>1</sup> Untuk konstruksi dua arah,  $\ell_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.  
<sup>2</sup> Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.  
<sup>3</sup> Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.  
<sup>4</sup> Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Sesuai dengan persyaratan diatas, maka digunakan pelat dengan ketebalan 125 mm.

### 4. Elemen Dinding Geser

Perancangan dinding geser menggunakan tebal yang sama sepanjang tinggi bangunan. Perancangan tebal dinding geser dilakukan dengan membagi tinggi per lantai terbesar atau panjang dinding geser yang dibagi dengan 25, diantara kedua nilai tersebut digunakan yang terkecil,



$$T_{dinding} = \frac{hw}{25}$$

$$T_{dinding} = \frac{lw}{25}$$

Syarat kedua yang menjadi acuan penentuan tebal dinding geser adalah SNI 2847:2019 pada pasal 21.7.5.1 yaitu panjang penyaluran ( $I_{dh}$ ) dengan rumus,

$$I_{dh} = \frac{f_y \times d_b}{5.4 \times \sqrt{f_c}}$$

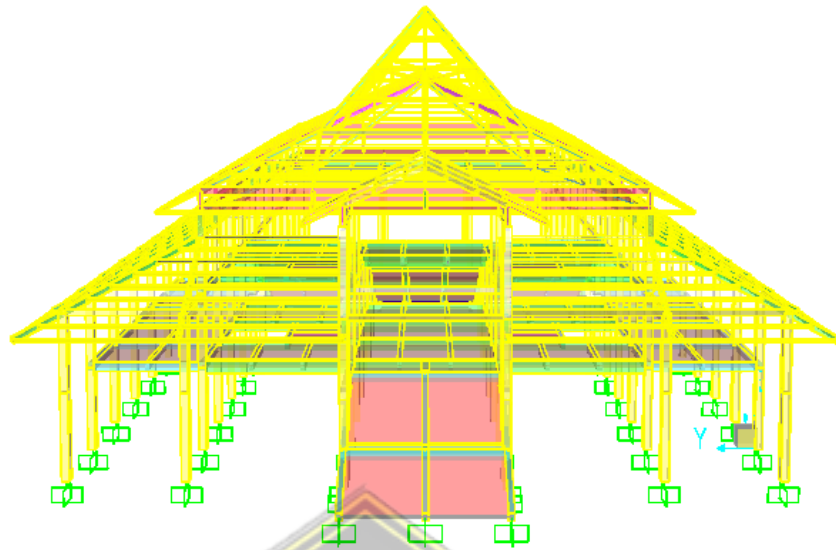
Tebal minimum =  $I_{dh}$  + selimut beton

#### 4.1.2. Permodelan Struktur

Berikut ini merupakan permodelan 3D struktur Gedung Ki Nartosabdo-TBRS, Permodelan ini dibuat berdasarkan gambar arsitektur yang telah direncanakan akan tetapi dimodifikasi pada atapnya menjadi atap model joglo. Permodelan mencakup kolom, balok, pelat dan atap yang dimodelkan secara tiga dimensi (3D) dengan menggunakan *software* SAP2000v15 disajikan pada gambar 4.1 dan 4.2,



**Gambar 4.1.** Gambar Permodelan struktur 3D tampak Atas



**Gambar 4.2.** Gambar permodelan struktur 3D tampak Depan

#### 4.2. Formulasi Pembebanan Struktur

Pada perancangan Gedung Ki Nartosabdo-TBRS, kombinasi pembebanan yang digunakan disesuaikan dengan standard SNI 1726:2019 yaitu sebagai berikut,

1.  $1,4D$
2.  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr$
3.  $(1,2+0,2 SDS)DL + 1 LL \pm pQE \pm 0,3(pQE)$
4.  $(1,2+0,2 SDS)DL + 1 LL \pm 0,3(pQE) \pm pQE$
5.  $(0,9-0,2 SDS)DL \pm pQE \pm 0,3(pQE)$
6.  $(0,9-0,2 SDS)DL \pm 0,3(pQE) \pm Pqe$
7.  $1,2 DL + 1 LL \pm 1,6 WL$
8.  $0,9 DL \pm 1,6 WL$

Pembebanan beban mati pada permodelan struktur terdiri dari beban struktur itu sendiri dan beban mati tambahan berupa luasan beban merata yang di bebankan pada pelat lantai, dengan anggapan bahwa beban mati tambahan tersebut berupa *plafond*, *finishing* lantai, penggantung *plafond (hollow)*, dan beban mati lainnya.

Tetapi, untuk standard pembebanan dalam beban hidup yang bekerja pada pelat lantai mengacu pada Tabel 4-1 SNI 1727:2020. Beban hidup yang digunakan berbeda-beda tergantung pada fungsi bangunan dan ruangan tersebut. Beban hidup merata yang digunakan dalam analisis struktur adalah sebagai berikut,

1. Ruang Pertemuan = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
2. Lobi = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
3. Kursi dapat dipindahkan = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
4. Lantai Podium = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
5. *Lavatory, Musholla, Pantry* = 1,96 kN/m<sup>2</sup>
6. Atap = 0,96 kN/m<sup>2</sup>

Untuk pembebanan gempa akan dibahas lebih rinci di sub bab 4.4 Analisis Desain Seismik.

#### 4.3. Mutu Bahan Struktur

Bahan yang digunakan untuk analisis permodelan struktur adalah sebagai berikut,

1. Mutu beton yang digunakan untuk bahan struktur yaitu, pelat, balok, kolom, dan dinding geser:

$$F_c = 30 \text{ Mpa}$$

2. Mutu baja tulangan yang digunakan yaitu:

$$F_y = 400 \text{ Mpa (ulir, } d \geq 10 \text{ mm)}$$

$$F_y = 320 \text{ Mpa (ulir, } d \leq 10 \text{ mm)}$$

#### 4.4. Perencanaan Gempa Rencana

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur yang diakibatkan oleh pergerakan tanah akibat dari getaran gempa bumi. Beban gempa pada struktur bangunan ini didapatkan dengan metode respons spektra sesuai SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Parameter yang digunakan untuk analisa respons spektra diperoleh berdasarkan data dari Aplikasi Desain Spektra Indonesia yang disediakan oleh Puslitbang Perumahan dan Pemukiman (Puskim)

Kementerian PUPR yang sesuai dengan koordinat lokasi yang diambil yaitu di Kota Semarang. Berikut merupakan analisa gempa pada bangunan ini:

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

Berdasarkan jenis pemanfaatannya, sesuai dengan Tabel 3- SNI 1726:2019 perencanaan ini masuk dalam kategori struktur dengan kategori resiko gempa III yaitu Gedung Pertemuan sehingga memiliki faktor keutamaan gempa,  $I_e = 1,25$ .

**Tabel 4.4** Kategori Resiko Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: Bioskop Gedung Pertemuan Stadion Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat Fasilitas penitipan anak Penjara Bangunan untuk orang jompo	III

(Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional)

**Tabel 4.5** Faktor Keutamaan Gempa,  $I_e$

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

(Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional)

Gedung yang direncanakan berupa gedung pertunjukan atau pertemuan dengan kategori risiko III, dan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) = 1,25

#### 4.4.2. Parameter Dasar $S_s$ dan $S_1$

Parameter – parameter dasar pergerakan tanah dalam SNI 1726:2019 adalah  $S_s$  dan  $S_1$ .  $S_s$  adalah parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (0,2 detik) dengan redaman 5% berdasarkan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Resiko Tersesuaikan ( $MCE_R = Risk Targeted Maximum Considered Earthquake$ ) dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. Penggunaan kedua parameter ini menentukan parameter percepatan spektral *design*  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  SNI 1726:2019.

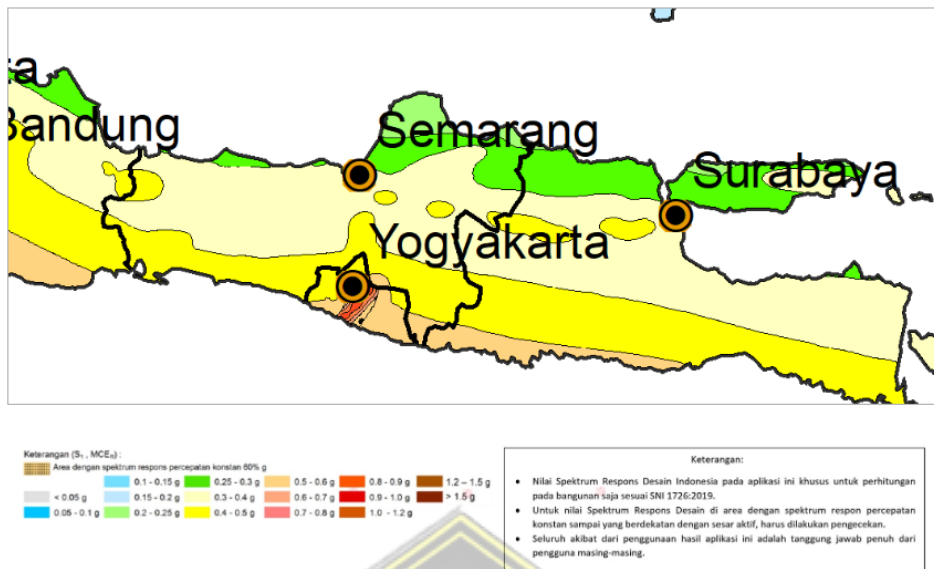
Percepatan batuan dasar  $MCE_R$  dilokasi ini dengan periode pendek 0,2 detik dan 1 detik berdasarkan Aplikasi Desain Spektra Indonesia yang disediakan oleh Puslitbang Perumahan dan Pemukiman (Puskim) Kementerian PUPR.



Gambar 4.3 Peta  $S_s$

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

Berdasarkan peta tersebut, lokasi pekerjaan pada koordinat - 7.002905778839201, 110.4242724295229 memiliki nilai percepatan spektral periode pendek yaitu,  $S_s = 0,8789$  g.



**Gambar 4.4** Peta S<sub>1</sub>

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

Berdasarkan peta tersebut, lokasi pekerjaan pada koordinat - 7.002905778839201, 110.4242724295229 memiliki nilai percepatan spektral periode 1 detik yaitu, S<sub>1</sub> = 0,3797 g.

#### 4.4.3. Kelas Lokasi (Klasifikasi Situs)

Profil tanah dari hasil investigasi geoteknik pada 2 titik (B-1 dan B-2) di lokasi pembangunan gudang dengan klasifikasi dibawah ini:

**Tabel 4.6** Data N-SPT

Kedalaman (m)	Tebal (di)	Sondir SM.1				Sondir SM.2				Sondir SM.3			
		qc rt. (kg/cm <sup>2</sup> )	q all. (kg/cm <sup>2</sup> )	N-SPT	di/Ni	qc rt. (kg/cm <sup>2</sup> )	q all. (kg/cm <sup>2</sup> )	N-SPT	di/Ni	qc rt. (kg/cm <sup>2</sup> )	q all. (kg/cm <sup>2</sup> )	N-SPT	di/Ni
-1,00	1,00	14,00	1,20	5	0	2,67	0,23	1	1	25,00	1,43	8	0
-2,00	1,00	9,20	0,81	3	0	2,80	0,26	1	1	8,00	0,71	3	0
-3,00	1,00	6,00	0,55	2	1	4,80	0,45	2	1	7,60	0,69	3	0
-4,00	1,00	7,60	0,71	3	0	4,00	0,40	1	1	5,20	0,51	2	1
-5,00	1,00	4,80	0,49	2	1	6,40	0,63	2	0	8,00	0,77	3	0
<b>TOTAL</b>	5,00			3	2			1	4			4	2

(Sumber: Data Tanah,2022)

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N1} = \frac{5}{2} = 2,5 ; \bar{N2} = \frac{5}{4} = 1,25 ; \bar{N3} = \frac{5}{2} = 2,5$$

Jadi, nilai  $\bar{N} = 2,0833$

Berdasarkan hasil analisa diatas nilai  $\bar{N} = 2,0833 < 15$ , sehingga klasifikasi situs tanah tergolong pada jenis SE (tanah lunak) yang dapat disesuaikan pada Tabel 5-Klasifikasi Situs SNI 1726:2019, dengan kualifikasi sebagai berikut.

**Tabel 4.7** Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	N atau $N_{ch}$	$S_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak )	350 – 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 – 100
SE (tanah lunak )	<175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karekteristik sebagai berikut : Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser nir air $S_u < 25$ kPa		

CATATAN : N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional)

#### 4.4.4. Menentukan Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral

Kedua parameter dasar  $S_s$  dan  $S_1$  tidak dapat digunakan langsung untuk setiap situs tanah. Masih perlu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan 1 detik yaitu:

- Faktor amplifikasi getaran untuk percepatan pada getaran periode pendek,  $F_a$ .
- Faktor amplifikasi getaran untuk percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik,  $F_v$ .

Kedua faktor ini disebut sebagai faktor kelas. Produk dari kombinasi parameter percepatan dasar pergerakan tanah dan faktor amplifikasi adalah SMS dan SMI, yang masing – masing merupakan parameter respons spektra percepatan untuk gempa tertimbang maksimum pada periode pendek (0,2 detik) dan periode 1 detik yang telah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs. Parameter – parameter ini ditentukan menurut persamaan berikut (SNI 1726:2019 Pasal 6.2) dan koefisien situs, adalah sebagai berikut:

- $S_{MS} = F_a \times S_S$  (Periode Pendek)
- $S_{MI} = F_v \times S_1$  (Periode 1 detik)

**Tabel 4.8** Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas Situs	Faktor Amplifikasi Percepatan Gempa Periode Pendek (T = 0,2 detik)					
	$SS \leq 0,25$	$SS = 0,5$	$SS = 0,75$	$SS = 1,0$	$SS = 1,25$	$SS \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8

**Tabel 4.9** Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas Situs	Faktor Amplifikasi Percepatan Gempa Periode Pendek (T = 0,2 detik)					
	$S1 \leq 0,1$	$S1 = 0,2$	$S1 = 0,3$	$S1 = 0,4$	$S1 = 0,5$	$S1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0

Berdasarkan Tabel 6- dan Tabel 7- SNI 1726:2019 mengenai koefisien situs,  $F_a$  dan koefisien situs,  $F_v$  setelah dilakukan interpolasi, pada situs tanah SE (tanah



lunak) dengan  $S_s = 0,8797$  g dan  $S_1 = 0,3797$  g setelah diinterpolasi linear didapatkan  $F_a = 1,19$  dan nilai  $F_v = 2,48$ . Sehingga dapat diperoleh sebagai berikut dengan menggunakan persamaan (2.19) dan persamaan (2.20)

- $S_{MS} = F_a \times S_s = 1,19 \times 0,8789 = 1,050$  g (Periode Pendek)
- $S_{MI} = F_v \times S_1 = 2,48 \times 0,3797 = 0,945$  g (Periode 1 detik)

#### 4.4.5. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik  $S_{DI}$ , harus ditentukan melalui persamaan (2.21) dan persamaan (2.22) adalah:

- $S_{DS} = 2/3 \times S_{MS} = 0,70$  g
- $S_{DI} = 2/3 \times S_{MI} = 0,63$  g

#### 4.4.6. Respons Spektra Desain

Respons spektra desain dapat dihitung dengan mengacu pada SNI 1726:2019. Dimana persamaan – persamaan yang disediakan dapat dihitung nilai – nilai periode yang dibutuhkan dalam membuat respons spektra desain dimulai dari  $T_0$ ,  $T_s$  hingga periode – periode berikutnya nilainya dapat dihitung dengan persamaan (2.27) dan persamaan (2.28) adalah:

- $T_0 = 0,2 (S_{DI} / S_{DS}) = 0,2 (0,63 / 0,70) = 0,180$  detik
- $T_s = S_{DI} / S_{DS} = 0,63 / 0,70 = 0,900$  detik

Sehingga, nilai spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  dapat ditentukan berdasarkan peraturan untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spectral percepatan desain,  $S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 (T/T_0)) = 0,551/0,4 = 0,2203$  detik

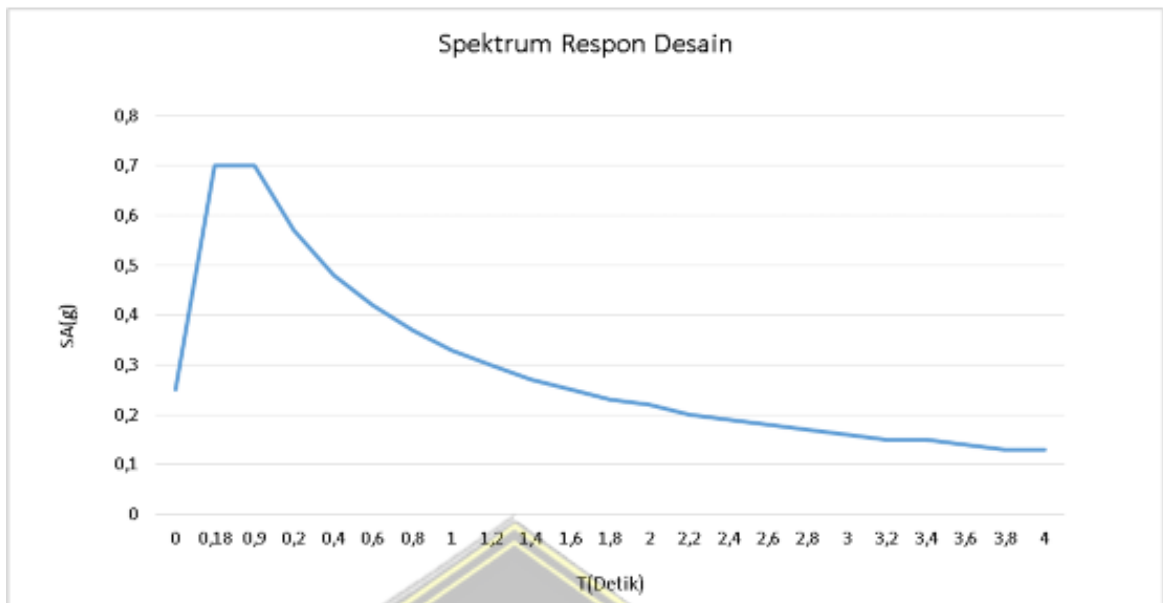
Respons Spektra Desain juga dapat diambil dari Aplikasi Desain Spektra Indonesia yang disediakan oleh Puslitbang Perumahan dan Pemukiman (Puskim) Kementerian PUPR yang telah disesuaikan dengan SNI 1726:2019. Berikut merupakan data gempa yang didapatkan dari Aplikasi Desain Spektra, sesuai dengan **Tabel 4.10**.

**Tabel 4.10** Nilai Respons Spektra Desain

<b>T</b>	<b>T0</b>	<b>Sa = SDS*(0,4+0,60*(T/T0))</b>
0	0,14	0,251108267
<b>T</b>	<b>T</b>	<b>Sa = SDS</b>
T0	0,18	0,70
Ts	0,90	0,70
<b>T</b>	<b>T</b>	<b>Sa = SD1/(Ts+T)</b>
0,2	1,10	0,57
0,4	1,30	0,48
0,6	1,50	0,42
0,8	1,70	0,37
1	1,90	0,33
1,2	2,10	0,30
1,4	2,30	0,27
1,6	2,50	0,25
1,8	2,70	0,23
2	2,90	0,22
2,2	3,10	0,20
2,4	3,30	0,19
2,6	3,50	0,18
2,8	3,70	0,17
3	3,90	0,16
3,2	4,10	0,15
3,4	4,30	0,15
3,6	4,50	0,14
3,8	4,70	0,13
4	4,90	0,13

(Sumber: Hasil Analisa, 2022)

Berdasarkan **Tabel 4.10** maka dapat dihasilkan grafik hubungan antara periode (T) dan respon percepatan gempa (Sa). Gambar grafik yang didapat antar hubungan keduanya dibuat menggunakan Microsoft Excel adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.5** Spektral Percepatan  
 (Sumber: Desain Spektra Indonesia. PUSKIM,.PUPR)

**4.4.7. Kategori Desain Seismik dan Penahan Gaya Gempa**

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang sesuai dengan Tabel 8 dan Tabel 9 SNI 1726:2019. Berdasarkan penentuan sebelumnya, bangunan ini direncanakan masuk pada kategori resiko III dan memiliki  $S_{DS} = 0,70$  g dan  $S_{D1} = 0,63$  g. Sehingga diperoleh bahwa bangunan ini masuk pada kategori desain seismik tinggi yaitu D.

**Tabel 4.11** Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{DS}$

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

(Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional)

**Tabel 4.12** Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{DI}$

Nilai $S_{DI}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,33 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional)

Sistem penahan gempa lateral dan vertical dasar pada struktur bangunan ini direncanakan memiliki penahan gaya seismic berupa Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang disesuaikan pada Tabel 12 SNI 1726:2019, sehingga memiliki nilai Koefisien Modifikasi Respons ( $R$ ) = 8, Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega_0$ ) = 3 dan Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) = 5,5. Hal ini dikarenakan struktur rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK) dikhususkan untuk bangunan yang memiliki kategori resiko kegempaan pada nilai kategori resiko D (tinggi).

**Tabel 4.13** Sistem Pemikul Gaya Seismik

C. Sistem rangka pemikul momen									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>k</sup>	TI <sup>k</sup>	TI <sup>k</sup>	TI <sup>k</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>l</sup>	TI <sup>l</sup>	TI <sup>l</sup>	TI <sup>l</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>n</sup>	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan <sup>n</sup>	3½	3 <sup>o</sup>	3½	10	10	10	10	10	10

(Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional)

**Tabel 4.14** Data Spektrum Respon Gempa Rencana

$S_s$	0,8789	$T_0$	0,180
$S_I$	0,3797	$T_s$	0,900
$F_a$	1,1	$R_0$	8
$F_v$	2,4	$\Omega_0$	3
$S_{MS}$	1,05	$C_0$	5,5
$S_{MI}$	0,945		
$S_{DS}$	0,700		
$S_{DI}$	0,63		

Maka dari data di atas didapatkan data sebagai berikut :

Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) = 1,25

Koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 8,0

**Kombinasi Beban Gempa**

$I_e / R = 1,25/8 = 0,156$

$\frac{I_e}{R} \times 0,3 = \frac{1,25}{8} \times 0,3 = 0,046$

**Tabel 4.15** Kombinasi Pembebanan

No											
1	1.4	D									
2	1.2	D	+	1.6	L	+	0.5	Lr			
3	1.34	D	+	0.156	Qx	+	0.046	Qy	+	1	L
4	1.34	D	+	0.046	Qx	+	0.156	Qy	+	1	L
5	1.34	D	-	0.156	Qx	+	0.046	Qy	+	1	L
6	1.34	D	-	0.046	Qx	+	0.156	Qy	+	1	L
7	1.34	D	+	0.156	Qx	-	0.046	Qy	+	1	L
8	1.34	D	+	0.046	Qx	-	0.156	Qy	+	1	L
9	1.34	D	-	0.156	Qx	-	0.046	Qy	+	1	L
10	1.34	D	-	0.046	Qx	-	0.156	Qy	+	1	L
11	0.06	D	+	0.156	Qx	+	0.046	Qy	+	1	L

12	0.06	D	+	0.046	Qx	+	0.156	Qy	+	1	L
13	0.06	D	-	0.156	Qx	+	0.046	Qy	+	1	L
14	0.06	D	-	0.046	Qx	+	0.156	Qy	+	1	L
15	0.06	D	+	0.156	Qx	-	0.046	Qy	+	1	L
16	0.06	D	+	0.046	Qx	-	0.156	Qy	+	1	L
17	0.06	D	-	0.156	Qx	-	0.046	Qy	+	1	L
18	0.06	D	-	0.046	Qx	-	0.156	Qy	+	1	L

#### 4.4.8. Berat Seismik Efektif

Berat seismik efektif menyertakan semua beban mati dan beban lainnya sesuai SNI Pasal 7.7.2 dan untuk penentuannya mengacu pada SNI 03-1727-2013

#### 4.5. Perhitungan Struktur Atas

##### 4.5.1. Mutu Bahan Struktur

Mutu bahan yang dipakai untuk merencanakan permodelan struktur sebagai berikut :

1. Mutu beton untuk struktur pelat lantai dan kolom  $F_c' = 30$  MPa (K375)
2. Mutu baja BJ 37, dengan profil IWF sesuai dengan SNI 1729 – 2015.

##### 4.5.2. Kombinasi Pembebanan

Perencanaan ulang atap pada Gedung TBRS Semarang ini direncanakan menggunakan beberapa beban kombinasi yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia dalam SNI 1726 – 2019 kombinasi pembebanan dasar dalam pasal 4.2.2.1 dan kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik pasal 4.2.2.3 sebagai berikut :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr atau R)
5. 0,9D + 1,0W

Dengan

$D$  : Beban mati ( *Dead Load* )

- $L$  : Beban hidup ( *Live Load* )  
 $L_r$  : Beban hidup atap  
 $R$  : Beban hujan  
 $W$  : Beban angin  
 $E$  : Beban gempa

#### 4.5.3. Perancangan Atap

##### GORDING CNP 2x150x65x20x2,3 (50°)

##### 1. Analisa Pembebanan

###### a. Beban Mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Gording} &= 0,113 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Berat Penutup Atap} &= 0,30 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Berat mati Total (qd)} &= 0,413 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,413 \times 1,2 \\
 &= 0,50 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

###### b. Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Atap} &= 0,96 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,96 \times 1,2 \\
 &= 1,152 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

###### c. Beban Air Hujan = $40 - 0,8 \times 50^\circ$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 0,2 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,2 \times 1,2 \\
 &= 0,24 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

###### d. Beban Angin

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Angin} &= 25 \text{ Kg/m}^2 \\
 &= 0,25 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,25 \times 1,2 \\
 &= 0,3 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien angin tekan} &= 0,02\alpha - 0,4 \\
 &= 0,02 \times 50 - 0,4 \\
 &= 0,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angin Tekan (QT)} &= \text{beban angin} \times \text{jarak gording} \times \text{tiup} \\ &= 0,25 \times 1,2 \times 0,6 \\ &= 0,18 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien angin hisap} = -0,4$$

$$\begin{aligned} \text{Angin Hisap (QH)} &= \text{beban angin} \times \text{jarak gording} \times \text{hisap} \\ &= 0,25 \times 1,2 \times -0,4 \\ &= -0,12 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Kombinasi Pembebanan yg dipergunakan:

$$\text{Comb1} = 1,4D$$

$$\begin{aligned} &= 1,4 \times 0,50 \\ &= 0,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 0,50 + 1,6 \times 1,152 + 0,5 (0,24) \\ &= 2,56 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Comb 3} = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 0,50 + 1,6 (0,24) + 1,152 \\ &= 2,13 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Comb 4} = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 0,50 + 1,0 \times 0,3 + 1,152 + 0,5 \times 0,24 \\ &= 2,17 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Comb 5} = 0,9D + 1,0W$$

$$\begin{aligned} &= 0,9 \times 0,50 + 1,0 \times 0,3 \\ &= 0,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



## 2. Data Properties

Box/Tube Section

**Section Name** 2C150-50a

Section Notes

Properties

Property Modifiers

Material + fy240mpa

Dimensions

Outside depth ( t3 ) 0.15

Outside width ( t2 ) 0.13

Flange thickness ( tf ) 2.300E-03

Web thickness ( tw ) 2.300E-03

Display Color

**Gambar 4.6** Data Properties Gording (50°)

Tegangan putus minimum ( $f_u$ ) = 370 MPa

Tegangan leleh minimum ( $f_y$ ) = 240 MPa

Modulus Elastisitas ( $E$ ) = 200.000,00 Mpa

### 3. Nilai Momen Nominal

$$\begin{aligned}M_n &= f_y \times Z_x \\ &= 240 \text{ mpa} \times 66,1 \times 10^{-6} \text{m}^3 \\ &= 15,9 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

Perhitungan Momen-momen Ultimit akibat beban kerja:

$$\begin{aligned}\text{Comb 1 : } M_1 &= \frac{1}{8} \times q_{cl} \times L^2 \\ M_1 &= \frac{1}{8} * 0,7 * 3^2 \\ &= 0,79 \text{ kN m}\end{aligned}$$

$$\text{Comb 2 : } M2 = \frac{1}{8} \times q_{c2} \times L^2$$

$$M2 = \frac{1}{8} * 2,56 * 3^2$$

$$= 2,88 \text{ kN m}$$

$$\text{Comb 3 : } M3 = \frac{1}{8} \times q_{c3} \times L^2$$

$$M3 = \frac{1}{8} * 2,13 * 3^2$$

$$= 2,40 \text{ kN/m}$$

$$\text{Comb 4 : } M4 = \frac{1}{8} \times q_{c4} \times L^2$$

$$M4 = \frac{1}{8} * 2,17 * 3^2$$

$$= 2,44 \text{ kN/m}$$

$$\text{Comb 5 : } M5 = \frac{1}{8} \times q_{c5} \times L^2$$

$$M5 = \frac{1}{8} * 0,75 * 3^2$$

$$= 0,85 \text{ kN/m}$$

#### 4. Kontrol Terhadap Lentur

$M_u = 2,88 \text{ kN m}$  (merupakan gabungan dari Momen – Momen yang terjadi pada setiap pembebanan yang diambil momen terbesar tiap jenis beban) dengan syarat  $M_u / \phi M_n < 1,0$ , sehingga didapatkan analisa perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} < 1,0$$

$$\frac{2,88}{0,9 \times 15,9} < 1,0$$

$$0,20 < 1,0 \text{ [AMAN]}$$

#### 5. Kontrol Terhadap Lendutan

$$f_{ijin} = 1/360 \times \text{Jarak kuda – kuda}$$

$$= 1/360 \times 3000$$

$$= 0,833 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5qx^4}{384xEI}$$

$$= \frac{5x4,75x3^4}{384x2,059x10^8x4,96x10^{-6}}$$

$$= 0,491 \text{ cm}$$

### **GORDING CNP 2x150x65x20x2,3 (25°)**

#### 6. Analisa Pembebanan

##### a. Beban Mati

$$\text{Berat Gording} = 0,113 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Penutup Atap} = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat mati Total (qd)} = 0,413 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0,413 \times 1,2$$

$$= 0,50 \text{ kN/m}$$

##### b. Beban Hidup

$$\text{Berat Atap} = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0,96 \times 1,2$$

$$= 1,152 \text{ kN/m}$$

##### c. Beban Air Hujan = $40 - 0,8 \times 25^\circ$

$$= 20 \text{ kg/m}^2$$

$$= 0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0,2 \times 1,2$$

$$= 0,24 \text{ kN/m}$$

##### d. Beban Angin

$$\text{Beban Angin} = 25 \text{ Kg/m}^2$$

$$= 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0,25 \times 1,2$$

$$= 0,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Koefisien angin tekan} = 0,02\alpha - 0,4$$

$$= 0,02 \times 25^\circ - 0,4$$

$$= 0,1 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Angin Tekan (QT)} &= \text{beban angin} \times \text{jarak gording} \times \text{tiup} \\ &= 0,25 \times 1,2 \times 0,1 \\ &= 0,03 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien angin hisap} = -0,4$$

$$\begin{aligned} \text{Angin Hisap (QH)} &= \text{beban angin} \times \text{jarak gording} \times \text{hisap} \\ &= 0,25 \times 1,2 \times 0,4 \\ &= -0,12 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Kombinasi Pembebanan yg dipergunakan:

$$\begin{aligned} \text{Comb1} &= 1,4D \\ &= 1,4 \times 0,50 \\ &= 0,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

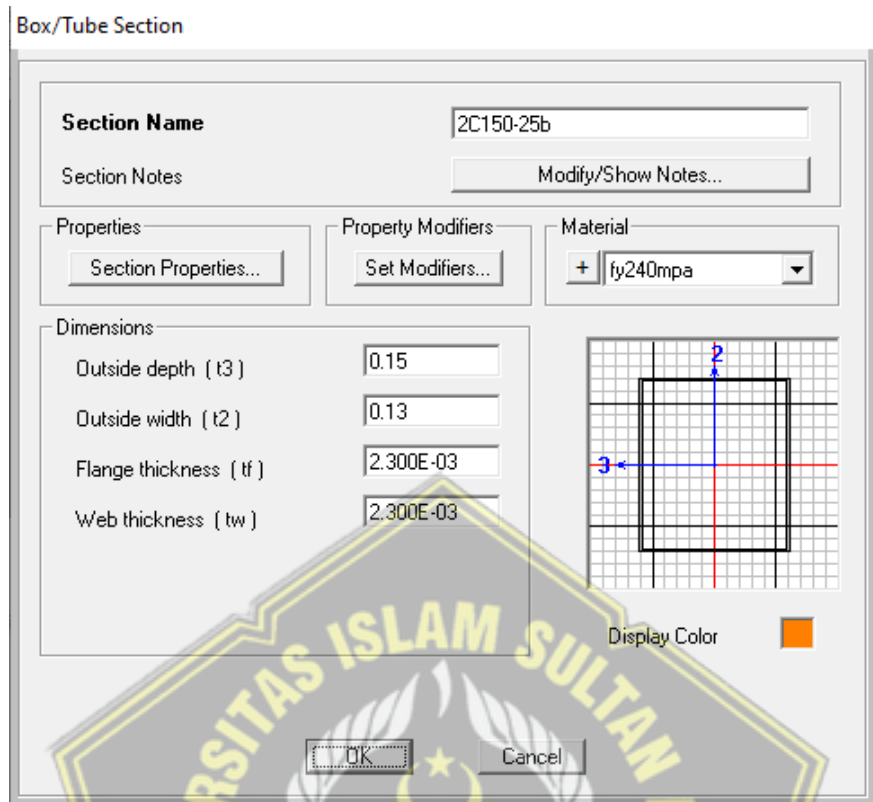
$$\begin{aligned} \text{Comb 2} &= 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \\ &= 1,2 \times 0,50 + 1,6 \times 1,152 + 0,5 \times 0,24 \\ &= 2,57 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Comb3} &= 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \\ &= 1,2 \times 0,50 + 1,6 (0,24) + 1,152 \\ &= 2,14 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Comb 4} &= 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \\ &= 1,2 \times 0,50 + 1,0 \times 0,3 + 1,152 + 0,5 \times 0,24 \\ &= 2,17 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Comb 5} &= 0,9D + 1,0W \\ &= 0,9 \times 0,50 + 1,0 \times 0,3 \\ &= 0,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

## 7. Data Properties



**Gambar 4.7** Data Properties Gording (25°)

Tegangan putus minimum ( $f_u$ ) = 370 MPa

Tegangan leleh minimum ( $f_y$ ) = 240 MPa

Modulus Elastisitas ( $E$ ) = 200.000 Mpa

## 8. Nilai Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= f_y \times Z_x \\ &= 240 \text{ mpa} \times 66,1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \\ &= 15,9 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Perhitungan Momen-momen Ultimit akibat beban kerja:

$$\text{Comb 1 : } M_1 = \frac{1}{8} \times q_{c1} \times L^2$$

$$\begin{aligned} M_1 &= \frac{1}{8} \times 0,7 \times 3^2 \\ &= 0,78 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Comb 2 : } M2 = \frac{1}{8} q_{c2} \times L^2$$

$$\begin{aligned} M2 &= \frac{1}{8} \times 2,57 \times 3^2 \\ &= 2,90 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Comb 3 : } M3 = \frac{1}{8} q_{c3} \times L^2$$

$$\begin{aligned} M3 &= \frac{1}{8} \times 2,14 \times 3^2 \\ &= 2,40 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Comb 4 : } M4 = \frac{1}{8} \times q_{c4} \times L^2$$

$$\begin{aligned} M4 &= \frac{1}{8} \times 2,17 \times 3^2 \\ &= 2,45 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Comb 5 : } M5 = \frac{1}{8} \times q_{c5} \times L^2$$

$$\begin{aligned} M5 &= \frac{1}{8} \times 0,75 \times 3^2 \\ &= 0,85 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

#### 9. Kontrol Terhadap Lentur

$M_u = 2,90 \text{ kN m}$  (merupakan gabungan dari Momen – Momen yang terjadi pada setiap pembebanan yang diambil momen terbesar tiap jenis beban) dengan syarat  $M_u / \phi M_n < 1,0$ , sehingga didapatkan analisa perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} < 1,0$$

$$\frac{2,90}{0,9 \times 15,9} < 1,0$$

$$0,20 < 1,0 \text{ [AMAN]}$$

#### 10. Kontrol Terhadap Lendutan

$$f_{ijin} = 1/360 \times \text{Jarak kuda – kuda}$$

$$= 1/360 \times 3000$$

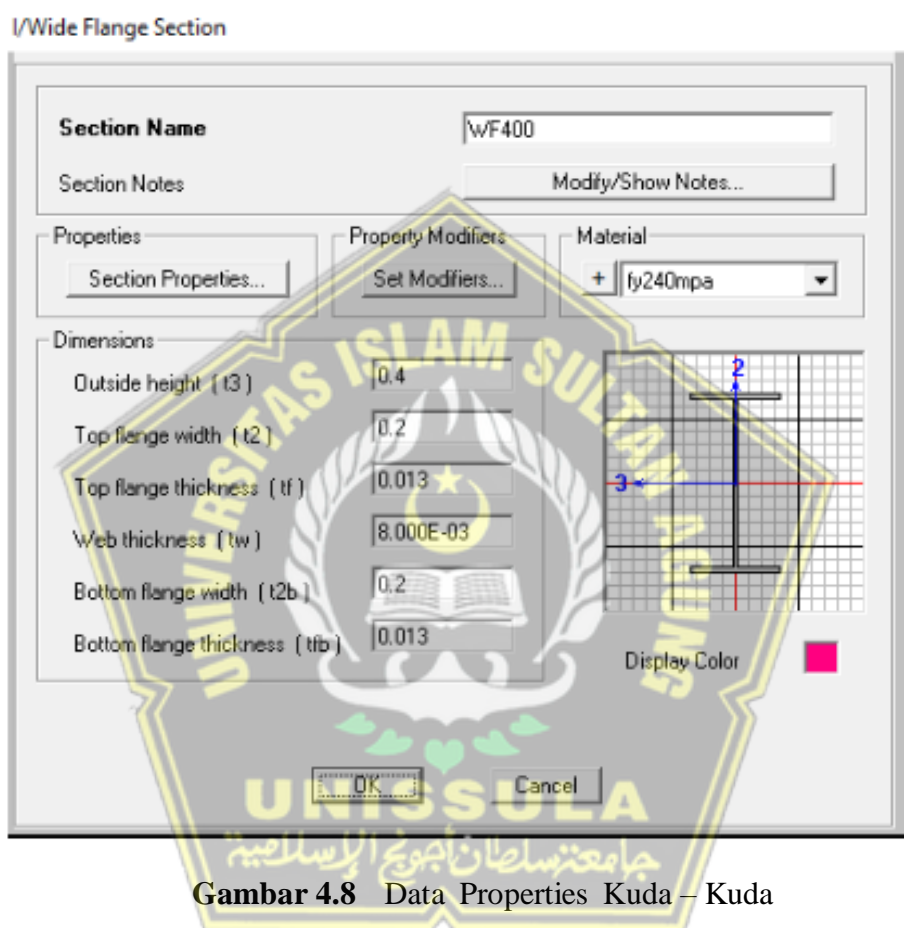
$$= 0,833 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5xql^4}{384xEI}$$

$$= \frac{5x3,308x3^4}{384x2,059x10^8x4,96x10^{-6}}$$

$$= 0,0034 \text{ cm}$$

#### 4.5.4. Perancangan Kuda – Kuda



Gambar 4.8 Data Properties Kuda – Kuda

Perancangan kuda – kuda baja menggunakan profil IWF 400 x 200 dengan spesifikasi sebagai berikut :

##### a. Kelangsingan Komponen Struktur Kuda – Kuda

Spesifikasi BJ 37

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

Dari data perancangan :

$$L_x \text{ (Panjang sisi miring kuda – kuda )} = 1324,24 \text{ cm}$$

$L_y$  (Panjang sisi miring kuda – kuda ) = 1324,24 cm

$$k_c = 1$$

Kontrol kelangsingan komponen struktur :

$$\lambda_x = \frac{k_c x \lambda_x}{i_x} = \frac{1 x 1324,24}{16,7} = 79,3 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{k_c x \lambda_x}{i_y} = \frac{1 x 1324,24}{4,48} = 295,59 \text{ cm}$$

maka digunakan yang terbesar yaitu 295,59

Parameter kelangsingan komponen struktur :

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} x \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_c = \frac{295,59}{3,14} x \sqrt{\frac{240}{200000}}$$
$$= 3,260$$

Sehingga koefisien faktor tekuk struktur :

$$\lambda_c = 3,260$$

$$\lambda_c > 1,2$$

$$\omega = 1,25 x \lambda_c^2$$
$$= 1,25 x 3,260^2$$
$$= 13,28$$

b. Kontrol Kuat Tekan Kuda – Kuda

$$P_n = A_g x \frac{f_y}{\omega}$$
$$= 84,1 x \frac{2400}{13,28}$$
$$= 15198 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 x P_n$$
$$= 0,85 x 15198$$
$$= 12918 \text{ kg}$$
$$= 129180 \text{ kN}$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$282,559 < 129180 \text{ (OK)}$$



Dikarenakan nilai dari faktor reduksi dikalikan dengan gaya normal nominal dan hasilnya lebih besar atau sama dengan nilai gaya normal ultimate sehingga hasilnya dikatakan aman.

**c. Kontrol Local Buckling Kuda – Kuda**

Dengan mengacu kepada tabel (2.1) sehingga kontrol pada penampang profil adalah :

Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b}{t_f} = \frac{100}{13} = 7,7$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,969$$

$$\lambda < \lambda_p$$

$$7,7 < 10,969 \text{ (penampang kompak)}$$

Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{374}{8} = 46,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108,54$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p$$

$$46,75 < 108,54 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Profil termasuk penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

Terhadap sumbu x

$$\begin{aligned} M_n &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 1\ 190 \times 2400 \\ &= 2\ 856\ 000 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

Terhadap sumbu y

$$\begin{aligned} M_n &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 174 \times 2400 \\ &= 417\ 600 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai dari faktor reduksi dikalikan dengan momen nominal dan hasilnya lebih besar atau sama dengan nilai momen ultimate sehingga hasilnya dikatakan aman.

a. Kontrol Lateral Buckling Kuda – Kuda

Dengan mengacu kepada persamaan (2.9) maka nilai Kontrol tekuk lateral adalah:

$$L_b : 1324,24$$

$$L_p : 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$: 1,76 \times 4,48 \times \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$: 227,614$$

$$L_r : 5579,54 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b \leq L_r$$

$$227,614 < 1324,24 \leq 5579,54 \quad (\text{SNI 1729} - 2020)$$

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

$$\text{Maka } M_n = M_p = 1794206 \text{ kg.cm} \leq 2856000$$

Dikarenakan nilai dari faktor reduksi dikalikan dengan momen nominal dan hasilnya lebih besar atau sama dengan nilai momen ultimate sehingga hasilnya dikatakan aman.

b. Kontrol Interaksi Kuda – Kuda

Dengan mengacu kepada persamaan (2.59) maka nilai interaksi tekan – lentur adalah :

$$P_u = 282,559 \text{ Kg}$$

$$eP_n = 129180 \text{ Kg}$$

$$M_u = 26505,37 \text{ Kg.m}$$

$$M_n = 1794206 \text{ Kg.m}$$

Dikarenakan nilai perbandingan yang terjadi lebih kecil dari 1 sehingga hasilnya dikatakan aman.

c. Kontrol Geser

Dengan mengacu kepada persamaan (2.22) maka nilai Kontrol kuat geser adalah :

Kuat geser balok kuda – kuda pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw)

$$\frac{374}{8} \leq \frac{1100}{\sqrt{2400}}$$

$$42,8 \leq 109,73 \text{ (Plastis)}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v1 \\ &= 0,6 \times 2400 \times (0,8 \times 37,4) \times 1 \\ &= 43084,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat

$$V_u < \phi V_n$$

$$7928,3 < 43084,8 \text{ (Memenuhi)}$$

Dikarenakan nilai dari faktor reduksi dikalikan dengan gaya geser nominal dan hasilnya lebih besar atau sama dengan nilai gaya lintang ultimate sehingga hasilnya dikatakan aman.

d. Kontrol Lendutan Kuda – Kuda

Dengan mengacu kepada persamaan (2.18) maka nilai kontrol lendutan adalah :

Lendutan Ijin

$$\text{Lendutan Ijin } L/360 = 2400/360 = 6,66 \text{ cm}$$

$$M_s \text{ (Momen tengah bentang)} = 1690102,82 \text{ kg.cm}$$

$$M_a \text{ (Momen ujung terkecil)} = 960404,53 \text{ kg.cm}$$

$$M_b \text{ (Momen ujung terbesar)} = 182958,11 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{5 \times L/2}{48 E I} \times (M_s - 0,1 (M_a + M_b)) \\ &= \frac{5 \times 2400}{48 \times 2000000 \times 23700} \times (1690102,82 - 0,1 (960404,53 + 182958,11)) \\ &= 0,00000000527 \times 1575766,556 \\ &= 0,00831100504 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan max < Lendutan ijin

$$0,00831100504 < 6,66 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan dari analisa struktur kuda – kuda maka profil IWF 400 x 200 dapat digunakan untuk kuda –kuda dan telah memenuhi persyaratan.

e. Kontrol Sambungan Kuda – Kuda

$$P_u = 282,559 \text{ kg}$$

$$V_u = 7928,3 \text{ kg}$$

$$M_u = 26505,37 \text{ kg.cm}$$

1. Gaya – gaya yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned}P_{uv} &= P_u \sin a + V_u \cos a \\&= 282,559 \sin 25 + 7928,3 \cos 25 \\&= 119,415 + 7185,48 \\&= 7304,895\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{uh} &= P_u \cos a + V_u \sin a \\&= 282,559 \cos 25 + 7928,3 \sin 25 \\&= 256,085 + 3350,644 \\&= 3606,729\end{aligned}$$

$$M_u = 26505,37 \text{ kg cm}$$

### Kontrol kekuatan baut sambungan A

Direncanakan

Menggunakan baut A-325

$$f_u \text{ baut} = 6200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u \text{ profil} = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_b = 16 \text{ mm}$$

$$A_b = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$M = 1$$

$$n = 10 \text{ buah}$$

Kuat Rencana Baut :

Dengan mengacu kepada persamaan (2.60) maka nilai kuat rencana baut adalah

$$\begin{aligned}\text{- Kuat geser baut } (V_d), \phi R_n &= \phi \cdot 0,5 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\&= 0,75 \times 0,5 \times 6200 \times 1 \times 2,01 \\&= 4672,32 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- Kuat tumpu baut } (R_d), \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 d_b \cdot t_w \cdot (\text{terkecil}) \cdot f_u \\&= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,8 \times 3700 \\&= 8524,8 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- Kuat tarik baut } (T_d), \phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\&= 0,75 \times 0,75 \times 6200 \times 2,01 \\&= 7008,48 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Cara Pendekatan Titik Putar

Kontrol Geser Baut

$$V_u = \frac{P_{uv}}{n} = \frac{7304,895}{10} = 730,4895 \text{ kg}$$

$$V_u < V_d$$

$$730,4895 < 4672,32 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan nilai dari kust geser ultimate lebih kecil dari nilai kuat geser baut sehingga hasilnya dikatakan aman.

Kontrol Tumpu Baut

$$R_u = \frac{P_{uh}}{n} = \frac{3606,729}{10} = 360,6729 \text{ kg}$$

$$R_u < R_d$$

$$360,6729 < 8524,8 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan nilai dari kust geser ultimate lebih kecil dari nilai kuat geser baut sehingga hasilnya dikatakan aman.

Kontrol Kuat Tarik Baut

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u \times d_{max}}{2x(h_1^2 h_2^2 h_3^2 h_4^2)} \\ &= \frac{26505,37 \times 45}{2x(45^2 + 35^2 + 25^2 + 10^2)} \\ &= 150,030 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_u < T_d$$

$$150,030 < 7008,48$$

Dikarenakan nilai dari kust geser ultimate lebih kecil dari nilai kuat geser baut sehingga hasilnya dikatakan aman.

- Kontrol Interaksi Geser dan Puntir

Tegangan geser baut :

$$\begin{aligned} F_{uv} &= \frac{V_u}{ab} = \frac{79283}{2,01 \times 10} = 3944,428 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \phi \times 0,5 \times f_u \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6200 \times 1 \\ &= 4650 \text{ kg/cm}^2 \\ 3944,428 &< 4650 \end{aligned}$$

Maka  $F_{uv}$  yang digunakan adalah  $3944,428 \text{ Kg/cm}^2$

Tegangan tarik baut akibat interaksi geser :

$$\begin{aligned}
 F_t &= (1,3 f_u^b - 1,5 F_{uv}) \leq f_u^b \\
 &= (1,3 \times 6200 - 1,5 \times 3944,428) \leq f_u^b \\
 &= 2143,36 < 6200 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

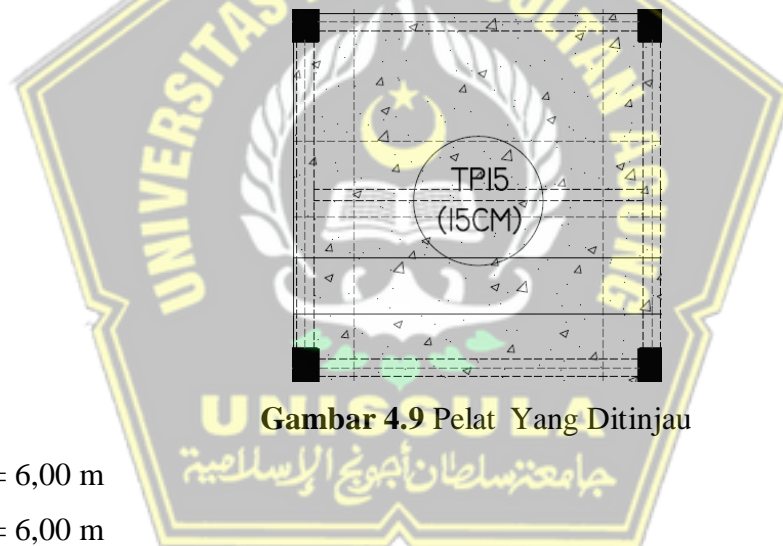
Kuat tarik baut akibat interaksi geser dan puntir

$$\begin{aligned}
 T_d &= \phi \times f_t \times A_b \geq T_u \text{ max} \\
 &= 0,75 \times 2143,36 \times 2,01 \geq 150,030 \\
 &= 3531,12 \geq 150,030 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

#### 4.6. Perancangan Pelat

Pelat lantai yang diambil sebagai contoh perhitungan adalah pelat lantai 2 Elv. +4,50 m, adapun langkah langkah dalam perancangan pelat adalah sebagai berikut,

##### 4.6.1. Penentuan Tipe Pelat



Gambar 4.9 Pelat Yang Ditinjau

$$L_x = 6,00 \text{ m}$$

$$L_y = 6,00 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_x}{L_y} = \frac{6}{6} = 1,00$$

Menurut hasil perhitungan diatas,  $\beta \leq 2$ , maka merupakan jenis pelat 2 arah.

##### 1. Analisis Pembebanan

###### a. Beban Mati (*Selfweight*)

Berat sendiri	= 0,12 x 24	= 2,88 kN/m <sup>2</sup>
Berat pasir	= 0,03 x 16	= 0,48 kN/m <sup>2</sup>
Berat penutup lantai	= 1 x 0,24	= 0,24 kN/m <sup>2</sup>
Berat spesi	= 2 x 0,21	= 0,42 kN/m <sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
\text{Berat plafond dan penggantung} &= 0,18 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Berat mekanikal dan elektrik} &= 0,15 \text{ kN/m}^2 + \\
q_d &= 4,35 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\text{Beban hidup pada gedung pertemuan, } q_l = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
1,2q_d + 1,6q_l + 1,5 L_r &= 1,2 \times 4,35 + 1,6 \times 4,79 + 1,5 \times 0,96 \\
&= 14,32 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

#### 4.6.2. Penentuan Nilai Momen

Penentuan nilai momen pada pelat ditentukan dengan menggunakan tabel PBI 1971. Konfigurasi tipe pelat segi empat yang menumpu pada keempat tepinya sesuai dengan standard sebagai berikut,

- Jepitan penuh terjadi apabila penampang pelat diatas tumpuan tidak berputar akibat pembebanan karena tepi-tepi pelat satu kesatuan monolitik dengan balok pemikul.
- Apabila suatu tepi pelat merupakan satu kesatuan monolitik dengan balok tepi, maka untuk menghitung momen-momen lapangan dalam pelat tepi tersebut harus dianggap sebagai tepi yang terletak bebas.

Pelat bagian tengah didesain terjepit penuh dan pelat tepi didesain terjepit bebas pada bagian tepi pelat. Rumus perhitungan tepi pelat adalah sebagai berikut,

$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L_x^2 \times \text{koef}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L_y^2 \times \text{koef}$$

$$M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L_x^2 \times \text{koef}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L_y^2 \times \text{koef}$$

Nilai momen yang terjadi pada pelat dihitung dengan berdasarkan rumus yang menghasilkan nilai pada tabel 4.16

**Tabel 4.16** Momen Pelat Yang Ditinjau

Lantai	Momen (kN.m)	
	Plat TP15 Lantai 2 elv. + 4.50	Mlx
Mly		12,892
Mtx		26,299
Mty		26,299

#### 4.6.3. Desain Penulangan Pelat

Data perancangan yang digunakan dalam perancangan yang ditinjau kali ini adalah sebagai berikut,

- Mutu baja tulangan,  $f_y$  = 420 Mpa
- Mutu beton,  $f'_c$  = 25 Mpa
- Tebal pelat,  $h$  = 150 mm
- Tebal selimut beton,  $p$  = 10 mm
- Tulangan yang digunakan,  $D = D - 13$
- Tinggi efektif arah x,  $d_x$ 

$$= h - p - D/2$$

$$= 150 - 10 - 13/2$$

$$= 133,5 \text{ mm}$$
- Tinggi efektif arah y,  $d_y$ 

$$= h - p - D - D/2$$

$$= 150 - 10 - 10 - 13/2$$

$$= 123,5 \text{ mm}$$

Langkah-langkah perhitungan untuk pelat adalah sebagai berikut

a. Mencari batas-batas rasio tulangan ( $\rho_{min}, \rho_b, \rho_{max}$ )

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \mathbf{1,00} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,02976191$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$



$$= 0,75 \times 0,02976191$$

$$= 0,02232$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 420 = 0,0033$$

b. Desain penulangan pelat lantai arah x

1. Mencari rasio tulangan ( $\rho$ )

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 25} = \mathbf{19,764}$$

lebar pelat (b) untuk perhitungan diambil per 1000 mm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{26,299 \times 10^6}{(0,9)(1000)(133,5)^2}$$

$$= \frac{26.299.000}{(120,150)^2} = \mathbf{1,6395}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{19,764} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(19,764)(1,6395)}{420}} \right] = 0,003425$$

Diketahui bahwa  $\rho > \rho_{\min}$ , maka  $\rho = 0,003425$

Mengecek tulangan yang didesain

$$A_{S_{\min}} = \rho_{\min} b d_x$$

$$= 0,0033 (1000) (133,5)$$

$$= 440,55 \text{ mm}^2$$

*Trial* tulangan yang akan dipasang yaitu D13-150 mm.

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \left( \frac{1}{4} \pi D^2 \right) \frac{\text{lebar plat}}{\text{jarak}} = \frac{1}{4} \pi 13^2 \frac{1000}{150} = 884.433 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\min}} \rightarrow \text{Ok}$$

c. Nilai regangan ( $\epsilon$ ) dan faktor reduksi ( $\phi$ ) pelat arah x

Nilai a, c dan regangan ( $\epsilon$ ) dihitung sebagai berikut,

$$a = \frac{884.433 \times 420}{0,85 \times 25 \times 1000} = 17.480 \text{ mm}$$

$$c = \frac{17.480}{0,705} = 24.794 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{100 - 24.794}{24.794} \times 0,003 = 0,009099$$

Karena  $\epsilon_s = 0,009099 > 0,005$  maka penampang termasuk ke dalam terkendali tarik dengan faktor reduksi ( $\phi$ ) = 0,9

d. Momen nominal ( $M_n$ ) arah x

$$\begin{aligned} M_n &= 884.433 \times 420 \times \left(133,5 - \frac{17.480}{2}\right) \times 10^{-6} \\ &= 884.433 \times 420 \times 124,76 \times 0,000001 \\ &= 46,343 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 46,343 = 41,7092 \text{ kN.m} > 26,2989 \text{ kN m} \rightarrow \text{Ok}$$

e. Desain penulangan pelat lantai arah y

1. Mencari rasio tulangan ( $\rho$ )

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 (25)} = 19,764$$

lebar plat (b) diambil per 1000 mm untuk perhitungan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{26,299 \times 10^6}{(0,9)(1000)(123,5)^2} = 1,9158$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{19,764} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 (19,764) (1,9158)}{420}} \right]$$

$$= \frac{1}{19,764} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 (19,764) (1,9158)}{420}} \right]$$

$$= 0,00479$$

Diketahui bahwa  $\rho > \rho_{\min}$ , maka  $\rho = 0,00479$

1. Mengecek tulangan yang didesain

$$A_{S_{\min}} = \rho_{\min} b d_y = 0,0033 (1000) (123,5) \\ = 407,55 \text{ mm}^2$$

*Trial* tulangan yang akan dipasang yaitu D13-150 mm.

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \left( \frac{1}{4} \pi D^2 \right) \frac{\text{lebar plat}}{\text{jarak}} = \frac{1}{4} \pi 13^2 \frac{1000}{150} = 884,433 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\min}} \rightarrow \text{Ok}$$

f. Nilai regangan ( $\epsilon$ ) dan faktor reduksi ( $\phi$ ) pelat arah x

Nilai a, c dan regangan ( $\epsilon$ ) dihitung sebagai berikut,

$$a = \frac{884,433 \times 420}{0,85 \times 25 \times 1000} = 17,480 \text{ mm}$$

$$c = \frac{17,480}{0,705} = 24,794 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{100 - 24,794}{24,794} \times 0,003 = 0,009099$$

Karena  $\epsilon_s = 0,009099 > 0,005$  maka penampang termasuk ke dalam terkendali tarik dengan faktor reduksi ( $\phi$ ) = 0,9

g. Momen nominal ( $M_n$ ) arah y

$$M_n = 884,433 \times 420 \times \left( 123,5 - \frac{17,480}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 884,433 \times 420 \times 114,76 \times 0,000001$$

$$= 42,628 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 42,628 \text{ kN.m}$$

$$= 38,3652 \text{ kN.m} > 26,2989 \text{ kN m} \rightarrow \text{Ok}$$

h. Syarat jarak antar tulangan

$$s_x = 150 \text{ mm} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm (terpenuhi)}$$

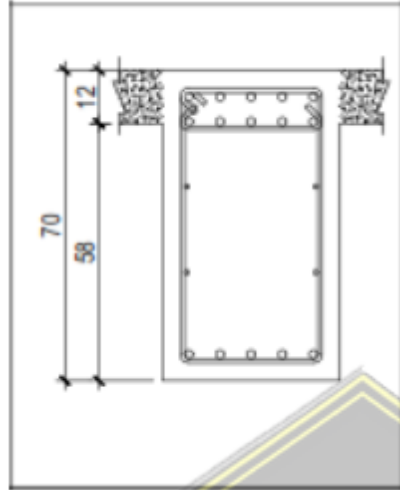
$$s_x = 150 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (terpenuhi)}$$

$$s_y = 150 \text{ mm} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm (terpenuhi)}$$

$$s_y = 150 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (terpenuhi)}$$

## 4.7 Perancangan Balok

### 4.7.1. Analisa Balok BI-1 (400 mm x 700 mm)



**Gambar 4.10** Balok BI-1 (400 mm x 700 mm)

Data rencana :

Lebar = 400 mm

Tinggi = 700 mm

Selimut Beton = 30 mm

$F_c = 25 \text{ Mpa}$

$F_y = 420 \text{ Mpa}$  (tul. pokok)

$F_y = 240 \text{ Mpa}$  (tul. sengkang)

Tul. Pokok = D16

Tul. Sengkang =  $\emptyset 10$

$d = h - p - \emptyset \text{ tul pokok} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul pokok}$

$$= 700 - 30 - 16 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 646 \text{ mm}$$

1. Perhitungan tulangan tumpuan

$M_{\text{max}} = 274,5 \text{ KNm}$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$= \frac{274,5 \times 10^6}{0,9}$$

$$= 305 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{420}{0,85 \times 25} = 19,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{305 \times 10^6}{1000 \times 396^2}$$

$$= 1,94$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,025 = 0,018$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,764 \times 1,94}{420}} \right)$$

$$= 0,0048 > 0,0035 \text{ maka menggunakan nilai } \rho$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0048 \times 1000 \times 396$$

$$= 1900,8 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 = 200,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{\text{As rencana}}{\text{As tulangan}} \\ &= \frac{1980}{200,9} = 9,8 = 10 \text{ Tulangan (Tidak efisien), D tulangan diganti} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{\text{As rencana}}{\text{As tulangan}} \\ &= \frac{1900,8}{379,9} = 5,003 = 6 \text{ Tulangan (OK)} \end{aligned}$$

### Dipilih Tulangan 6D22

#### 2. Perhitungan tulangan lapangan

$$M_{\max} = 223,4 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{223,4 \times 10^6}{0,9} \\ &= 248,2 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{420}{0,85 \times 25}$$

$$= 19,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{248,2 \times 10^6}{1000 \times 396^2}$$

$$= 1,81$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25}{420} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,025\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,025 = 0,018\end{aligned}$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,764 \times 1,81}{420}} \right) \\ &= 0,0045 > 0,0035 \text{ maka menggunakan nilai } \rho\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0045 \times 1000 \times 396 \\ &= 1782 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \frac{A_s \text{ rencana}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{1792}{379,9} = 4,7 = 5 \text{ Tulangan (OK) **Dipilih Tulangan 5D22**}\end{aligned}$$

### 3. Kebutuhan sengkang

$$\begin{aligned}V_u &= 286 \text{ KN} \\ &= 286000 \text{ N}\end{aligned}$$

Faktor reduksi geser = 0,75

$$\text{Teg. Leleh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$V_u \text{ terpakai} = \frac{286000}{(250 \times 396)} = 2,8 \text{ Mpa}$$

$$V_n = V_u / \Phi = 2,8 / 0,75 = 3,73 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \Phi V_c &= \frac{1}{6} \times \phi \times \sqrt{f_c} \\ &= \frac{1}{6} \times 0,75 \times \sqrt{25} = 0,625 \end{aligned}$$

$$V_u > \Phi V_c$$

$$2,8 > 0,625 \text{ (diperlukan tul geser)}$$

Tegangan geser tulangan ;

$$\begin{aligned} \Phi V_{smax} &= \frac{2}{3} \times \phi \times \sqrt{f_c} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,75 \times \sqrt{25} = 2,5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tegangan yang harus dipikul

$$\begin{aligned} \Phi V_s &= V_u - \Phi V_c \\ &= 2,8 - 0,625 = 2,17 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\Phi V_{smax} \geq \Phi V_s$$

$$2,5 \geq 2,17 \text{ (Balok tidak perlu diperbesar)}$$

Kebutuhan jarak sengkang :

$$\begin{aligned} Y &= \frac{\phi V_s \times \frac{1}{2} \times l}{V_u} \\ &= \frac{2,17 \times \frac{1}{2} \times 5000}{2,8} = 1937,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \frac{b \times y}{3 \times f_y} \\ &= \frac{250 \times 1937,5}{3 \times 240} = 672,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$A_s \text{ sengkang} = \frac{\phi V_s}{\phi F_y} x y x b$$

$$= \frac{2,17}{240} x 1937,5 x 250 = 1094 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min (d/4)} = 396 / 4 = 99 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

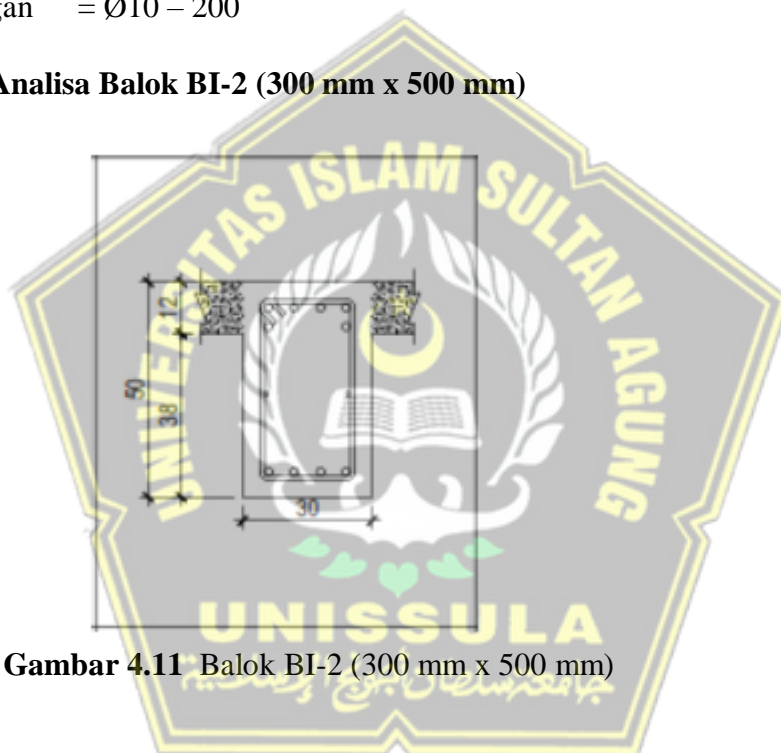
$$\text{Max (d/2)} = 396 / 2 = 198 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Maka :

$$\text{Tumpuan} = \emptyset 10 - 100$$

$$\text{Lapangan} = \emptyset 10 - 200$$

#### 4.7.2. Analisa Balok BI-2 (300 mm x 500 mm)



**Gambar 4.11** Balok BI-2 (300 mm x 500 mm)

Data rencana :

Lebar = 300 mm

Tinggi = 500 mm

Selimut Beton = 30 mm

$F_c = 25 \text{ Mpa}$

$F_y = 420 \text{ Mpa}$  (tul. pokok)

$$F_y = 240 \text{ Mpa (tul. sengkang)}$$

$$\text{Tul. Pokok} = D16$$

$$\text{Tul. Sengkang} = \emptyset 10$$

$$d = h - p - \emptyset \text{tul pokok} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tul pokok}$$

$$= 500 - 30 - 16 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 446 \text{ mm}$$

#### 1. Perhitungan tulangan tumpuan

$$M_{\max} = 108,2 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$= \frac{108,2 \times 10^6}{0,9}$$

$$= 120,2 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{420}{0,85 \times 25}$$

$$= 19,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

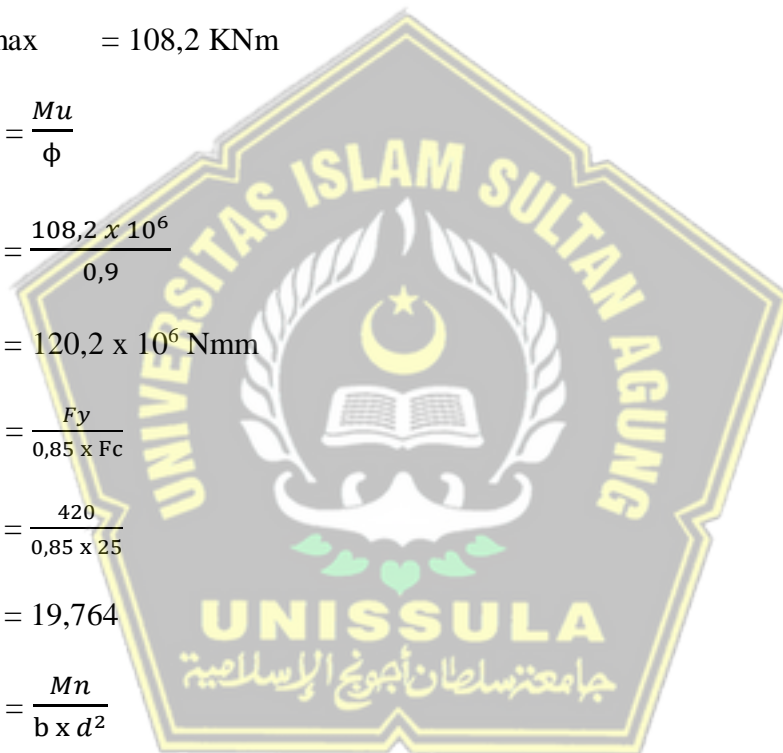
$$= \frac{120,2 \times 10^6}{1000 \times 296^2}$$

$$= 1,37$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,025$$



$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,025 = 0,018\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,764 \times 1,37}{420}}\right)\end{aligned}$$

= 0,0036  $\geq$  0,0035 maka menggunakan nilai  $\rho$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 296 \\ &= 1065,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \frac{A_s \text{ rencana}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{1065,6}{379,9} = 2,8 = 3 \text{ Tulangan (OK) Dipilih Tulangan 3D22}\end{aligned}$$

## 2. Perhitungan tulangan lapangan

$$M_{\max} = 144,8 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{144,8 \times 10^6}{0,9} \\ &= 160,8 \times 10^6 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\
 &= \frac{420}{0,85 \times 25} \\
 &= 19,764
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{160,8 \times 10^6}{1000 \times 296^2} \\
 &= 1,83
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 25}{420} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,025
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,025 = 0,018
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{19,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,19,764 \times 1,83}{420}} \right)
 \end{aligned}$$

= 0,0045 > 0,0035 maka menggunakan nilai  $\rho$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0045 \times 1000 \times 296 \\
 &= 1332 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{As perlu} = \frac{\text{As rencana}}{\text{As tulangan}}$$

$$= \frac{1332}{379,9} = 3,5 = 4 \text{ Tulangan (OK) Dipilih Tulangan 4D22}$$

### 3. Kebutuhan sengkang

$$V_u = 286 \text{ KN}$$

$$= 286000 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75$$

$$\text{Teg. Leleh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$V_u \text{ terpakai} = \frac{286000}{(250 \times 396)} = 2,8 \text{ MPa}$$

$$V_n = V_u / \Phi = 2,8 / 0,75 = 3,73 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Phi V_c &= \frac{1}{6} \times \phi \times \sqrt{f_c} \\ &= \frac{1}{6} \times 0,75 \times \sqrt{25} = 0,625 \end{aligned}$$

$$V_u > \Phi V_c$$

$$2,8 > 0,625 \text{ (diperlukan tul geser)}$$

Tegangan geser tulangan ;

$$\begin{aligned} \Phi V_{s\max} &= \frac{2}{3} \times \phi \times \sqrt{f_c} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,75 \times \sqrt{25} = 2,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan yang harus dipikul

$$\begin{aligned} \Phi V_s &= V_u - \Phi V_c \\ &= 2,8 - 0,625 = 2,17 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\Phi V_{s\max} \geq \Phi V_s$$

$2,5 \geq 2,17$  (Balok tidak perlu diperbesar)

Kebutuhan jarak sengkang :

$$Y = \frac{\phi V_s x \frac{1}{2} x l}{V_u}$$
$$= \frac{2,17 x \frac{1}{2} x 5000}{2,8} = 1937,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ min} = \frac{b x y}{3 x f_y}$$
$$= \frac{250 x 1937,5}{3 x 240} = 672,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} = \frac{\phi V_s}{\phi F_y} x y x b$$
$$= \frac{2,17}{240} x 1937,5 x 250 = 1094 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min } (d/4) = 396 / 4 = 99 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Max } (d/2) = 396 / 2 = 198 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

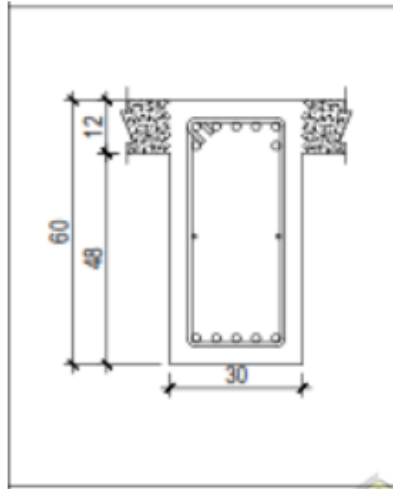
Maka :

$$\text{Tumpuan} = \text{Ø}10 - 100$$

$$\text{Lapangan} = \text{Ø}10 - 200$$



#### 4.7.3. Analisa Balok BI-3 (300 mm x 600 mm)



**Gambar 4.12** Balok BI-3 (300 mm x 600 mm)

Data rencana :

Lebar = 300 mm

Tinggi = 600 mm

Selimut Beton = 30 mm

$F_c = 25 \text{ Mpa}$

$F_y = 420 \text{ Mpa}$  (tul. pokok)

$F_y = 240 \text{ Mpa}$  (tul. sengkang)

Tul. Pokok = D16

Tul. Sengkang =  $\emptyset 10$

$d = h - p - \emptyset \text{ tul pokok} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul pokok}$

$$= 600 - 30 - 16 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 546 \text{ mm}$$

1. Perhitungan tulangan tumpuan

$M_{\text{max}} = 108,2 \text{ KNm}$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$= \frac{108,2 \times 10^6}{0,9}$$

$$= 120,2 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{420}{0,85 \times 25}$$

$$= 19,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{120,2 \times 10^6}{1000 \times 296^2}$$

$$= 1,37$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,025 = 0,018$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,764 \times 1,37}{420}} \right)$$

= 0,0036 ≥ 0,0035 maka menggunakan nilai ρ



$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0036 \times 1000 \times 296 \\
 &= 1065,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \frac{A_s \text{ rencana}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{1065,6}{379,9} = 2,8 = 3 \text{ Tulangan (OK) Dipilih Tulangan 3D22}
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan tulangan lapangan

$$M \text{ max} = 144,8 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{144,8 \times 10^6}{0,9} \\
 &= 160,8 \times 10^6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\
 &= \frac{420}{0,85 \times 25} \\
 &= 19,764
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{160,8 \times 10^6}{1000 \times 296^2} \\
 &= 1,83
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 25}{420} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,025 = 0,018$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,19,764 \times 1,83}{420}} \right)$$

$$= 0,0045 > 0,0035 \text{ maka menggunakan nilai } \rho$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0045 \times 1000 \times 296$$

$$= 1332 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{A_s \text{ rencana}}{A_s \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{1332}{379,9} = 3,5 = 4 \text{ Tulangan (OK) Dipilih Tulangan 4D22}$$

### 3. Kebutuhan sengkang

$$V_u = 286 \text{ KN}$$

$$= 286000 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75$$

$$\text{Teg. Leleh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$V_u \text{ terpakai} = \frac{286000}{(250 \times 396)} = 2,8 \text{ Mpa}$$

$$V_n = V_u / \Phi = 2,8 / 0,75 = 3,73 \text{ Mpa}$$

$$\Phi V_c = \frac{1}{6} \times \phi \times \sqrt{f_c}$$

$$= \frac{1}{6} \times 0,75 \times \sqrt{25} = 0,625$$

$$V_u > \Phi V_c$$

$$2,8 > 0,625 \text{ (diperlukan tul geser)}$$

Tegangan geser tulangan ;

$$\Phi V_{smax} = \frac{2}{3} \times \phi \times \sqrt{f_c}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,75 \times \sqrt{25} = 2,5 \text{ Mpa}$$

Tegangan yang harus dipikul

$$\Phi V_s = V_u - \Phi V_c$$

$$= 2,8 - 0,625 = 2,17 \text{ Mpa}$$

$$\Phi V_{smax} \geq \Phi V_s$$

$$2,5 \geq 2,17 \text{ (Balok tidak perlu diperbesar)}$$

Kebutuhan jarak sengkang :

$$Y = \frac{\phi V_s \times \frac{1}{2} \times l}{v_u}$$

$$= \frac{2,17 \times \frac{1}{2} \times 5000}{2,8} = 1937,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ min} = \frac{b \times y}{3 \times f_y}$$

$$= \frac{250 \times 1937,5}{3 \times 240} = 672,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} = \frac{\phi V_s}{\phi F_y} \times y \times b$$

$$= \frac{2,17}{240} \times 1937,5 \times 250 = 1094 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min } (d/4) = 396 / 4 = 99 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Max } (d/2) = 396 / 2 = 198 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

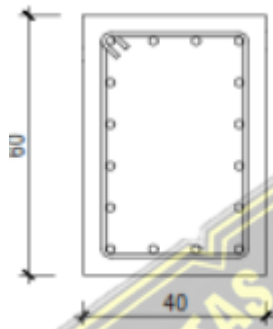
Maka :

$$\text{Tumpuan} = \text{Ø}10 - 100$$

$$\text{Lapangan} = \text{Ø}10 - 200$$

## 4.8 Perancangan Kolom

### 4.8.1. Analisa Kolom (400 mm x 600 mm)



**Gambar 4.13** Kolom (400 mm x 600 mm)

Data rencana :

$$\text{Panjang} = 400 \text{ mm}$$

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

$$\text{Selimut Beton} = 30 \text{ mm}$$

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa (tul. pokok)}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa (tul. sengkang)}$$

$$\text{Tul. Pokok} = \text{D}22$$

$$\text{Tul. Sengkang} = \text{Ø}12$$

$$d = h - p - \text{Ø tul pokok} - \frac{1}{2} \text{Ø tul pokok}$$

$$= 600 - 30 - 22 - \frac{1}{2} 22$$

$$= 537 \text{ mm}$$

## 1. Perancangan tulangan

$$M_{\max} = 505 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{505 \times 10^6}{0,9} = 561,1 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{420}{0,85 \times 25} \\ &= 19,764 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{561,1 \times 10^6}{1000 \times 437^2} = 2,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25}{420} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,025 = 0,018 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,764 \times 2,93}{420}} \right) \\ &= 0,0047 > 0,0035 \text{ maka menggunakan nilai } \rho \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0047 \times 1000 \times 437 = 2053,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{\text{As rencana}}{\text{As tulangan}} \\ &= \frac{2053,9}{379,9} = 5,406 = 6 \text{ Tulangan (OK) Dipilih Tulangan 6D22} \end{aligned}$$

Dipilih Tulangan 6D22, AS = 3801 mm<sup>2</sup>

Jarak sengkang 20 cm

#### 4.9 Perancangan Pondasi

Pondasi pada suatu struktur bangunan diperhitungkan terhadap gaya aksial, gaya geser, dan terhadap momen lentur. Pada perancangan akan digunakan pondasi tiang pancang, dengan menggunakan kapasitas daya dukung diperhitungkan berdasarkan tahanan ujung (*end Bearing*), dangesekan tiang dengan tanah (*friction*). Pemilihan jenis pondasi dapat dilihat berdasarkan:

1. Kondisi dan Karakteristik Tanah.
2. Beban yang diterima Pondasi.
3. Biaya Pelaksanaan

##### 4.9.1. Data Tanah dan Daya Dukung Tanah

Dengan data sondir mesin berdasarkan penyelidikan tanah disarankan perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan lekatan daya dukung tanah per 1 pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Qa = \frac{qc \times Ap}{sf1} + \frac{Tf \times Ast}{sf2}$$

Keterangan :

Qa : Daya dukung Pondasi

Qc : Tahanan ujung conus

Ap : Luas penampang

Ast : Keliling Penampang ( m )

Tf : Berat unit

Sf : Faktor Keamanan ( Safety Factor )

#### 4.9.2. Perhitungan Tiang Pancang

##### a. Kemampuan Tiang Pancang

##### 1. Data Pondasi

Diameter Tiang Pancang	: 80 cm (direncanakan)
Panjang Tiang Pancang	: 12 m
Mutu Beton $f_c$	: 52 Mpa
Mutu Baja $f_y$	: 240 Mpa
N-SPT (Kedalaman 30 m)	: 35
$Q_c$	: 30 kg/cm <sup>2</sup>
Tf	: 641 kg/m
Safety Factor	: Sf 1 = 3 Sf 2 = 5

Sumber : wika-beton.co.id

##### 2. Luas Penampang ( $A_p$ )

$$3,14 \times 0,4 \times 0,4 = 0,50 \text{ m}^2$$

##### 3. Keliling Penampang ( $A_{st}$ )

$$3,14 \times 0,8 = 2,512 \text{ m}$$

##### 4. Daya Dukung Pondasi

$$Q_a = \frac{q_c \times A_p}{sf1} + \frac{Tf \times A_{st}}{sf2}$$

$$Q_a = \frac{30 \times 0,28}{3} + \frac{393 \times 1,884}{5}$$

$$= 327,03 \text{ T}$$

##### 5. Berat Tiang

$$A_p \times L \times BJ \text{ Beton} = 0,50 \times 12 \times 2400$$

$$= 14400 \text{ kg} = 14,4 \text{ ton}$$

6. N netto

$$Q_a - \text{Berat Tiang} = 327,03 - 14,4$$

$$= 312,63 \text{ ton}$$

$$N_{\text{netto}} < Q_a$$

$$312,63 < 327,03 \text{ AMAN}$$

7. Jumlah Tiang Pancang yang dibutuhkan

$$\text{Beban vertikal } P_u \text{ terbesar} = 583 \text{ ton}$$

$$\text{Beban tak terduga} = \frac{1}{4} \times \text{Beban } P_u = 145,7 \text{ ton}$$

$$\text{Beban Pile cap (rencana)} = 2 \times 2 \times 1 \times 2,4 = 9,6 \text{ ton}$$

$$\Sigma V = 738,3$$

$$N = \frac{\Sigma v}{Q_a} = \frac{738,3}{327,02} = 2,25 = 3 \text{ Buah}$$

b. Jarak Penempatan

Jarak antar tiang berdasarkan daya dukung tanah, menurut syarat Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L

$$S \geq 2D \text{ sampai } S \geq 3D$$

Ket :

S = Jarak as tiang

D = Diameter tiang

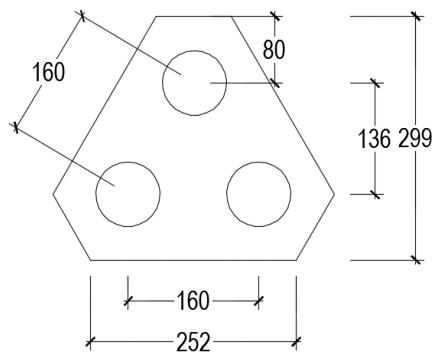
Diambil jarak  $2D = 160 \text{ cm} = 1,6 \text{ m}$

Jarak tepi pile cap dengan as tiang pancang

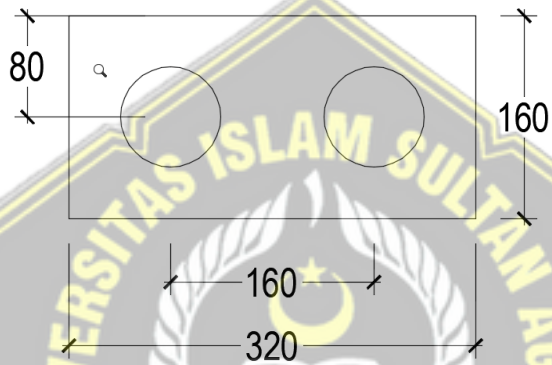
$$S = 1D$$

$$= 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$





**Gambar 4.14** Penempatan Pondasi P-1



**Gambar 4.15** Penempatan Pondasi P-2

c. Efisiensi Pile Group

$$EPG = 1 - \frac{\theta}{90} \times \frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn}$$

$$\theta = \text{Arc tan } d/s$$

Ket :

m = Jumlah baris    n = Jumlah tiang dalam 1 baris

d = Diameter tiang    s = Jarak pusat ke pusat tiang

**Tabel 4.17** Rekap Efisiensi Pile Cap

No	Kode Pile Cap	d (mm)	s (mm)	Arc tan d/s	m	n	EPG
1	P-1	800	1600	27	3	1	0,80
2	P-2	800	1600	27	2	1	0,85

**Tabel 4.18** Rekap Efisiensi Pile Cap

No	Kode Pile Cap	P (Ton)	Mx (Ton-m)	My (Ton-m)
1	P-1	583	143,5	42,1
2	P-2	281	277,2	728

#### 4.9.3. Pemeriksaan Terhadap Geser

##### Diambil contoh Pondasi P-1

1. Beban pondasi

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\sigma = \frac{583}{0,5 \times 1,60 \times 1,36} = 535,8 \text{ ton/m}^2$$

2. Tebal efektif *pile cap*

$$d = h - \text{selimut beton}$$

$$= 1000 - 50$$

$$= 950 \text{ mm}$$

3. Lebar penampang kritis (B')

$$B' = \text{Lebar Kolom} + 2 \times 1/2 \times d$$

$$= 50 \text{ cm} + 2 \times 1/2 \times 95 = 145 \text{ cm}$$

4. Gaya geser yang bekerja

$$\begin{aligned}V_u &= \sigma (L^2 - B^2) \\ &= 535,8 (1,60^2 - 1,45^2) \\ &= 245 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B_o &= 2 (\text{lebar kolom} + d) \\ &= 2 (500 + 950) \\ &= 2900 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\Phi V_c = 0,75 \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot B_o \cdot d$$

$$\begin{aligned}\Phi V_c &= 0,75 \cdot \frac{1}{3} \sqrt{35} \cdot 2900 \cdot 950 \\ &= 4074699 \text{ N}\end{aligned}$$

$$407,47 > V_u = 245 \text{ ton OK}$$

#### 4.9.4. Perhitungan Tulangan *Pile Cap*

Mutu beton ( $f_c$ ) = 35 MPa

Mutu Tulangan ( $f_y$ ) = 400 MPa

Diameter Tul Pokok = D19 = 19 mm (rencana)

Tebal *Pile Cap* ( $h$ ) = 100 cm = 1000 mm

Dimensi Kolom = 50 cm x 50 cm

Selimut Beton = 5 cm = 50 mm

$$\begin{aligned}dx &= h - p - \frac{1}{2} D \text{ tul pokok} & dy &= h - p - \frac{1}{2} D \text{ pokok} - D \text{ tul pokok} \\ &= 1000 - 50 - \frac{1}{2} 19 & &= 1000 - 50 - \frac{1}{2} 19 - 19 \\ &= 940,5 \text{ mm} & &= 921,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

## 1. Tulangan arah X

$$M_x = 1435 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{1435 \times 10^6}{0,9} = 1594 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mn}{b \times dx^2} \\ &= \frac{1594 \times 10^6}{1000 \times 940,5^2} = 1,802 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times F_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{400} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,037 = 0,027 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{400} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,802}{0,85 \times 35}} \right) \\ &= 0,0047 > 0,0035 \text{ maka menggunakan nilai } \rho \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0047 \times 1000 \times 904,5 \\ &= 4251 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$S = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \frac{b}{A_s}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 \frac{1000}{4251} = 66,663 \text{ mm} \Rightarrow 75 \text{ mm}$$

Maka digunakan **D19 – 75**

## 2. Tulangan arah Y

$$M_y = 421 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{421 \times 10^6}{0,9}$$

$$= 467 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{467 \times 10^6}{1000 \times 921,5^2} = 0,550$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c}{F_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{400} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,037$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,037 = 0,027$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,550}{0,85 \times f_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{400} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,550}{0,85 \times 35}} \right)$$

$$= 0,0013 < 0,0035 \text{ maka menggunakan nilai } \rho_{\min}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 921,5$$

$$= 3225,2 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

$$S = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \frac{b}{A_s}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 \frac{1000}{3225,2} = 87,865 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm}$$

Maka digunakan D19 – 100

#### 4.9.5. Perancangan *Tie Beam*

Data Perencanaan *tie beam* adalah sebagai berikut :

$$B = 250 \text{ mm} \quad f_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$H = 450 \text{ mm} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\emptyset \text{ utama} = \text{D19 mm (AS 1 = 284 mm}^2\text{)}$$

$$\emptyset \text{ sengkang} = 10 \text{ mm (AS 1 = 79 mm}^2\text{)}$$

$$P_u \text{ Kolom} = 5838 \text{ KN}$$

$$d = 450 - 50 - 10 - \frac{1}{2} 19$$

$$= 380,5 \text{ mm}$$

#### 4.9.6. Perhitungan Tulangan *Tie Beam*

a. Tulangan Tarik

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,1 \times SDS \times P_u}{\theta \times f_y} = \frac{0,1 \times 0,69 \times 5838 \times 10^3}{0,9 \times 400} = 1119 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f_c} \times b \times d}{4 \times f_y} = \frac{\sqrt{35} \times 250 \times 380,5}{4 \times 400} = 351,72 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4 \times b \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 250 \times 380,5}{400} = 332,93 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ maks} = 0,75 \times \frac{\beta \times b \times d \times f_c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \times \frac{0,85 \times 250 \times 380,5 \times 35}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 3184 \text{ mm}^2$$

As perlu < As maks

1119 < 3184, maka digunakan As perlu

$$\text{Jumlah tulangan tarik} = \frac{AS\ \text{perlu}}{AS1\ \text{tulangan}} = \frac{1119}{284} = 3,9 \implies 4\ \text{buah}$$

Periksa tahanan tarik :

$$0,1 \times S_{DS} \times P_u < \Phi \times A_s \times f_y$$

$$0,1 \times 0,69 \times 5838 \times 10^3 < 0,9 \times 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times 400$$

$$402,8 \times 10^3\ \text{N} < 408 \times 10^3\ \text{N}\ (\text{OK})$$

b. Tulangan Tekan

Tulangan tekan tie beam dipasang sama dengan tulangan tarik yaitu sebesar 4D19.

c. Konfigurasi Tulangan *Tie Beam*

*Tie beam* menggunakan tulangan 4D19 ( $A_s = 1134\ \text{mm}^2$ )

d. Perhitungan Senggang *Tie Beam*

*Tie beam* tidak direncanakan terhadap geser, sehingga tulangan geser yang diperlukan adalah tulangan geser minimum. Sehingga *tie beam* digunakan tulangan pokok untuk daerah tumpuan adalah  $\emptyset 10 - 100$  sedangkan tulangan senggang *tie beam* untuk daerah lapangan digunakan  $\emptyset 10 - 150$ .

a. Syarat jarak antar tulangan

$$s_x = 150\ \text{mm} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 3 \times 150 = 450\ \text{mm}\ (\text{terpenuhi})$$

$$s_x = 150\ \text{mm} \leq 450\ \text{mm}\ (\text{terpenuhi})$$

$$s_y = 150\ \text{mm} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 3 \times 150 = 450\ \text{mm}\ (\text{terpenuhi})$$

$$s_y = 150\ \text{mm} \leq 450\ \text{mm}\ (\text{terpenuhi})$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil Analisa yang dihasilkan dari *software* SAP2000 15 bisa disimpulkan laporan Tugas Akhir dengan judul “RE-DESIGN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAMAN BUDAYA RADEN SALEH DENGAN MODIFIKASI ATAP BENTUK LIMASAN MENJADI JOGLO” antara lain sebagai berikut :

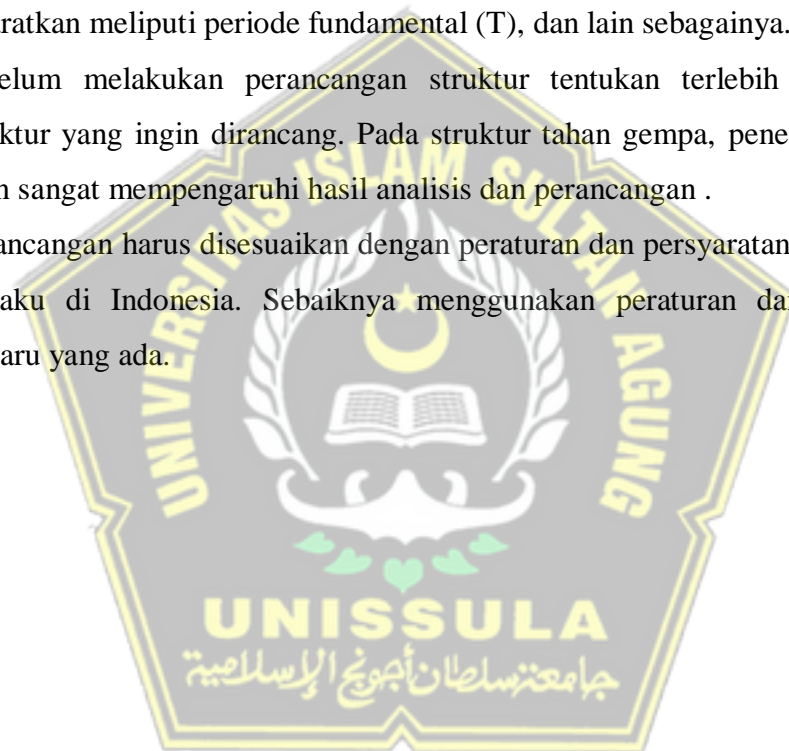
1. Perancangan struktur atas dengan mengacu pada standar peraturan yang berlaku di Indonesia menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :
  - a. Perancangan atap menggunakan profil baja IWF 400 x 200, yang digunakan untuk Kuda – Kuda utama pada atap dan Gording menggunakan Profil CNP 2 x 150 x 65 x 20 x 2,3, yang digunakan pada kemiringan 50° dan 25°.
  - b. Pelat lantai didesain dengan ketebalan 200 mm berdasarkan SNI 2847:2019, serta penulangan pada pelat tipe 6 x 6 m digunakan D13-100 mm dengan jumlah tulangan 10 tulangan serta momen nominal sebesar 41,7092 kN.m dan pelat tipe 6 x 6 m digunakan D13-100 mm dengan jumlah tulangan 10 tulangan.
  - c. Dimensi desain balok yang digunakan pada struktur adalah sebagai berikut :
    - BI-1 (400 mm x 700 mm)
    - BI-2 (300 mm x 500 mm)
    - BI-3 (300 mm x 600 mm)
  - d. Dimensi desain kolom yang digunakan pada struktur adalah sebagai berikut :
    - (400 mm x 600 mm)



## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil Tugas Akhir ini, Penulis berkeinginan untuk memberikan masukan yang terkait pada perancangan struktur atap pada gedung pertunjukan dengan menggunakan software komputer kepada rekan-rekan lainnya:

1. Penguasaan software yang digunakan merupakan salah satu hal yang penting, sebagai contoh dalam permodelan ketika melakukan input data maupun satuan agar lebih teliti agar tidak terjadi kesalahan yang mengakibatkan hasil analisis terjadi kesalahan
2. Dalam perancangan struktur bangunan bertingkat tentukan batasan yang di isyaratkan meliputi periode fundamental (T), dan lain sebagainya.
3. Sebelum melakukan perancangan struktur tentukan terlebih dahulu jenis struktur yang ingin dirancang. Pada struktur tahan gempa, penentuan struktur akan sangat mempengaruhi hasil analisis dan perancangan .
4. Perancangan harus disesuaikan dengan peraturan dan persyaratan struktur yang berlaku di Indonesia. Sebaiknya menggunakan peraturan dan persyaratan terbaru yang ada.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alifah, R., Empung, & Nursani, R. (2021). Perencanaan Struktur Baja Pada Gedung 5 Lantai Kantor Kesehatan Pelabuhan Probolinggo. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 3(1), 88–102.
- Ansyah, R. D., Sipil, T., Muhammadiyah, U., Buwono, H. K., Sipil, T., & Muhammadiyah, U. (2012). *Perilaku Bangunan Struktur Baja Terhadap Beban Gempa*. 53–64.
- Arifin, M. H. R. (2021). *Institut teknologi nasional*. 5–26.
- Arifin, M. H. R. (2021). *Institut teknologi nasional*. 5–26.
- BOSSA, M. R. V. (2014). PERENCANAAN STRUKTUR ATAP GABLE FRAME DENGAN MENGGUNAKAN PROFIL BAJA WF DENGAN METODE LRFD PADA PROYEK BALROOM IJEN PADJADJARAN SUITS RESORTS AND CONVENTION HALL. *Implementation Science*, 39(1), 1–24.
- Devita, S., Teknik, J., Fakultas, S., Universitas, T., Pontianak, T., Sipil, D. T., & Pontianak, U. T. (2019). *PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI SEKOLAH TINGGI ILMU KEPERAWATAN ( STIK ) MUHAMMADIYAH PONTIANAK*. 1–9.
- Dewi, S. U., & Pratama, M. I. (2018). *ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KULIAH KAMPUS 2 IAIN KOTA METRO MENGGUNAKAN PROGRAM ETABS ( Extended Three Analysis Building Systems )*. 7(2).
- Fariha, B. M., Achmad, K., & Pongtuluran, E. H. (2019). Analisis Rangka Atap Kuda-kuda Baja Double Siku, Profil WF dan Hexagonal Castellated Beam. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, 3(2).

- H. Koos Sardjono, Eri Diniardi, S. (2009). Studi Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Din 1 . 7223. *Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 42–50.
- Husnah, H., Darfia, N. E., & Hidayat, F. (2019). Analisis Struktur Rangka Baja Ringan Dan Baja Berat (Wf) Dengan Metode Bricscad Dan Metode Elemen Hingga. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 87–96.
- Ii, B. A. B., & Bioskop, T. U. (2001). 2.2.Tinjauan Bioskop 2.2. 13–41.
- Imelda Budiarty<sup>1</sup>), Ery Budiman<sup>2</sup>), B. H. 3). (2022). *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS ( Studi Kasus : Hotel Fox Harris Lite di Jln . S . Parman , Kota Samarinda , Kalimantan Timur ) Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil*. 6, 45–59.
- Khoeri, H. (2017). Studi Komparasi Struktur Baja Menggunakan Profil WF Terhadap Profil HSS Pada Kolom Struktur. *Semnastek*, 1(2), 1–7.
- Lailatul Fitriyani, W. (2013). *STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) TAHAN GEMPA PADA IJEN SUITES HOTEL KOTA MALANG*.
- Laraseta, L. (n.d.). *Permasalahan atap bangunan gedung dan solusinya*.
- Mardika, P. L. (2014). *Ii, B A B Konvensional, A Baja*. 2.
- mister\_ah. (1999). *Baja*. 59. <https://doi.org/10.1145/312379.312512>
- Naibaho, P. R. T. (2008). *Dasar Teori Beton Bertulang*.
- Nevada J. M. Nanulaitta, ), & Lillipaly\*\*), E. R. M. A. P. (2015). ANALISA SIFAT KEKERASAN BAJA St-42 DENGAN PENGARUH BESARNYA BUTIRAN MEDIA KATALISATOR ( TULANG SAPI (CaCO<sub>3</sub>))

MELALUI PROSES PENGARBONAN PADAT (PACK CARBURIZING)”. *Syria Studies*, 7(1), 37–72.

Nur, R. M., & M, N. (2006). Perencanaan Struktur Atap Rangka Baja Pada Konstruksi Tribun Stadion Sepakbola (Studi Perencanaan Pada Lapangan Sepakbola Sumampir Krakatau Steel Cilegon). *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 12.

Rahardi, I. (2020). Pengaruh Penggunaan Struktur Baja Pada Bangunan 2 Tingkat. *Imaji*, 9(6), 771–780.

Restu Wiro Rudiarmoko<sup>1</sup>, Ngakan Made Anom Wiryasa<sup>2</sup>, dan I. A. . B. (2002). *PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DENGAN RSNI 03-1726-xxxx*.

Ruly Pujantara, & Inferensial. (2014). *STRUKTUR BETON BERTULANG DALAM PERSPEKTIF FLEKSIBILITAS BENTUK DAN ARSITEKTUR PLASTIS PADA RANCANGAN DEKONSTRUKSI*. 12(2007), 703–712.

Santina, A. C., Zuraidah, S., & Hastono, B. (2018). Optimalisasi Profil Baja IWF Pada Konstruksi Bangunan Parkir Sepeda Motor 4 Lantai (Studi Kasus Gedung Spazio Tower 2, Surabaya). *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(2), 72–79.

Saputra, A. W. (2015). STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA (Studi kasus : Gedung Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik Universitas Jember) Anggi. *Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember*, 7(1), 37–72.

Tata A1\*, Imran<sup>2</sup>, F. R. S. (2020). PERILAKU STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA DENGAN ANALISIS PUSHOVER (Studi Kasus Bangunan di Wilayah Ternate). *Jurnal Sipilains*, 10 2(September), 151–156.

Zamrodah, Y. (2016). *Sifat Baja*. 15(2), 1–23.

Taqiya Ashfa dan Nur Isnah, I. N. A. (2019). PERENCANAAN BANGUNAN GUDANG DENGAN STRUKTUR BAJA PADA TANAH LUNAK.

Rizky Apriyanto Anang dan Setiyawan Brian, B. S. (2019). PERANCANGAN GEDUNG 4 LANTAI MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT.

