

**INTEGRASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)  
MENGUNAKAN AUTODESK REVIT DAN  
AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL  
DALAM ANALISIS STRUKTUR  
PADA BANGUNAN GOR *INDOOR* WAY HALIM  
UNTUK PENGOPTIMALAN *VALUE ENGINEERING***

(Skripsi)

Oleh :

**FARRIZQIE RAMADHAN  
2015011001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRACT**

### **INTEGRATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) USING AUTODESK REVIT AND AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL IN STRUCTURAL ANALYSIS OF THE INDOOR SPORTS HALL BUILDING AT WAY HALIM FOR VALUE ENGINEERING OPTIMIZATION**

**By**

**FARRIZQIE RAMADHAN**

*The technology in construction field continues to evolve in line with increasing infrastructure development in Indonesia. BIM holds significant potential to enhance efficiency and quality in the construction industry. One aspect that can be optimized through BIM is structural building analysis. This research aims to understand the process of building structure analysis using Autodesk Robot Structural Analysis Professional software according to the latest Indonesian National Standards. The research methodology includes 3D modeling of structures up to structural element analysis on the building object, which is the Way Halim Indoor Sports Hall. The implementation of BIM in structural building design using Autodesk Revit and Autodesk Robot Structural Analysis Professional results in detailed 3D model visualization with longitudinal reinforcement results for column K1 16D19, K2 8D19, and K3 8D13, while for transverse reinforcement of K1  $\emptyset 10 - 150$ , K2  $\emptyset 10 - 100$ , and K3  $\emptyset 10 - 75$ . For the longitudinal reinforcement results on beam for B1 12D16 at supports and 8D16 at spans, B2 5D16 at supports and 7D16 at spans, and B3 8D13 at supports and 6D13 at spans, while for transverse reinforcement on beams B1 and B2  $\emptyset 10 - 150$  at supports and spans, and B3  $\emptyset 10 - 80$  at supports and spans.*

*Keywords: Autodesk Robot Structural Analysis Profesional, Beam and Column Reinforcement Modeling, Building Information Modeling (BIM), Structural Analysis.*

## ABSTRAK

# INTEGRASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) MENGUNAKAN AUTODESK REVIT DAN AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL DALAM ANALISIS STRUKTUR PADA BANGUNAN GOR *INDOOR WAY* HALIM UNTUK PENGOPTIMALAN *VALUE ENGINEERING*

Oleh

**FARRIZQIE RAMADHAN**

Teknologi di bidang konstruksi terus berkembang sejalan dengan peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia. BIM memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam industri konstruksi. Salah satu aspek yang dapat dioptimalkan melalui BIM adalah analisis struktur bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses analisis struktur bangunan menggunakan *software* Autodesk Robot Structural Analysis Profesional terhadap peraturan Standar Nasional Indonesia terbaru. Metodologi penelitian ini mencakup pemodelan 3D struktur sampai dengan analisis elemen struktur pada objek bangunan yaitu GOR *Indoor Way* Halim Implementasi BIM dalam perencanaan struktur bangunan pada *software* Autodesk Revit dan Autodesk Robot Structural Analysis Profesional menghasilkan visualisasi model 3D yang detail dengan hasil penulangan longitudinal pada kolom untuk K1 16D19, K2 8D19 dan K3 8D13, sedangkan pada tulangan transversal untuk K1 Ø10 – 150, K2 Ø10 – 100 dan K3 Ø10 – 75. Untuk hasil penulangan longitudinal pada balok yaitu B1 12D16 pada tumpuan dan 8D16 pada lapangan, B2 5D16 pada tumpuan dan 7D16 pada lapangan dan B3 8D13 pada tumpuan dan 6D13 pada lapangan, sedangkan pada tulangan transversal pada balok B1 dan B2 Ø10 – 150 pada tumpuan dan lapangan untuk B3 Ø10 – 80 untuk tumpuan dan lapangan.

Kata kunci: Analisis Struktur, Autodesk Robot Structural Analysis Profesional, *Building Information Modeling* (BIM), Permodelan Penulangan Balok dan Kolom.

**INTEGRASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)  
MENGUNAKAN AUTODESK REVIT DAN  
AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL  
DALAM ANALISIS STRUKTUR  
PADA BANGUNAN GOR *INDOOR WAY* HALIM  
UNTUK PENGOPTIMALAN *VALUE ENGINEERING***

Oleh :

**FARRIZQIE RAMADHAN  
2015011001**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi

**: INTEGRASI *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)* MENGGUNAKAN AUTODESK REVIT DAN AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL DALAM ANALISIS STRUKTUR PADA BANGUNAN GOR *INDOOR WAY HALIM* UNTUK PENGOPTIMALAN *VALUE ENGINEERING***

Nama Mahasiswa

**: Farrizqie Ramadhan**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015011001

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

Komisi Pembimbing

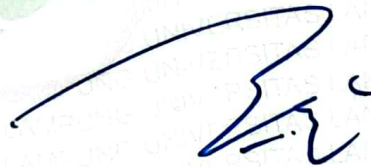


**Bayzoni, S.T., M.T.**  
NIP 19730514 200003 1 001

Ketua Jurusan Teknik Sipil



**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
NIP 19691111 200003 1 002



**Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.**  
NIP 19740530 200012 2 001

Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Dr. Suyadi, S.T., M.T.**  
NIP 19741225 200501 1 003

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

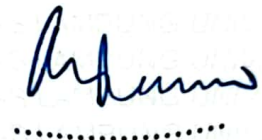
Ketua : **Bayzoni, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Ir. Ashruri, S.T., M.T.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik



  
**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }**  
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 Agustus 2024**

## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Farrizqie Ramadhan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2015011001**

Judul : **Integrasi *Building Information Modeling (Bim)* Menggunakan Autodesk Revit Dan Autodesk Robot Structural Analysis Professional Dalam Analisis Struktur Pada Bangunan Gor *Indoor Way Halim* Untuk Pengoptimalan *Value Engineering***

Jurusan : **Teknik Sipil**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 30-9-2024  
Penulis,



  
**FARRIZQIE RAMADHAN**  
**NPM. 2015011001**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bandar Lampung pada 6 Desember 2001 sebagai anak pertama dari Bapak Farizal Fikri dan Ibu Enayati. Pendidikan penulis dimulai dari TK Al-Akbar (2007-2008), dilanjutkan ke SD Negeri 2 Rajabasa (2008-2014), SMP Negeri 2 Bandar Lampung (2014-2017), dan SMA Negeri 5 Bandar Lampung (2017-2020). Pada tahun 2020, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama kuliah, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung. Penulis juga berpartisipasi dalam Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Banjarmasin, Kecamatan Kota Agung Barat, Kabupaten Tanggamus selama 40 hari pada Desember 2023 sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat. Di bidang akademik, penulis melaksanakan Kerja Praktik di Proyek Pembangunan *Escape Ramp* pada Jalan Prof. Dr. Ir. Sutami Bandar Lampung dari Juli hingga Oktober 2023. Selama masa studi, penulis memperoleh banyak ilmu dan pengalaman dari berbagai sumber, baik akademik maupun non-akademik, serta bertemu dengan banyak individu yang membantu dalam pengembangan diri. Pada akhir masa perkuliahannya, penulis menyelesaikan tugas akhir berjudul “*Integrasi Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit dan Autodesk Robot Structural Analysis Professional Dalam Analisis Struktur pada Bangunan GOR Indoor Way Halim Untuk Pengoptimalan Value Engineering*”.



## **PERSEMBAHAN**

Puji Syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Ku persembahkan karya ku ini kepada :

Ayah dan ibuku tercinta yang telah mendukung, mendoakan dan selalu memberikan semangat serta banyak hal lain yang tidak dapat diungkapkan dengan kata-kata.

Dosen Pembimbing (Bapak Bayzoni dan Ibu Hasti Riakara Husni) dan Penguji (Bapak Ashruri) yang sangat berjasa dan membantu dalam membimbing dan mengarahkan selama penyusunan skripsi.

Dosen Pembimbing Akademik (Bapak Ahruri) yang sangat berjasa dan membantu dalam memberikan semangat dan masukan selama masa perkuliahan.

Sahabat-sahabat ku (Billy, Ryan, Rafi, Hadi mas dan Adit) yang telah banyak membantu, menemani, menghibur dan memberi semangat dikala gempuran game datang.

Sahabat Keluarga Teknik Sipil Angkatan 2020, yang tidak dapat disebutkan satu-satu, yang telah senantiasa menemaniku selama proses penyusunan skripsi.

Terimakasih untuk kalian, telah hadir dan memberi warna selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.

**Almamater Universitas Lampung**

## SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Integrasi Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit dan Autodesk Robot Structural Analysis Profesional Dalam Analisis Struktur pada Bangunan GOR Indoor Way Halim Untuk Pengoptimalan Value Engineering*” sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana (S1) di Teknik Sipil Universitas Lampung.

Tersusunnya skripsi ini tentu bukan karena kerja keras penulis semata, melainkan juga atas bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu terselesaikannya skripsi ini, diantaranya:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
3. Bapak Suyadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Bapak Bayzoni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, arahan dan bantuan selama proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan dan masukan selama proses penyusunan skripsi.
6. Bapak Ir. Ashruri, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran terkait isi skripsi.
7. Bapak Ir. Ashruri, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan motivasinya.

8. Seluruh Civitas Akademik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
9. Rekan, Rafi Ramadhan CH dan Ade Jiwa Pratama yang telah memberikan data dan informasi terkait objek dari objek skripsi.
10. Keluarga, terutama kedua orang tua dan adik - adik yang tak pernah luput memberikan dukungan, baik moral maupun material. Terima kasih untuk segala bentuk bantuan, doa, serta inspirasi yang diberikan kepada penulis.
11. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2020 yang telah melangkah bersama sepanjang perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan dan pengalaman yang diberikan.
12. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis sangat menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis menerima dengan terbuka semua kritik dan saran yang membangun agar laporan ini bisa tersusun lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan kebutuhan akademis.

Bandar Lampung, 2024

**Farrizqie Ramadhan**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penulisan .....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
<b>II. LANDASAN TEORI</b> .....	<b>6</b>
2.1. <i>Building Information Modeling</i> (BIM).....	6
2.2. <i>Software</i> yang Digunakan.....	8
2.2.1. Autodesk Robot Structural Analysis Professional.....	8
2.2.2. Autodesk Revit.....	9
2.2.3. AutoCAD .....	10
2.3. Dasar-Dasar Perhitungan Beban Rencana.....	11
2.4. Evaluasi Struktur Akibat Beban Gempa Metode Analisis Respon Spektrum.....	16
2.4.1. Pengecekan Rasio Modal Partisipasi Massa.....	16
2.4.2. Pengecekan Periode Getar Alami Struktur .....	16
2.4.3. Pengecekan Gaya Geser Dasar ( <i>Base Shear</i> ).....	17
2.4.4. Pengecekan Simpangan Antar Lantai ( <i>Interstory Drift</i> ).....	17
2.5. Analisis Desain Penulangan Balok Dan Kolom Beton Bertulang.....	18

2.5.1.Desain Penulangan Pada Kolom .....	18
2.5.2.Desain Penulangan Pada Balok .....	23
2.5.3.Desain Komponen Struktur Baja .....	32
2.6. Penelitian Sebelumnya .....	35
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>40</b>
3.1. Data Dasar Penelitian .....	40
3.1.1.Data Teknis .....	40
3.1.2.Denah Gedung per Lantai .....	42
3.1.3.Bentuk Bangunan, Potongan Melintang dan Memanjang .....	44
3.2. Prosedur Penelitian .....	47
<b>IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>48</b>
4.1. Permodelan Elemen Struktur Menggunakan <i>Software</i> Autodesk Revit .....	48
4.1.1.Menentukan Unit dan Membuat Grid Struktur.....	49
4.1.2.Membuat Elemen Struktur .....	51
4.1.3.Memodelkan Elemen Struktur .....	53
4.1.4.Visualisasi Hasil Permodelan .....	55
4.2. Analisis Elemen Struktur Menggunakan <i>Software</i> Autodesk Robot Structural Analysis Professional.....	56
4.2.1.Export Model dari <i>Software</i> Autodesk Revit ke <i>Software</i> Autodesk Robot Structural Analysis Professional .....	56
4.2.2.Menentukan <i>Design Code</i> .....	57
4.2.3.Menentukan Spesifikasi Material .....	58
4.2.4.Penambahan Beban.....	60
4.2.5.Penambahan Kombinasi Beban .....	67
4.2.6.Analisis Elemen Struktur Baja Rangka Atap.....	70
4.2.7.Evaluasi Hasil Struktur Akibat Beban Gempa.....	90
4.2.8.Analisis Desain Penulangan Elemen struktur Beton Bertulang.....	95

4.3. Rekapitulasi Hasil Analisis Elemen Struktur Beton Bertulang.....	115
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>119</b>
5.1. Kesimpulan.....	119
5.2. Saran.....	120

#### **DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A (Data Output Permodelan *Software* Autodesk Robot  
Structural Analysis Profesional)**

**LAMPIRAN B (Gambar Kerja Objek Bangunan GOR *Indoor Way*  
Halim Fase 1)**

**LAMPIRAN C (Lembar Asistensi)**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Konsep penggunaan BIM.....	7
2. 2. Contoh grafik kolom pada CUR.....	19
2. 3. Distribusi regangan pada balok. ....	26
2. 4. Penjelasan gaya geser desain pada balok. ....	27
2. 5. Definisi luas $A_{oh}$ dan $Ph$ . ....	31
3. 1. Denah lantai 1.....	42
3. 2. Denah lantai 2.....	43
3. 3. Denah atap.....	44
3. 4. Gambar tampak depan 3D.....	45
3. 5. Potongan memanjang .....	45
3. 6. Potongan melintang.....	46
3. 7. Potongan memanjang daerah <i>void</i> .....	46
3. 8. Potongan melintang daerah <i>void</i> . ....	46
3. 9. Diagram alir penelitian.....	47
4. 1. Tampilan Projek Unit Pada Revit. ....	50
4. 2. Hasil Pembuatan Grid Horizontal. ....	50
4. 3. Hasil Pembuatan Grid Vertikal. ....	51
4. 4. Contoh Tampilan Pemodelan Elemen Kolom K1.....	51
4. 5. Contoh Tampilan Pemodelan Elemen Balok B1.....	52
4. 6. Contoh Tampilan Pemodelan Elemen Pelat Lantai.....	52
4. 7. Contoh Tampilan Pemodelan Elemen Baja. ....	53
4. 8. Tampak Pemodelan Denah Kolom Lantai 1. ....	53
4. 9. Tampak Pemodelan Denah Balok Lantai 2.....	54
4. 10. Tampak Pemodelan Denah Pelat Lantai 2 .....	54
4. 11. Tampak Pemodelan Denah Atap.....	55
4. 12. Visualisasi Pemodelan 3D Elemen Struktur Beton.....	55

4. 13.	Visualisasi Pemodelan 3D Setelah Ditambahkan Rangka Atap. ....	56
4. 14.	<i>Tools Export</i> Pada <i>Software</i> Autodesk Revit. ....	57
4. 15.	Visualisasi Pemodelan Objek Pada <i>Software</i> Autodesk Robot Structural Analysis Professional. ....	57
4. 16.	Tampilan Acuan Desain Yang Digunakan. ....	58
4. 17.	Spesifikasi Material Beton. ....	59
4. 18.	Contoh Spesifikasi Material Baja Profil WF. ....	59
4. 19.	Beban Mati yang Sudah Di- <i>input</i> . ....	62
4. 20.	Beban Hidup yang Sudah Di- <i>input</i> . ....	62
4. 21.	Peta <i>Design Wind Speeds for the Asia-Pacific Region</i> . ....	63
4. 22.	Penambahan Beban Angin dan Simulasinya. ....	64
4. 23.	Data Desain Respon Spektrum. ....	64
4. 24.	Penambahan Beban Gempa. ....	67
4. 25.	<i>Tools</i> Analisis Elemen Baja. ....	70
4. 26.	Visualisasi 3D Hasil Analisis Rangka Atap. ....	71
4. 27.	Visualisasi 2D Hasil Analisis Portal As 2. ....	71
4. 28.	Visualisasi 2D Hasil Analisis Portal As 8. ....	72
4. 29.	Visualisasi 2D Hasil Analisis Portal As B. ....	72
4. 30.	Visualisasi 2D Hasil Analisis Portal As D. ....	73
4. 31.	Visualisasi 2D Hasil Analisis Portal As I. ....	73
4. 32.	Visualisasi 2D Hasil Analisis Portal As M. ....	74
4. 33.	Contoh <i>Output</i> Kolom WF400 dari <i>Section Ok</i> . ....	76
4. 34.	Contoh <i>Output</i> Kolom WF400 dari <i>Incorrect Section</i> . ....	77
4. 35.	Contoh <i>Output</i> Kuda-Kuda WF400 dari <i>Section Ok</i> . ....	78
4. 36.	Contoh <i>Output</i> Kuda-Kuda WF400 dari <i>Incorrect Section</i> . ....	79
4. 37.	Contoh <i>Output</i> Balok WF200 dari <i>Section Ok</i> . ....	80
4. 38.	Contoh <i>Output</i> Balok WF200 dari <i>Instability</i> . ....	81
4. 39.	Contoh <i>Output</i> Balok WF200 dari <i>Incorrect Section</i> . ....	82
4. 40.	Contoh <i>Output</i> Balok Pengikat Memanjang WF200 dari <i>Section Ok</i> . ....	83
4. 41.	Contoh <i>Output</i> Balok Pengikat Memanjang WF200 dari <i>Instability</i> . ....	84
4. 42.	Contoh <i>Output</i> Balok Pengikat Memanjang WF200 dari <i>Incorrect Section</i> . ....	85
4. 43.	Contoh <i>Output</i> Material Giv 6” dari <i>Section Ok</i> . ....	86



4. 44.	Contoh <i>Output</i> Material Giv 6” dari <i>Incorrect Section</i> .	87
4. 45.	Contoh <i>Output</i> Material Giv 3” dari <i>Instability</i> .	88
4. 46.	Contoh <i>Output</i> Material Giv 3” dari <i>Incorrect Section</i> .	89
4. 47.	Grafik Simpangan Antar Lantai.	95
4. 48.	<i>Tools</i> Analisis Penulangan Balok dan Kolom.	95
4. 49.	Lokasi Kolom K1 Pada Struktur.	96
4. 50.	<i>Output Analysis Properties</i> Kolom K1.	97
4. 51.	<i>Output</i> Analisis Desain Kolom K1.	98
4. 52.	<i>Output</i> Penulangan Kolom K1.	99
4. 53.	Detail Penulangan Kolom K1.	99
4. 54.	Lokasi Kolom K2 Pada Struktur.	100
4. 55.	<i>Output Analysis Properties</i> Kolom K2.	100
4. 56.	<i>Output</i> Analisis Desain Kolom K2.	101
4. 57.	<i>Output</i> Penulangan Kolom K2.	102
4. 58.	Detail Penulangan Kolom K2.	102
4. 59.	Lokasi Kolom K3 Pada Struktur.	103
4. 60.	<i>Output Analysis Properties</i> Kolom K3.	103
4. 61.	<i>Output</i> Analisis Desain Kolom K3.	104
4. 62.	<i>Output</i> Penulangan Kolom K3.	105
4. 63.	Detail Penulangan Kolom K3.	105
4. 64.	Lokasi Balok B1 Pada Struktur.	106
4. 65.	<i>Output Analysis Properties</i> Balok B1.	107
4. 66.	<i>Output</i> Analisis Desain Balok B1.	108
4. 67.	Detail Penulangan Balok B1.	109
4. 68.	Lokasi Balok B2 Pada Struktur.	110
4. 69.	<i>Output Analysis Properties</i> Balok B2.	110
4. 70.	<i>Output</i> Analisis Desain Balok B2.	111
4. 71.	Detail Penulangan Balok B2.	112
4. 72.	Lokasi Balok B3 Pada Struktur.	113
4. 73.	<i>Output Analysis Properties</i> Balok B3.	113
4. 74.	<i>Output</i> Analisis Desain Balok B3.	114
4. 75.	Detail Penulangan Balok B3.	115

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1. Data Beban Hidup SNI 1727:2020.....	12
2. 2. Luas Tulangan Transversal Sepanjang $I_o$ .....	22
2. 3. Penelitian Relavan.....	35
3. 1. Dimensi Dan Penulangan Kolom.....	41
3. 2. Dimensi Dan Penulangan Balok .....	41
4. 1. Beban Mati Tambahan .....	60
4. 2. Katagori Resiko Struktur Bangunan Untuk Beban Gempa.....	65
4. 3. Faktor Keutamaan Gempa Pada Bangunan.....	66
4. 4. Faktor R, Cd dan $\Omega$ .....	66
4. 5. Kombinasi Beban Pada <i>Software</i> .....	69
4. 6. Hasil Modal Partisipasi Massa <i>Software</i> Autodesk Robot Structural Analysis Professional .....	91
4. 7. Hasil Periode Struktur Pada Modal <i>Software</i> Robot Structural Analysis Professional .....	92
4. 8. Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	92
4. 9. Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode .....	92
4. 10. Gaya Geser Dasar Hasil .....	93
4. 11. Nilai Hasil Analisis <i>Displacement</i> Tiap Lantai.....	93
4. 12. Rekapitulasi Hasil Analisis Elemen Struktur Baja.....	116
4. 13. Rekapitulasi dan Perbandingan Desain Penulangan Kolom .....	117
4. 14. Rekapitulasi dan Perbandingan Desain Penulangan Balok.....	117

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi pada bidang konstruksi terus berkembang seiring dengan meningkatnya pembangunan-pembangunan infrastruktur yang ada di Indonesia. Kemajuan teknologi dan komputer menjadi alat bantu yang menakjubkan dalam menyelesaikan persoalan numerik maupun non-numerik pada setiap aspek keilmuan. Demikian juga dalam bidang analisis struktur, dengan digunakan program khusus, maka penyelesaian analisis struktur untuk berbagai keperluan dapat dilakukan dengan cepat dan akurat (Firdiansyah dan Irwandi, 2017). Salah satu inovasi terbaru dalam teknologi konstruksi adalah *Building Information Modeling* (BIM). BIM memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam industri konstruksi. Salah satu aspek yang dapat dioptimalkan melalui BIM adalah analisis struktur bangunan. Dengan menggunakan perangkat lunak khusus, penyelesaian analisis struktur untuk berbagai kebutuhan dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. Hingga saat ini, telah ada lebih dari satu program yang dikembangkan untuk melakukan analisis struktur, masing-masing dengan fitur dan cara penggunaan yang berbeda, dan salah satunya adalah Autodesk Robot Structural Analysis Professional.

Perencanaan struktur bangunan dalam pengimplementasian BIM dengan integrasi Autodesk Robot SAP dan Autodesk Revit dapat mengeluarkan pemodelan 3 dimensi struktur beserta penulangan secara detail (Hanggara dan Nurchasanah, 2023). Robot Structural Analysis Profesional adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisa dan memeriksa kekuatan

struktur bangunan. *Software* ini juga terintegrasi dari Autodesk Revit, sehingga dapat meng-*export file* tanpa memodelkan kembali sehingga metode tersebut akan sangat membantu dan mempercepat dalam proses perencanaan suatu bangunan (Siboro dkk., 2023). Dengan demikian analisis struktur harus dapat memastikan bahwa alur, distribusi dan pengaruh beban terhadap struktur sehingga sebuah bangunan layak untuk dikerjakan, sehingga memerlukan peran dari Robot Structure Analysis Profesional.

Bangunan Gelanggang Olahraga *Indoor* (GOR *Indoor* yang terletak di kecamatan Way Halim, Bandar Lampung berlokasi pada Jl. Ki Maja No. 26, Kelurahan Way Halim Permai, Kecamatan Way Halim, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung yang mulai pekerjaan pembangunan pada tanggal 7 mei 2023 sebagai upaya pemerintah kota dalam peningkatan kualitas dan fasilitas olahraga di kota Bandar Lampung. Bangunan GOR ini akan memiliki lapangan badminton dan lapangan bola voli pada bagian tengah bangunan yang dilengkapi dengan tribun penonton dan pada lantai 1 terdapat ruangan para atlet seperti aula, ruang pemain, toilet dan juga terdapat kantor Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) serta ruang pembelian tiket. Kemudian pada lantai 2 terdapat tempat kios dengan ukuran 6 m x 6 m pada bagian sisi belakang gedung. Bangunan ini memiliki luas bangunan sekitar 4788 m<sup>2</sup>. Karena keunikan bentuk bangunan tersebut dan proyek pembangunan yang masih terbilang baru dilaksanakan menjadikan bangunan GOR *Indoor* ini objek yang digunakan penulis dalam pengaplikasian analisis struktur dari BIM.

Setelah memahami konsep terkait keuntungan dan peran *Building Information Modeling* (BIM) dalam industri konstruksi, penulis merasa tertarik untuk mengangkat topik yang membahas penerapan BIM dalam penyusunan rencana skripsi. *Software* utama yang akan digunakan dalam skripsi ini adalah Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2023 dan Autodesk Revit 2023 berbasis *student account* dengan objek bangunan yang diambil untuk dimodelkan dalam pengaplikasian BIM yaitu GOR *Indoor* Way Halim yang

diharapkan akan lebih mempermudah dalam mengidentifikasi hasil analisis perkuatan struktur untuk mengoptimalkan rekayasa nilai (*Value Engineering*).

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, berikut ini merupakan rumusan masalah pada skripsi ini :

1. Bagaimana visualisasi permodelan struktur 3D bangunan Gor *Indoor Way Halim* menggunakan Autodesk Revit dan Autodesk Robot Structural Analysis Professional?
2. Bagaimana hasil analisis gempa menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional?
3. Bagaimana hasil desain dari analisis struktur dengan menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional?
4. Bagaimana BIM dapat memfasilitasi pengoptimalan *Value Engineering* pada proyek GOR *Indoor Way Halim* dengan membantu menyederhanakan elemen struktur tanpa mengorbankan kualitas dan keamanan struktur?

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk mencegah perluasan masalah dan memastikan pencapaian tujuan yang diinginkan, perlu untuk mengidentifikasi dan membatasi cakupan permasalahan. Oleh karena itu, berikut adalah batasan-batasan masalah yang telah ditetapkan.

1. Program yang digunakan adalah Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2023 dan Autodesk Revit 2023 .
2. Objek yang akan dianalisis berupa struktur atas pada bangunan GOR *Indoor Way Halim*.
3. Bagian struktur beton bertulang yang dirancang meliputi elemen balok, kolom dan pelat. Elemen-elemen struktur atas tersebut di desain dengan mengikutsertakan detailing penulangan elemen struktur.

4. Pembebanan pada Autodesk Robot Structural Analysis Professional mengacu pada SNI-1727-2020.
5. Analisis ketahanan gempa pada Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2023 mengacu pada ASCE-2016 yang terintegrasi dengan SNI-1726-2019.
6. Proses permodelan struktur pada Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2023 mengacu pada ACI 318M-2014 yang terintegrasi dengan SNI-2847-2019.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana permodelan objek struktur bangunan dalam bentuk 3D menggunakan Autodesk Revit dan Autodesk Robot Structural Analysis Professional.
2. Untuk mengetahui bagaimana analisis beban gempa pada struktur bangunan menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional.
3. Untuk mengetahui hasil detail desain dari elemen struktur balok dan kolom yang telah dimodelkan pada Autodesk Robot Structural Analysis Professional.
4. Membandingkan hasil desain dari elemen struktur balok dan kolom pada Autodesk Robot Structural Analysis Professional terhadap hasil desain yang sudah ada.

#### **1.5. Manfaat Penulisan**

Adapun manfaat dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Memperluas pengetahuan terkait *Building Information Modeling* (BIM), khususnya dalam penerapan Autodesk Robot Structural Analysis Professional sebagai perangkat lunak utama.
2. Menunjukkan hasil analisis beban gempa yang bekerja pada bangunan dengan menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional.

3. Menunjukkan hasil visualisasi disain bangunan dalam bentuk 3D dan pendetailan dalam bentuk 2D, sehingga dapat lebih mudah dalam mengintergrasikan berbagai macam disiplin ilmu pada suatu proyek konstruksi bangunan

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Untuk menyusun laporan skripsi, diperlukan suatu metode penyusunan laporan atau struktur penulisan yang efektif. Secara sistematis pembahasan yang diuraikan pada skripsi ini dibagi menjadi lima bab, antara lain sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, batasan, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi Bab ini berisi tentang teori-teori yang mendasari serta menunjang penelitian yang akan dilakukan dan diperoleh dari berbagai sumber.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan data dasar penelitian yang telah didapat, diagram alir, dan metodologi yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan.

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

Bab ini membahas tentang hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis serta pembahasan data berdasarkan hasil yang telah diperoleh.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil-hasil yang didapat dari pengolahan data dan memberikan saran untuk hasil tersebut.

## II. LANDASAN TEORI

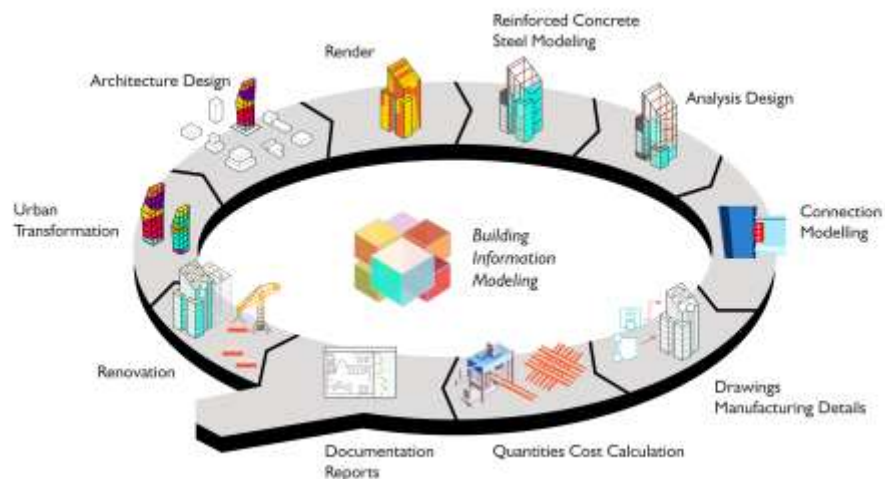
### ***2.1. Building Information Modeling (BIM)***

*Building Information Modeling* (BIM) adalah proses menciptakan model bangunan tiga dimensi yang cerdas yang memungkinkan pemangku kepentingan untuk mengelola dan mengoordinasikan seluruh siklus hidup bangunan, termasuk rencana, desain, konstruksi, operasi, dan pemeliharaan. Wibowo dkk. (2020) mengemukakan bahwa BIM adalah perubahan paradigma yang membawa sejumlah manfaat, tidak hanya bagi para pelaku di industri konstruksi bangunan, melainkan juga bagi masyarakat secara umum. Suatu bangunan yang optimal adalah hasil dari proses konstruksi yang efisien, dengan penggunaan energi, tenaga kerja, dan modal yang lebih efektif. Pada dasarnya, BIM merupakan suatu platform digital untuk pembangunan virtual.

Pengimplementasian BIM pada dasarnya menjadikan permodelan secara 2 dimensi dengan tujuan agar gambar perencanaan mudah untuk dipahami dan dikerjakan. Namun, seiring berkembangnya teknologi terdapat penambahan komponen pada BIM yang berdampak pada perubahan dimensi yang dihasilkan. Wibowo dkk. (2020) mengemukakan pada penelitiannya BIM dianggap sebagai suatu pendekatan yang melampaui sekadar teknologi biasa, melainkan sebagai cara baru dalam mengelola proses pembangunan. Penggunaan BIM memungkinkan perolehan informasi dalam dimensi 3D, 4D, 5D, dan 6D. Dimensi 3D berfokus pada pemodelan parametrik berbasis objek, 4D melibatkan urutan dan penjadwalan material, pekerja, luasan area, waktu, dan lain-lain, 5D mencakup estimasi biaya dan daftar material, sedangkan 6D mempertimbangkan aspek manajemen fasilitas, biaya siklus hidup, dan



dampak terhadap lingkungan. Meskipun konsep ini bergantung pada teknologi program yang digunakan, inti dari BIM adalah pembuatan model digital yang menyertakan informasi esensial untuk keperluan pembangunan, seperti jenis bahan, berat, biaya, waktu, spesifikasi teknis, dan elemen lainnya. Gambar 2.1 berikut merupakan konsep penggunaan BIM dalam mendukung seluruh tahapan penyelenggaraan bangunan.



Gambar 2. 1 Konsep penggunaan BIM.  
(Sumber : help.idecad.com)

Keuntungan yang didapat dalam penggunaan BIM pada jasa konstruksi adalah sebagai berikut (Heryanto dkk., 2020).

1. Meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan memperbaiki metode pelaksanaan, sehingga pekerjaan yang kompleks dapat diantisipasi pada tahap desain dan rekayasa (prakonstruksi).
2. Peningkatan efisiensi dalam kegiatan koordinasi antar disiplin (*efficient workflows*) sehingga proses koordinasi dapat dilaksanakan dengan lebih efektif.
3. Kolaborasi multidisiplin sesuai dengan tingkat pengembangan informasi model bangunan bersifat interdisiplin hingga transdisiplin, melibatkan konsultan perencana dan kontraktor. Kolaborasi ini dimulai dari tahap perencanaan, perancangan, dan rekayasa hingga tahap konstruksi dan operasi proyek, yang dapat disimulasikan secara tiga dimensi. Hal ini

- bertujuan agar bangunan, sebagai produk (*output*), memenuhi target biaya, mutu, dan waktu. Selain itu, pada tahap operasional, bangunan diharapkan memberikan manfaat yang diinginkan, hemat energi, dan ramah lingkungan.
4. Integrasi sistem pada bangunan dapat dilakukan dengan lebih baik sejak tahap awal perancangan, yang menghasilkan penghematan biaya dan waktu konstruksi. Simulasi dari integrasi sistem bangunan (*Building Performance Analysis*) dapat dilakukan dengan lebih cepat dan mudah.
  5. Transparansi dalam proses penyelenggaraan konstruksi melalui visualisasi 3D melalui *clash detection* sehingga dapat meminimalisasi kesalahan-kesalahan yang terjadi pada saat pelaksanaan konstruksi yang akan meningkatkan produktifitas konstruksi.

## **2.2. Software yang Digunakan**

### **2.2.1. Autodesk Robot Structural Analysis Professional**

Autodesk Robot Structural Analysis Professional adalah suatu perangkat lunak (*software*) yang dikembangkan oleh Autodesk, Inc untuk analisis struktural dan pemodelan elemen-elemen struktur bangunan. Perangkat lunak ini memungkinkan insinyur struktural, arsitek, dan profesional konstruksi untuk melakukan simulasi yang komprehensif terhadap perilaku struktur, mengidentifikasi potensi masalah, dan memastikan bahwa desain struktural memenuhi persyaratan keamanan serta standar peraturan yang berlaku.

Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) memungkinkan pengguna untuk membuat model struktural 3D yang akurat, menggambarkan elemen-elemen struktur seperti balok, kolom, dan dinding. Selain itu, perangkat lunak ini memfasilitasi analisis beban dan simulasi respons struktural, termasuk analisis gaya, momen, dan perpindahan, sehingga dapat memberikan wawasan mendalam tentang kinerja struktural suatu bangunan.

Hasyim dkk (2023) pada penelitiannya RSAP memiliki fitur-fitur sebagai berikut.

1. Analisis Struktur, perangkat lunak ini dapat melakukan analisis statik dan dinamik dari struktur, termasuk analisis pembebanan, perpindahan, gaya dalam, momen, dan lain sebagainya.
2. Simulasi Beban, pengguna dapat memasukkan berbagai jenis beban seperti beban mati, beban hidup, beban angin, gempa bumi, dan lain-lain untuk melakukan simulasi respons struktur terhadap kondisi-kondisi tersebut.
3. Rancangan Struktur, Robot Structural Analysis Professional dapat membantu dalam merancang elemen struktur seperti kolom, balok, dinding, dan lainnya berdasarkan pada kode dan standar desain yang berlaku.
4. Analisis Dinamik, selain analisis statik, perangkat lunak ini juga dapat melakukan analisis dinamik untuk mengerti bagaimana struktur merespons getaran dan gerakan yang cepat seperti gempa bumi atau angin kencang.
5. Integrasi BIM, Robot Structural Analysis Professional dapat berintegrasi dengan perangkat lunak BIM (*Building Information Modeling*) lainnya seperti Autodesk Revit untuk mempermudah aliran kerja antara desain dan analisis struktur.

### **2.2.2. Autodesk Revit**

Sama seperti Autodesk Robot Structural Analysis Professional, Autodesk Revit adalah suatu perangkat lunak (*software*) yang dikembangkan oleh Autodesk, Inc. Namun *software* Autodesk Revit dirancang untuk mendukung pendekatan BIM (*Building Information Modeling*) dalam industri konstruksi seperti desain arsitektur, rekayasa struktural, dan rekayasa MEP (mekanikal, elektrikal, dan perpipaan).

Revit memungkinkan para profesional desain dan konstruksi untuk membuat model 3D yang terintegrasi dari suatu proyek, mencakup semua

aspek dari desain, konstruksi, hingga operasional bangunan. Dalam model Revit, setiap elemen memiliki informasi atribut yang kaya, termasuk spesifikasi material, dimensi, serta informasi lain yang berkaitan. Kelebihan Revit adalah memfasilitasi pengurangan revisi perencanaan proyek. karena saat menggunakan Revit, kesalahan desain ditemukan sejak awal. Namun Revit juga memiliki kekurangan yaitu perlu memiliki skill tambahan atau kemampuan menguasai disiplin ilmu yang bersifat interdisipliner (Satria dkk., 2024).

### **2.2.3. AutoCAD**

AutoCAD merupakan sebuah perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) yang dikembangkan oleh Autodesk, Inc., telah hadir sejak tahun 1982 dan menjadi salah satu *software* CAD terpopuler di seluruh dunia. AutoCAD membantu pengguna dalam melakukan pemodelan gambar 2D dan 3D, termasuk kegiatan pembuatan, modifikasi, dan pengembangan model geometris, objek, serta struktur. Kelebihan dari AutoCAD meliputi akurasi, efisiensi waktu dan biaya, kemudahan transfer data, penyediaan database proses produksi, fungsi pesawat, serta perintah dan perhitungan yang handal. AutoCAD juga mendukung impor dan ekspor file ke berbagai program lainnya, termasuk Revit, SketchUp, Inventor, dan berbagai aplikasi lainnya.

Fitur utama AutoCAD mencakup kemampuan untuk membuat garis, bentuk geometris, dan tekstur dengan presisi tinggi, mendukung berbagai macam perintah untuk menyederhanakan proses desain, dan memberikan fleksibilitas dalam menangani berbagai jenis proyek. AutoCAD juga memungkinkan integrasi dengan perangkat lunak lain, memfasilitasi kolaborasi antar profesional dalam sebuah proyek.

### 2.3. Dasar-Dasar Perhitungan Beban Rencana

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatan terhadap suatu pembebanan, antara lain :

#### 1. Beban Mati (beban tetap)

Beban mati adalah berat seluruh beban konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Berikut adalah yang termasuk ke dalam beban mati menurut SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

- a. Berat bahan dan konstruksi
- b. Berat layanan tetap
- c. Atap tanaman dan lanskap

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup mencakup semua beban yang timbul akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan. Ini melibatkan beban pada lantai yang disebabkan oleh barang-barang yang dapat berpindah (*moveable equipment*), mesin-mesin, serta peralatan yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup bangunan. Dengan demikian, beban hidup dapat menyebabkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Pada Tabel 2.1 berikut merupakan daftar dari beban hidup menurut SNI 1727:2020.

Tabel 2. 1. Data Beban Hidup SNI 1727:2020

Hunian atau penggunaan	Merata, $L$ , psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Apartemen (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Sistem lantai akses</b>					
Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Ruang komputer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
<b>Gudang persenjataan dan ruang latihan</b>					
Ruang pertemuan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Ruang pertemuan</b>					
Kursi tetap (terkat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lantai podium	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Tiduri penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terkat di lantai)	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Ruang pertemuan lainnya	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Balkon dan dek</b>					
	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Jalur untuk akses pemeliharaan</b>					
Koridor	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
<b>Lantai pertama</b>					
Lantai lain	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain				
<b>Ruang makan dan restoran</b>					
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Hunian (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Dudukan mesin elevator (pada area 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])</b>					
		-	-	300 (1,33)	
<b>Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])</b>					
		-	-	200 (0,89)	
<b>Jalur penyelamatan saat kebakaran</b>					
Hunian satu keluarga saja	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Tangga permanen</b>					
		-	-	Lihat Pasal 4.5.4	
<b>Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)</b>					
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.1	
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	-	-	Lihat Pasal 4.10.2	
<b>Pegangan tangga dan pagar pengaman</b>					
Batang pegangan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1 Lihat 4.5.2	
<b>Helipad (Lihat Pasal 4.11)</b>					
<b>Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang</b>					
	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
<b>Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)</b>					
	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
<b>Rumah sakit</b>					
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang pasien	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Hotel (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Perpustakaan</b>					
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	4.11
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Pabrik</b>					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	2.000 (8,90)	
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	3.000 (13,35)	
<b>Gedung perkantoran</b>					
Ruang anjip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian					
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
<b>Lembaga hukum</b>					
Blok soal	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Tempat rekreasi</b>					
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang dansa dan bathroom Gymnasium	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

Tabel 2. 1. (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_c$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup dizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup bertantai banyak dizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Rumah tinggal</b>					
Hunian satu dan dua keluarga					
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
Ruang pribadi dan kondonya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Atap</b>					
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.8.1
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap vegetatif dan atap lanskap	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
Atap bukan untuk hunian	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
<b>Akming dan kanopi</b>					
Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
Rangka penutup layar penutup	5 (0,24) berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2)	-	200 (0,89)	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.8.1
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja					
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka betang atap atau suatu titek sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel				2000 (8,90)	
Semua komponen struktur atap utama lainnya				300 (1,33)	
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan				300 (1,33)	
<b>Sekolah</b>					
Ruang kelas	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses</b>					
				200 (0,89)	
<b>Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</b>					
	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	8.000 (35,60)	4.15
<b>Tangga dan jalan keluar</b>					
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
<b>Gudang diatas langit-langit</b>					
	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)</b>					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		
<b>Toko</b>					
Eceran					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Lantai diatasnya	75 (3,58)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Cross, di semua lantai	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
<b>Penghalang kendaraan</b>					
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	Lihat Pasal 4.5.3	
<b>Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki</b>					
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

### 3. Beban Angin

Beban angin yang digunakan berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Gedung sesuai dengan SNI 1727:2020, beban angin dibebani sejajar bidang arah X maupun arah Y. Penggunaan untuk menentukan parameter dasar dalam penentuan beban angin pada SPGAU (Sistem Penahan Gaya Angin Utama) dan K&K (Komponen dan Klading). Parameter-parameter dasar tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Kecepatan angin dasar ( $v$ )
- b. Faktor arah angin ( $K_d$ )
- c. Eksposur
- d. Faktor topografi ( $K_{zt}$ )
- e. Faktor elevasi permukaan tanah ( $K_e$ )
- f. Tekanan velositas ( $q_z$ )
- g. Faktor efek hembusan angin ( $G_f$ )
- h. Koefisien tekanan internal ( $G_{C_{pi}}$ )
- i. Koefisien tekanan eksternal ( $C_p$ )

### 4. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa. Beban gempa terjadi dengan selang waktu yang singkat tetapi dapat menyebabkan kerusakan fatal pada bangunan. Gempa merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh beberapa hal seperti pergeseran lempeng bumi, letusan gunung berapi, dan faktor-faktor lain. Beban gempa penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan suatu gedung bertingkat karena sebagian besar wilayah Indonesia memiliki potensi yang besar untuk terjadi fenomena gempa bumi. Beban gempa diperoleh dari perhitungan analisis dinamis dengan menggunakan data yang tersedia dengan acuan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung.



## 5. Kombinasi Beban

Kombinasi beban yang digunakan dalam perencanaan ini mengacu pada SNI 1727:2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain dan SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Berikut ini merupakan jenis kombinasi beban yang akan diterapkan pada suatu perencanaan struktur bangunan.

- a.  $1,4D$
- b.  $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
- c.  $1,2D + 1,6Lr + 0,5W$
- d.  $1,2D + 1,0W + 0,5Lr + L$
- e.  $0,9D + 1,0W$
- f.  $1,2D + 1,0L + 1,0E$
- g.  $0,9D + 1,0E$

Keterangan:

- D : Beban mati (*dead load*)  
 L : Beban hidup (*live load*)  
 Lr : Beban hidup atap (*life roof load*)  
 W : beban angin (*wind load*)  
 E : Beban seismic (*earthquake load*)

Kombinasi pembebanan khusus untuk nomor f dan g dimodifikasi kembali untuk menambahkan efek beban gempa menjadi persamaan berikut.

Kombinasi beban f :

$$a. (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L \pm \rho Q_{ex} \pm 0,3\rho Q_{ey} \quad (2.1)$$

$$b. (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L \pm \rho 0,3Q_{ex} \pm \rho Q_{ey} \quad (2.2)$$

Kombinasi beban g :

$$a. (0,9 - 0,2SDS)D \pm \rho Q_{ex} \pm 0,3\rho Q_{ey} \quad (2.3)$$

$$b. (0,9 - 0,2SDS)D \pm \rho 0,3Q_{ex} \pm \rho Q_{ey} \quad (2.4)$$

Keterangan :

SDS : Parameter respon spectral percepatan desain pada periode (T) pendek

- $\rho$  : Koefisien redudansi (1,0 untuk bangunan beraturan dan 1,3 untuk bangunan tidak beraturan)
- $Q_{ex}$  : gaya gempa statik ekuivalen/dinamik arah x (gunakan dinamik jika gedung berada di zona gempa tinggi)
- $Q_{ey}$  : gaya gempa statik ekuivalen/dinamik arah y (gunakan dinamik jika gedung berada di zona gempa tinggi)

## **2.4. Evaluasi Struktur Akibat Beban Gempa Metode Analisis Respon Spektrum**

### **2.4.1. Pengecekan Rasio Modal Partisipasi Massa**

Menurut SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, modal partisipasi massa harus meliputi jumlah ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa aktual arah horizontal dan ortogonal. Namun sebagai alternatif analisis diperbolehkan dengan jumlah ragam paling sedikit 90% dari massa aktual arah horizontal dan ortogonal respons yang ditinjau. Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur.

### **2.4.2. Pengecekan Periode Getar Alami Struktur**

Periode getar alami struktur adalah waktu yang diperlukan untuk suatu struktur untuk melakukan satu siklus penuh getaran setelah distimulasi atau diguncang. Dalam konteks struktur, ini mencerminkan karakteristik dinamis struktur tersebut. Periode getar alami adalah parameter penting dalam analisis dinamis struktural dan memiliki implikasi signifikan dalam pemahaman perilaku struktur terhadap guncangan, beban dinamis, atau gaya getaran.

Berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, periode fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 17 dan

periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan. Dengan demikian maka menurut syarat SNI 1726:2019 periode getar alami struktur harus memenuhi persamaan berikut.

$$T < T_a C_u \quad (2.5)$$

Dengan nilai  $T_a$  yaitu :

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.6)$$

Keterangan:

$T$  = Periode fundamental struktur

$T_a$  = Periode fundamental pendekatan

$C_u$  = Koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung

$h_n$  = Ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

#### 2.4.3. Pengecekan Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Gaya geser dasar adalah gaya lateral atau gaya desain total akibat dari beban gempa yang terjadi pada tingkat dasar, di mana akan didistribusikan ke semua tingkat secara vertikal sepanjang tinggi struktur sebagai gaya gempa lateral yang bekerja pada masing-masing tingkat bangunan. Gaya geser dasar statik yang terjadi dipengaruhi oleh berat seismik efektif ( $W$ ) dan ketinggian di tiap lantai. Berat seismik efektif dihitung dengan menyertakan seluruh beban mati dan 25% beban hidup pada tiap lantai (Hilmi dkk., 2021).

Berdasarkan syarat SNI 1726:2019 Gaya geser dasar statik ( $V_{statik}$ ) digunakan untuk mengontrol nilai gaya geser dasar dinamik di mana besarnya gaya geser dasar dinamik yang didapat dari analisis respon spektrum disyaratkan harus lebih besar atau sama dengan 100% dari nilai gaya geser dasar statik.

#### 2.4.4. Pengecekan Simpangan Antar Lantai (*Interstory Drift*)

Syarat kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan berdasarkan simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi

struktur gedung di ambang keruntuhan sehingga dapat mencegah simpangan antar tingkat yang berlebihan. Simpangan antar tingkat ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau.

Menurut peraturan SNI 1726:2019 simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) tidak diijinkan lebih besar dari simpangan antar lantai izin ( $\Delta_a$ ) yang mengacu dalam kategori risiko struktur. Simpangan pusat massa  $\Delta$  (mm) ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta = \frac{\delta_e C_d}{I_e} \quad (2.7)$$

Keterangan :

$C_d$  = Faktor pembesaran simpangan lateral

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa

$\delta_e$  = Simpangan di tingkat-x yang disyaratkan dan ditentukan sesuai dengan analisis elastis

## 2.5. Analisis Desain Penulangan Balok Dan Kolom Beton Bertulang

### 2.5.1. Desain Penulangan Pada Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya, desain penulangan pada kolom meliputi 2 jenis penulangan dengan prosedur desain sebagai berikut.

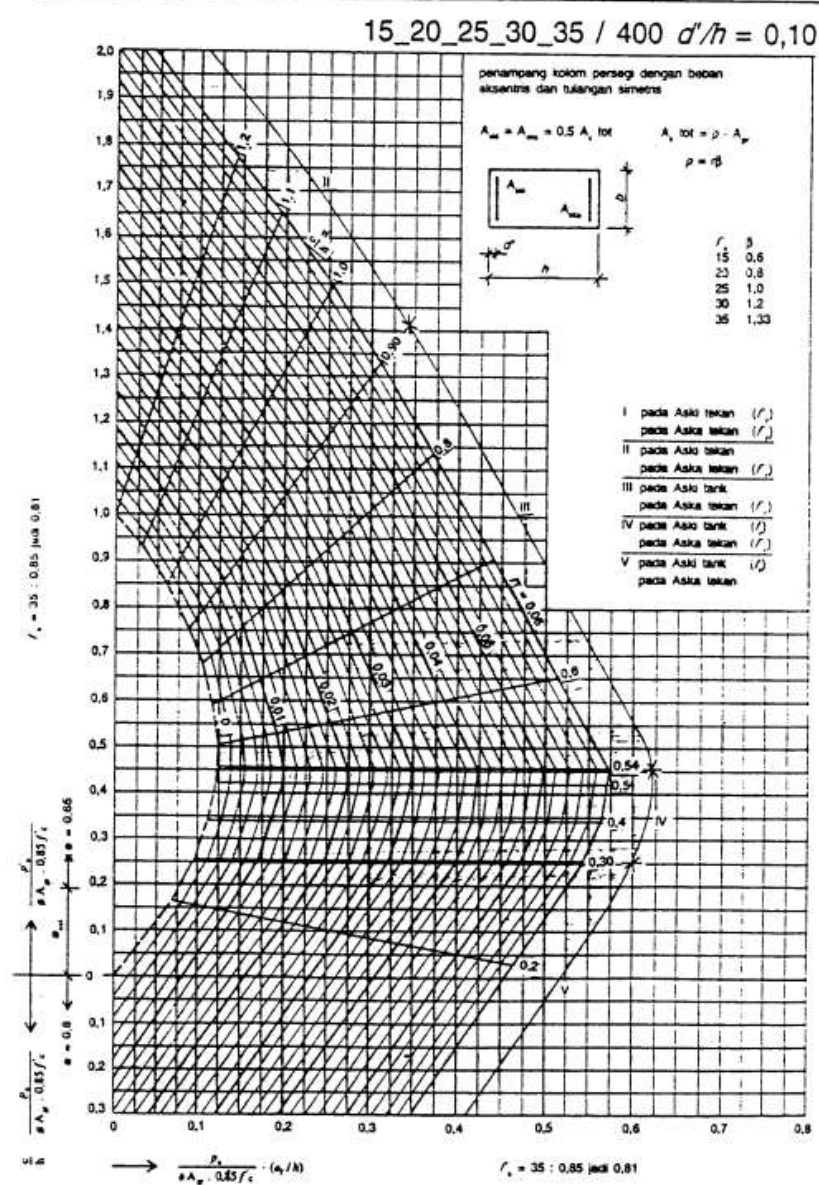
#### 1. Penulangan longitudinal

##### a. Menghitung nilai eksentrisitas

Berdasarkan SNI 2847:2019 nilai eksentrisitas harus lebih besar dari nilai eksentrisitas minimum yang telah ditetapkan yaitu  $15 + 0,03 h$ . Nilai eksentrisitas ditentukan dari rasio antara nilai momen ( $M_u$ ) dan nilai gaya aksial ( $P_u$ ) dari perhitungan analisis pembebanan.

b. Menghitung nilai  $\rho_{\text{perlu}}$

Luas tulangan perlu dicari menggunakan metode CUR lewat grafik pada BAB 6 Subbab 6.1 Kolom dengan Momen Lentur dan Aksial seperti pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2. Contoh grafik kolom pada CUR.

(sumber : Kusumua,1993)

Berdasarkan grafik pada CUR tersebut akan didapat nilai  $r$  dengan menghubungkan antara nilai sumbu vertikal dan nilai sumbu horizontal dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Sumbu vertikal} = \frac{P}{\phi A_g 0,85 f_c} \quad (2.8)$$

$$\text{Sumbu horizontal} = \frac{P}{\phi A_g 0,85 f_c} \times \frac{e}{h} \quad (2.9)$$

Selain didapat nilai  $r$  pada grafik, didapat juga nilai  $\beta$  dengan menggunakan parameter  $f_c$  pada tabel tersebut. Kemudian nilai  $\rho_{\text{perlu}}$  dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

$$\rho_{\text{perlu}} = r \beta \quad (2.10)$$

c. Cek syarat rasio tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2019 dinyatakan bahwa luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  (1%  $A_g$ ) dan tidak lebih dari  $0,06A_g$  (6%  $A_g$ ). Dengan luas tulangan perlu dihitung sebagai berikut.

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} b \cdot d \quad (2.11)$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4}\pi d_{\text{long}}^2} \quad (2.12)$$

## 2. Penulangan Transversal

a. Cek kontribusi beton dalam menahan geser

Berdasarkan SNI 2847-2019 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu  $V_c=0$  pada perencanaan sendi plastis apabila gaya geser desain  $V_e$  akibat sendi plastis ujung-ujung balok melebihi setengah kali kuat geser perlu maksimum,  $V_u$  di sepanjang bentang ( $V_e > 0,5 V_u$ ). Selain itu, kontribusi beton dalam menahan geser dianggap nol jika  $P_u < \frac{A_g f_c}{10}$  juga terpenuhi. Jika terdapat salah satu syarat yang tidak terpenuhi, maka kapasitas geser beton pada kolom diperhitungkan.

b. Cek kapasitas geser kolom beton ( $V_c$ )

Nilai  $V_c$  dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} b d \quad (2.13)$$

c. Penentuan zona *confinement*

Zona *confinement* yaitu daerah dengan tulangan sengkang lebih rapat. Tulangan Sengkang harus dipasang pada zona *confinement* sepanjang  $l_0$  dari ujung kolom dengan  $l_0$  merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 2847:2019 sebagai berikut.

- 1) Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelemahan lentur dimungkinkan terjadi ( $h_{kolom}$ ).
- 2) Seperenam tinggi bersih kolom yaitu  $1/6$  (tinggi kolom terbesar – lebar balok induk terbesar).
- 3) 450 mm

d. Cek kebutuhan tulangan transversal daerah  $l_0$

Perlu dicek apakah kolom membutuhkan tulangan geser atau tidak dengan syarat sebagai berikut.

$$1) V_u \leq 0,5\phi V_c \quad (2.14)$$

$$2) 0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (2.15)$$

$$3) \phi V_c \leq V_u \leq \left( \phi V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} b d \right) \quad (2.16)$$

e. Cek tahanan geser yang ditahan tulangan daerah  $l_0$

Nilai kebutuhan tulangan geser ( $V_s$ ) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_s = \left( \frac{V_u}{\phi} \right) - V_c \quad (2.17)$$

Nilai  $V_s$  yang diambil tidak boleh melebihi nilai  $V_s$  maksimum yaitu  $0,66 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ . Untuk spasi perlu di daerah  $l_0$  dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (2.18)$$

f. Spasi maksimum daerah  $I_0$ 

Nilai  $s_{max}$  merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 2847:2019 dari beberapa syarat berikut.

- 1) Seperempat dimensi terkecil penampang kolom ( $\frac{1}{4} h_{kolom}$ )
- 2) Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil ( $6 d_{long}$ )
- 3)  $s_o$  yang dihitung dengan ( $h_x$  = jarak antar kaki ikat silang)

$$s_o = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right)$$

Nilai  $s_o$  tidak boleh melebihi 150 mm dan kurang dari 100 mm

g. Penentuan luas tulangan sengkang sepanjang  $I_0$ 

Berdasarkan SNI 2847:2019 luas tulangan transversal di daerah  $I_0$  diatur pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Luas Tulangan Transversal Sepanjang  $I_0$ 

Tulangan transversal	Kondisi	Persamaan yang berlaku
$A_{sh}/sb_c$ untuk sengkang pegekang persegi	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (a) dan (b)
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (a), (b) dan (c)
$\rho_s$ untuk spiral ataupun sengkang pegekang lingkaran	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (d) dan (e)
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (d), (e) dan (f)

h. Menentukan luas tulangan sengkang di luar  $I_0$ 

Besaran  $V_u$  pada daerah di luar  $I_0$  dihitung sebagai berikut.

$$V_{u \text{ luar } I_0} = \frac{V_u \left( \frac{h}{2} - l_0 \right)}{\frac{h}{2}} \quad (2.19)$$



- i. Kebutuhan tulangan trasversal dilaur daerah  $I_o$   
Perlu dicek apakah kolom membutuhkan tulangan geser atau tidak dengan syarat sebagai berikut.

$$1) \quad V_u \leq 0,5\phi V_c \quad (2.20)$$

$$2) \quad 0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (2.21)$$

- j. Kebutuhan penulangan geser di luar  $I_o$   
Berdasarkan SNI 2847:2019 luas tulangan transversal diluar  $I_o$  harus dipasang dengan spasi maksimum sebesar nilai terkecil antara:

$$1) \quad 6 d_b$$

$$2) \quad 150 \text{ mm}$$

### 2.5.2. Desain Penulangan Pada Balok

Desain penulangan pada balok dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai gaya dalam yang berasal dari analisis beban yang bekerja pada struktur bangunan. Gaya-gaya dalam tersebut terdiri atas sebagai berikut.

1. Momen terfaktor pada penampang ( $M_u$ )
2. Tegangan geser maksimum terfaktor ( $V_u$ )
3. Gaya aksiap terfaktor ( $P_u$ )

Kemudian berdasarkan SNI 2847:2019 desain penulangan pada balok terdiri atas 3 jenis penulangan dengan prosedur desain sebagai berikut.

#### 1. Penulangan longitudinal

- a. Menghitung momen nominal rencana

Gaya tekan aksial pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum dari 0,1 dikalikan dengan luas penampang dan mutu beton menurut Pasal 9.5.2 SNI 2847:2019.

$$P_u < 0,1 A_g \cdot f'_c \quad (2.22)$$

Sehingga menurut Pasal 9.5.2.1 SNI 2847-2019 momen rencana didesain sebagai berikut.

$M_n = M_u / \phi$ , dengan  $\phi$  sebagai faktor reduksi berdasarkan tabel 21.2.1 SNI 2847:2019.

b. Menghitung faktor tahanan momen (Rn)

Faktor tahanan momen (Rn) harus memenuhi syarat yaitu tidak melebihi dari hasil nilai Rn maksimum, dengan nilai Rn dan Rn max masing-masing sebagai berikut.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (2.23)$$

$$R_n \text{ max} = 0,75 \left[ \rho_b f_y \left( 1 - \frac{1}{2} (0,75) \right) \rho_b \frac{f_y}{0,85 f'c} \right] \quad (2.24)$$

Dengan nilai  $\rho_b$  yaitu rasio tulangan pada kondisi *balance* didapat dari persamaan :

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (2.25)$$

c. Menghitung rasio tulangan pakai ( $\rho_{\text{pakai}}$ )

Rasio tulangan perlu ( $\rho_{\text{perlu}}$ ) dihitung sebagai berikut

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \quad (2.26)$$

Dengan nilai m didapat dari persamaan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} \quad (2.27)$$

Berdasarkan SNI 2847:2019 mensyaratkan rasio tulangan lentur minimum ( $\rho_{\text{min}}$ ) merupakan nilai terbesar dari kedua nilai berikut.

$$1) \frac{1,4}{f_y} \quad (2.28)$$

$$2) \frac{\sqrt{f'c}}{4 f_y} \quad (2.29)$$

Dari nilai  $\rho_{\text{perlu}}$ ,  $\rho_{\text{min}}$  dan  $\rho_{\text{max}}$  dari  $0,75 \rho_b$ . Maka akan diambil nilai maksimum antara nilai  $\rho_{\text{perlu}}$  dan  $\rho_{\text{min}}$  yang telah didapat sebelumnya menjadi rasio tulangan pakai ( $\rho_{\text{pakai}}$ )

d. Menghitung luas tulangan perlu ( $A_{s\text{perlu}}$ )

Luas tulangan perlu merupakan hasil kali antara luas penampang balok dengan rasio tulangan pakai yang nantinya akan digunakan untuk menentukan tulangan pakai rencana dengan rumus persamaan sebagai berikut.

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} b d \quad (2.30)$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4}\pi d^2} \quad (2.31)$$

kemudian dari hasil jumlah tulangan rencana akan didapat nilai rasio tulangan aktual dengan persamaan sebagai berikut.

$$A_{s\text{aktual}} = n \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (2.32)$$

e. Cek kelelahan tulangan

Pengecekan kelelahan tulangan dilakukan untuk mengetahui kondisi pada balok apakah balok tersebut mengalami tekanan terkontrol, transisi ataupun tegangan terkontrol. Pengecekan kelelahan tulangan dilakukan dengan membandingkan persamaan sebagai berikut.

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d-c}{c}\right) \varepsilon_{cu} \quad (2.33)$$

$$\varepsilon_{ty} = \frac{fy}{Es} \quad (2.34)$$

Keterangan :

d = Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal

c = Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

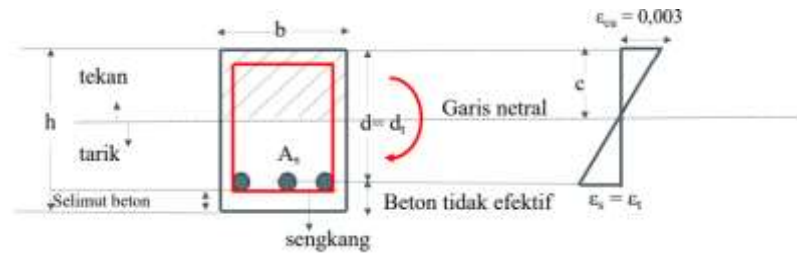
Es = Modulus elastisitas tulangan

$\varepsilon_{cu}$  = Batas regangan (0,003)

$\varepsilon_t$  = Regangan tarik neto

$\varepsilon_{ty}$  = batas regangan tarik neto pada tulangan tarik terjauh

Gambar dari distribusi regangan yang terjadi pada balok pada Gambar 2.3. berikut.



Gambar 2. 3. Distribusi regangan pada balok.  
(sumber: [kampustekniksipil.blogspot.com](http://kampustekniksipil.blogspot.com))

f. Cek kapasitas momen balok ( $\phi Mn$ )

Berdasarkan SNI 2847:2019 nilai  $\phi Mn$  harus melebihi nilai momen terfaktor pada penampang ( $Mu$ ). Nilai  $\phi Mn$  ditentukan dari persamaan sebagai berikut.

$$\phi Mn = \phi A_{s\text{aktual}} f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.35)$$

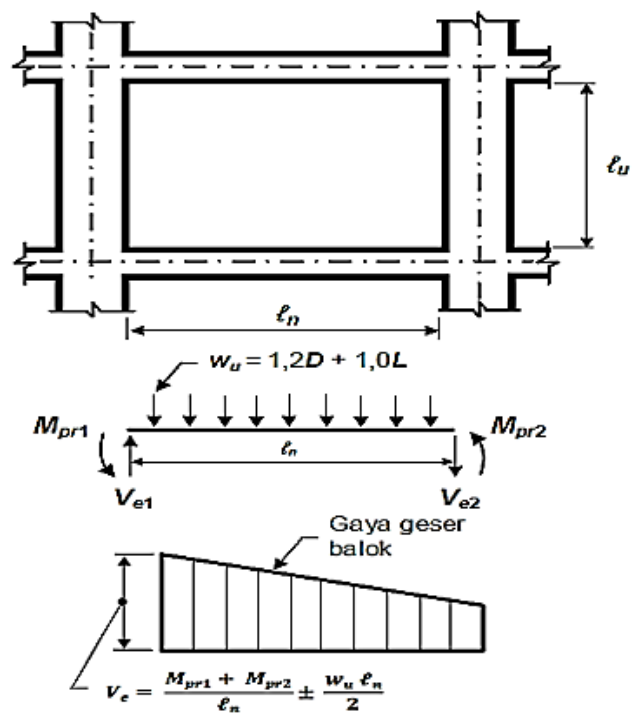
Keterangan :

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan berdasarkan pada Tabel 21.2.2

2. Penulangan transversal

a. Menghitung *probable moment capacities* ( $Mpr$ )

Berdasarkan SNI 2847:2019 mensyaratkan bahwa gaya geser desain ( $V_e$ ) harus dihitung dari tinjauan gaya-gaya pada bagian balok di antara kedua muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatan momen lentur maksimum yang mungkin terjadi,  $Mpr$ , harus diasumsikan bekerja pada muka-muka joint dan balok dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor di sepanjang bentangnya. Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2. 4. Penjelasan gaya geser desain pada balok.  
(sumber : SNI 2847:2019)

Nilai  $M_{pr}$  ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$M_{pr} = 1,25 A_s f_y \left( d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (2.36)$$

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan pakai pada tulangan longitudinal

$$a_{pr} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f' c b}$$

b. Menghitung reaksi geser desain ( $V_e$ ) akibat goyangan

Nilai reaksi geser desain ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$V_e = V_g \pm V_{sway} \quad (2.37)$$

Keterangan:

$V_g$  = Reaksi geser akibat beban gravitasi

$$V_{sway} = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{l_n}$$

c. Cek kontribusi beton dalam menahan geser ( $V_c$ )

Berdasarkan SNI 2847:2019 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu  $V_c=0$  pada perencanaan sendi plastis apabila gaya geser desain  $V_e$  akibat sendi plastis ujung-ujung balok melebihi setengah kali kuat geser perlu maksimum,  $V_u$  di sepanjang bentang. Selain itu, kontribusi beton dalam menahan geser dianggap nol jika  $P_u < \frac{A_g f'_c}{20}$  juga terpenuhi. R18.6.5 SNI 18247-2019 menjelaskan bahwa hal ini tidak boleh diartikan bahwa tidak perlu ada beton untuk menahan geser. Sebaliknya, dapat dikatakan bahwa beton inti menahan semua geser dengan tulangan geser (transversal) yang mengekang dan memperkuat beton inti tersebut Kekangan pada beton inti memainkan peranan yang sangat penting pada perilaku balok dan tidak boleh dikurangi seminimal mungkin hanya karena ekspresi desain tidak secara eksplisit menjelaskannya.

d. Pengecekan tulangan geser

Balok harus dicek terlebih dahulu apakah memerlukan tulangan geser atau tidak. Pengecekan tersebut ditentukan dengan berdasarkan dari 3 persamaan berikut.

$$1) \quad V_u \leq 0,5 \phi V_c \quad (2.38)$$

$$2) \quad 0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (2.39)$$

$$3) \quad V_u > \phi V_c \quad (2.40)$$

Jika dibutuhkan tulangan geser, tulangan gese sebesar  $V_s$  tidak boleh melebihi nilai  $V_s$  maksimum. Nilai  $V_s$  dan  $V_s$  maksimum dapat ditentukan denga persamaan sebagai berikut.

$$V_s = (V_u / \phi) - V_c \quad (2.41)$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \sqrt{f'c} \cdot bd \quad (2.42)$$

e. Spasi perlu sengkang di muka kolom

Nilai spasi sengkang perlu ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (2.43)$$

Dengan nilai  $A_v = n \frac{1}{4} \pi d_s^2$

Kemudian berdasarkan SNI 2847:2019 nilai spasi maksimum merupakan nilai terbesar dari persamaan sebagai berikut.

- 1)  $d/4$
- 2)  $6 d_{long}$
- 3) 150 mm

Dari nilai spasi maksimum dan spasi sengkang perlu dipilih yang terkecil.

#### f. Perhitungan $V_u$ daerah lapangan

Sengkang di daerah muka kolom dipasang sejarak 2 kali tinggi balok diukur dari muka kolom menurut SNI 2847:2019. Nilai  $V_u$  di daerah lapangan dapat dihitung sebagai berikut.

$$V_{u_{lap}} = \frac{V_u \left(\frac{l}{2} - l_o\right)}{\frac{l}{2}} \quad (2.44)$$

Keterangan:

$V_u$  = Total reaksi geser

$l$  = Panjang bentang balok dari as kolom ke as kolom

$l_o$  =  $2 h_{balok}$

Pengecekan kembali untuk kebutuhan tulangan geser dan spasi tulangan pada zona lapangan seperti langkah sebelumnya.

### 3. Penulangan torsi

#### a. Menghitung torsi yang bekerja ( $T_u$ )

Nilai torsi yang bekerja pada balok dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$T_u = T_s \cdot I_p / r \quad (2.45)$$

Keterangan:

$T_s$  = Tegangan torsi dari penampang

$I_p$  = Momen inersia polar penampang

$$I_p = \frac{1}{12} (bh^3 + b^3h)$$

r = jari-jari potongan penampang  
=  $\frac{1}{2} h$

b. Menghitung torsi retak ( $T_{cr}$ )

Torsi yang bekerja pada struktur merupakan torsi kompatibilitas. SNI 2847:2019 mengatakan bahwa untuk struktur yang menderita torsi kompatibilitas, maka torsi  $T_u$  boleh direduksi sampai  $\phi T_{cr}$  karena terjadi redistribusi gaya internal setelah retak torsi sehingga nilai torsi desain yang dipilih merupakan nilai terkecil antara  $T_u$  dan  $\phi T_{cr}$  dengan nilai  $\phi$  merupakan faktor reduksi pada torsi. Nilai  $\phi T_{cr}$  untuk beton non prategang dapat dihitung sebagai berikut.

$$T_{cr} = 0,33 \sqrt{f'c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \quad (2.46)$$

Keterangan:

$A_{cp}$  = Luas penampang balok

$P_{cp}$  = Keliling penampang balok

Nilai  $T_u$  desain dipilih berdasarkan nilai terkecil antara  $\phi T_{cr}$  dengan  $T_u$ .

c. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi

Periksa kecukupan penampang sesuai SNI 2847:2019 untuk penampang solid dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u Ph}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{bd} + 0,66\sqrt{f'c}\right) \quad (2.47)$$

Keterangan:

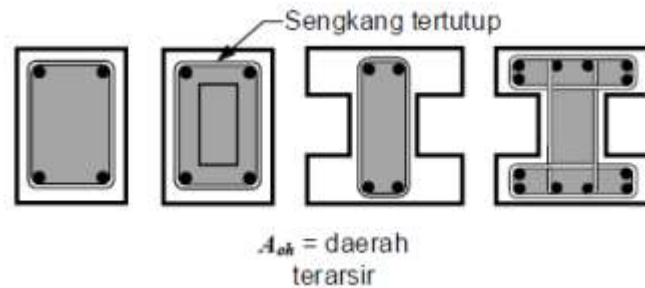
$T_u$  = Gaya torsi desain

$V_c$  =  $0,17 \lambda \sqrt{f'c} b \cdot d$

$A_{oh}$  = luas penampang dibatasi as tulangan sengkang yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.

$Ph$  = keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang





Gambar 2. 5. Definisi luas  $A_{oh}$  dan  $Ph$ .  
(sumber : SNI 2847:2019)

- d. Periksa kebutuhan tulangan torsi

Tulangan torsi dibutuhkan jika  $T_u > \phi T_{th}$ . Nilai  $\phi T_{th}$  ditentukan menurut SNI 2847:2019 sebagai berikut.

$$T_{th} = 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \quad (2.48)$$

Dengan syarat  $T_u > \phi T_{th}$  jika penampang perlu tulangan torsi.

- e. Hitung kebutuhan tulangan torsi longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 22.7.6.1b dalam menghitung penulangan longitudinal penahan torsi, nilai  $A_o$  dapat diambil sama dengan  $0,85 A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$ . Besarnya kebutuhan tulangan longitudinal torsi longitudinal ( $A_l$ ) dihitung sebagai berikut.

$$A_l = \frac{T_u P_h}{\phi 2 A_o f_y \cot \theta} \quad (2.49)$$

Pendistribusian tulangan longitudinal ke semua sisi dengan persamaan sebagai berikut.

$$A_l \text{ sisi pendek} = \frac{b}{P_{cp}} A_l \quad (2.50)$$

$$A_l \text{ sisi panjang} = \frac{h}{P_{cp}} A_l \quad (2.51)$$

- f. Hitung kebutuhan tulangan torsi transversal

Berdasarkan SNI 2847:2019 dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai  $A_o$  dapat diambil sama dengan  $0,85$

Aoh dan nilai  $\theta = 45^\circ$ . Besarnya kebutuhan tulangan transversal torsi  $A_t/s$  dihitung sebagai berikut.

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi 2A_o f_y t \cot \theta} \quad (2.52)$$

Pengecekan tulangan transversal terpasang dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_v t}{s} \quad (2.53)$$

Keterangan:

$s$  = Jarak antar tulangan transversal desain

$\frac{A_v \text{ pakai}}{s}$  = luasan perjarak spasi tulangan yang telah dipasang

$\frac{A_v t}{s}$  = Luas perjarak spasi kebutuhan tulangan setelah torsi  
 $= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s}$

$\frac{A_v}{s}$  = Luas perjarak spasi Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi  
 $= \frac{V_s}{f_y d}$

### 2.5.3. Desain Komponen Struktur Baja

Pada desain rangka atap struktur baja, batang-batang yang bekerja mempunyai dua komponen struktur yaitu batang tarik dan batang tekan. Berikut desain komponen yang bekerja pada batang tarik dan tekan berdasarkan SNI 1729:2020.

#### 1. Desain komponen struktur untuk tarik

Berdasarkan SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural kekuatan tarik desain ( $\phi_t P_n$ ) dan kekuatan tarik izin ( $P_n / \Omega_t$ ), komponen struktur tarik harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto. Dengan nilai  $\phi_t$  untuk penampang bruto yaitu 0,90 dan untuk penampang neto yaitu 0,75.

Kemudian nilai  $\Omega_t$  untuk penampang bruto yaitu 1,67 dan untuk penampang neto yaitu 2,00.

a. Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$P_n = F_y A_g \quad (2.54)$$

b. Untuk keruntuhan tarik pada penampang neto:

$$P_n = F_u A_e \quad (2.55)$$

Keterangan:

$F_y$  = Tegangan leleh minimum terspesifikas

$F_u$  = Kekuatan tarik minimum terspesifikasi

$A_g$  = Luas bruto dari komponen struktur

$A_e$  = Luas neto efektif

$$= A_n U$$

$U$  = Faktor lag geser

Untuk komponen struktur terhubung sendi Berdasarkan SNI 1729:2020 Kekuatan tarik desain ( $\phi_t P_n$ ) dan kekuatan tarik izin ( $P_n/\Omega_t$ ), komponen struktur terhubung-sendi harus diambil nilai terendah yang ditentukan sesuai dengan keadaan batas keruntuhan tarik, keruntuhan geser, tumpu, dan leleh. Dengan nilai  $\phi_t$  untuk keruntuhan tarik pada luas neto efektif yaitu 0,75 dan untuk keruntuhan geser pada luas efektif yaitu 0,75. Kemudian nilai  $\Omega_t$  sama-sama memiliki nilai 2,00 untuk keruntuhan tarik pada luas neto efektif dan untuk keruntuhan geser pada luas efektif.

a. Untuk keruntuhan tarik pada luas neto efektif :

$$P_n = F_u (2 t b_e) \quad (2.56)$$

b. Untuk keruntuhan geser pada luas efektif:

$$P_n = 0,6 F_u A_{sf} \quad (2.57)$$

Keterangan:

$t$  = Ketebalan pelat

$$b_e = 2t + 16$$

$A_{sf}$  = Luas pada alur kegagalan geser

$$= 2t (a + d/2)$$

a = jarak terpendek dari tepi lubang sendi ke tepi komponen struktur yang diukur paralel terhadap arah gaya

d = diameter sendi

## 2. Desain komponen struktur untuk tekan

Berdasarkan SNI 1729:2020 kekuatan tekan nominal ( $P_n$ ) harus diambil dari nilai terendah yang diperoleh berdasarkan pada keadaan batas tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk torsi-lentur yang berlaku dengan nilai  $\phi_c = 0,90$  dan  $\Omega_c = 1,67$ . Kekuatan tekan desain,  $\phi_c P_n$ , dan kekuatan tekan izin,  $P_n/\Omega_c$ , ditentukan sebagai berikut.

### a. Tekuk lentur pada komponen struktur tanpa elemen langsung

Kekuatan tekan nominal ( $P_n$ ) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas berupa tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (2.58)$$

Tegangan kritis ( $F_{cr}$ ) ditentukan sebagai berikut:

- 1) Bila  $\frac{L_c}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$  atau  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$ , maka nilai  $F_{cr}$  ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y \quad (2.59)$$

- 2) Bila  $\frac{L_c}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$  atau  $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$ , maka nilai  $F_{cr}$  ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (2.60)$$

Keterangan:

E = Modulus elastisitas baja

$F_e$  = Tegangan tekuk elastis

$$= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{Lc}{r}\right)^2}$$

r = Radius girasi

b. Komponen struktur dengan elemen langsing

Kekuatan tekan nominal (Pn) harus diambil nilai terendah berdasarkan pada keadaan batas yang berlaku berupa tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk torsi-lentur dalam interaksi dengan tekuk lokal.

$$P_n = F_{cr} A_e \quad (2.61)$$

Keterangan:

A<sub>e</sub> = penjumlahan luas efektif penampang berdasarkan pada lebar efektif tereduksi

F<sub>cr</sub> = Tegangan kritis

Tegangan kritis ditentukan untuk siku tunggal, ditentukan nilai F<sub>cr</sub> sama dengan komponen struktur tanpa elemen langsing sebelumnya. Luas efektif,(A<sub>e</sub>) dapat ditentukan dengan mengurangi luas bruto (A<sub>g</sub>) dengan luas setiap elemen langsing yang ditentukan sebagai (b - be ) t.

## 2.6. Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu dimaksudkan untuk tujuan perbandingan dan referensi. Selain itu, untuk menghindari asumsi kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian yang relevan sebagai berikut.

Tabel 2. 3. Penelitian Relavan

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Hananta Nur Hanggara dan Yenny	Implementasi <i>Building</i> <i>Information</i>	Dari penelitian ini didapat tulangan dari struktur balok menghasilkan tulangan tumpuan, tulangan atas didapatkan sebanyak 10 D22,

<p>Nurchasanah, 2023</p>	<p><i>Modeling</i> (BIM) Dalam Analisis Struktur Menggunakan <i>Autodesk Robot Structural Analysis Professional</i> Untuk Mengoptimalkan <i>Value Engineering</i></p>	<p>tulangan bawah didapatkan sebanyak 4 D22 dan tulangan lapangan, tulangan atas didapatkan sebanyak 5 D22, tulangan bawah didapatkan sebanyak 5 D22, sedangkan data awal yaitu pada tulangan tumpuan, tulangan atas didapatkan sebanyak 13 D25, tulangan tengah sebanyak 3 D16, tulangan bawah didapatkan sebanyak 7 D25 dan tulangan lapangan, tulangan atas didapatkan sebanyak 3 D25, tulangan tengah sebanyak 3 D16, tulangan bawah didapatkan sebanyak 5 D25. Untuk tulangan pada struktur kolom yaitu sama dengan data awal untuk tulangan utama sebanyak 22 buah diameter 32 mm. Untuk sengkang pada kolom digunakan 13 mm dengan jarak 100 mm pada daerah lapangan dan 150 mm pada daerah tumpuan. Dengan demikian peneliti menyimpulkan bahwa Implementasi BIM dengan integrasi Autodesk Robot Analysis Professional dengan Autodesk Revit dalam proses perencanaan desain struktur ataupun pemodelan lebih efisien sehingga dapat mengoptimalkan dalam value engineering pada bangunan Tower ITS 2.</p>
------------------------------	---	--

<p>Agus Firdiansyah dan Irwandi, 2017</p>	<p>Analisis Struktur Portal 3d Menggunakan Program Autodesk Robot Structural Analysis Professional Serta Sap2000</p>	<p>Dari penelitian ini didapat hasil desain tulangan antara Autodesk Robot dan SAP2000 pada balok sama-sama menghasilkan 4D19 pada tulangan longitudinal dan 24D10 pada tulangan transversal. Pada kolom didapat hasil yang sama juga dengan hasil 6D19 pada tulangan Longitudinal dan 33D10 pada tulangan transversal. Perbedaan didapat pada hasil analisis gaya dalam perbedaan tersebut dimungkinkan terjadi sebab dari distribusi pembebanan yang berbeda dari tiap program serta pada parameter-parameter yang terdapat pada masing-masing program.</p>
<p>Bobby Asukmajaya R., 2023</p>	<p>Perbandingan Desain Elemen Struktur Pada Bangunan Gedung Secara Manual dan dengan Software <i>Robot Structural Analysis Professional</i> 2022</p>	<p>Dari penelitian ini didapat 2 hasil kesimpulan yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. pengecekan simpangan lateral didapatkan untuk bangunan tahan gempa perlu untuk diberikan shearwall terutama pada sumbu lemah, dikarenakan jika hanya menggunakan sistem rangka pemikul momen tidak cukup untuk menjadikan bangunan gedung tahan gempa.</li> <li>2. Design Elemen Struktur, jauh lebih efektif menggunakan RSAP dibandingkan perhitungan manual, baik dari segi waktu dan</li> </ol>

		<p>optimasi. Hal ini dikarenakan pada perhitungan manual perhitungan dilakukan secara coba – coba hingga mendapat nilai yang mendekati antara beban berfaktor dan kekuatan nominal, sementara pada RSAP optimasi dapat disetting sesuai dengan kebutuhan perencana secara cepat.</p>
<p>Rian Rivaldo Markus dan Ir. Bantot Sutriyono, M. Sc., 2023</p>	<p>Alternatif Desain Struktur Gedung Rumah Sakit Royal 7 Lantai Surabaya Menggunakan Struktur Baja Dengan Analisis <i>Autodesk Robot</i></p>	<p>Dari penelitian ini didapat perhitungan pada material struktur balok dan kolom baja diperoleh harga (Rp.7.307.850.000), dan struktur balok dan kolom beton existing dengan harga (Rp. 8.332.012.800). Maka dapat disimpulkan bahwa biaya konstruksi bangunan baja lebih ekonomis dibandingkan dengan bangunan beton existing.dengan selisih harga Rp.651.500.000 dengan perentase 8%.</p>
<p>Muhammad Hilmi, Erizal dan Joana Febrita, 2021</p>	<p>Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019</p>	<p>Dari penelitian ini yang dilakukan dengan pemodelan yang dilakukan dengan program <i>Autodesk Robot Structural Analysis 2021</i> berupa struktur atas didapat hasil besarnya partisipasi massa yang memenuhi 90% untuk arah X maupun Y terdapat pada mode ke-24, periode struktur desain (T) yang digunakan</p>



		<p>yaitu 0,897 detik dikarenakan nilai periode hitung (<math>T_c</math>) berada di bawah periode minimum (<math>T_a</math>). Pengecekan <math>V_{dinamik}</math> arah X dan Y yang telah dikalikan dengan faktor skala masing-masing sebesar 1,34 dan 1,25 telah memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726:2019 dan Nilai simpangan antar lantai pada arah X dan Y untuk lantai 1 hingga lantai ruang mesin dinyatakan aman karena simpangan antar lantai pada tiap lantai lebih kecil dari nilai simpangan izin. Berdasarkan nilai rasio simpangan arah X dan Y, level kinerja struktur gedung CRC adalah <i>Immediate Occupancy (IO)</i>. Hal ini dikarenakan rasio simpangan struktur yang terjadi lebih kecil dari 1%. Hasil pengecekan terhadap pengaruh P-Delta arah X dan Y pada struktur gedung CRC sudah sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan di mana nilai <math>\theta</math> tidak melebihi <math>\theta_{maks}</math> atau struktur gedung CRC dapat dikatakan stabil terhadap beban gempa yang terjadi dan tidak perlu dilakukan perbaikan struktur.</p>
--	--	---

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Data Dasar Penelitian

##### 3.1.1. Data Teknis

Berikut ini adalah beberapa informasi mengenai komponen teknis dalam bangunan GOR *Indoor Way Halim* Bandar Lampung.

1. Luas bangunan

Bangunan GOR *Indoor Way Halim* Kota Bandar Lampung memiliki luas bangunan sebesar 4788 m<sup>2</sup>.

2. Ketinggian bangunan

Ketinggian bangunan pada bangunan GOR *Indoor Way Halim* memiliki total tinggi 2050 mm dari elevasi ±0,00 bangunan, dengan lantai 1 bangunan terletak pada elevasi +0,60. Berikut adalah rincian ketinggian sebagai berikut:

Lantai 1 ke lantai 2	: 5000 mm
Lantai 2 ke dudukan atap	: 5000 mm
Dudukan atap ke sisi atas atap	: 9900 mm

3. Kolom

Pada bangunan GOR *Indoor Way Halim* digunakan 3 jenis kolom dengan mutu beton K250. Pada Tabel 3.1 merupakan rincian mengenai tipe-tipe kolom yang digunakan.

Tabel 3. 1. Dimensi Dan Penulangan Kolom

Tipe	Dimensi (mm)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan sengkang (mm)
K1	600 x 600	16 – D19	Ø10 - 150
K2	400 x 500	14 – D16	Ø10 - 150
K3	300 x 300	8 – D13	Ø10 - 150

#### 4. Balok

Dalam bangunan GOR Indoor Way Halim dipasang 3 jenis balok dengan mutu beton K250. Berikut rincian mengenai tipe-tipe balok yang digunakan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2. Dimensi Dan Penulangan Balok

Tipe	Dimensi (mm)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan sengkang (mm)	
			Tumpuan	lapangan
B1	300 x 600	10 – D16	Ø10 - 100	Ø10 - 100
B2	250 x 400	6 – D16 dan 2 – D13	Ø10 - 150	Ø10 - 150
B3	200 x 300	6 – D13	Ø10 - 150	Ø10 - 150

#### 5. Pelat lantai

Digunakan pelat lantai yang terbuat dari bahan beton dengan ketebalan mencapai 120 mm. Penulangan pada pelat lantai ini menggunakan tulangan berdiameter Ø10 - 150. Mutu beton yang digunakan untuk pelat lantai ini adalah K250.

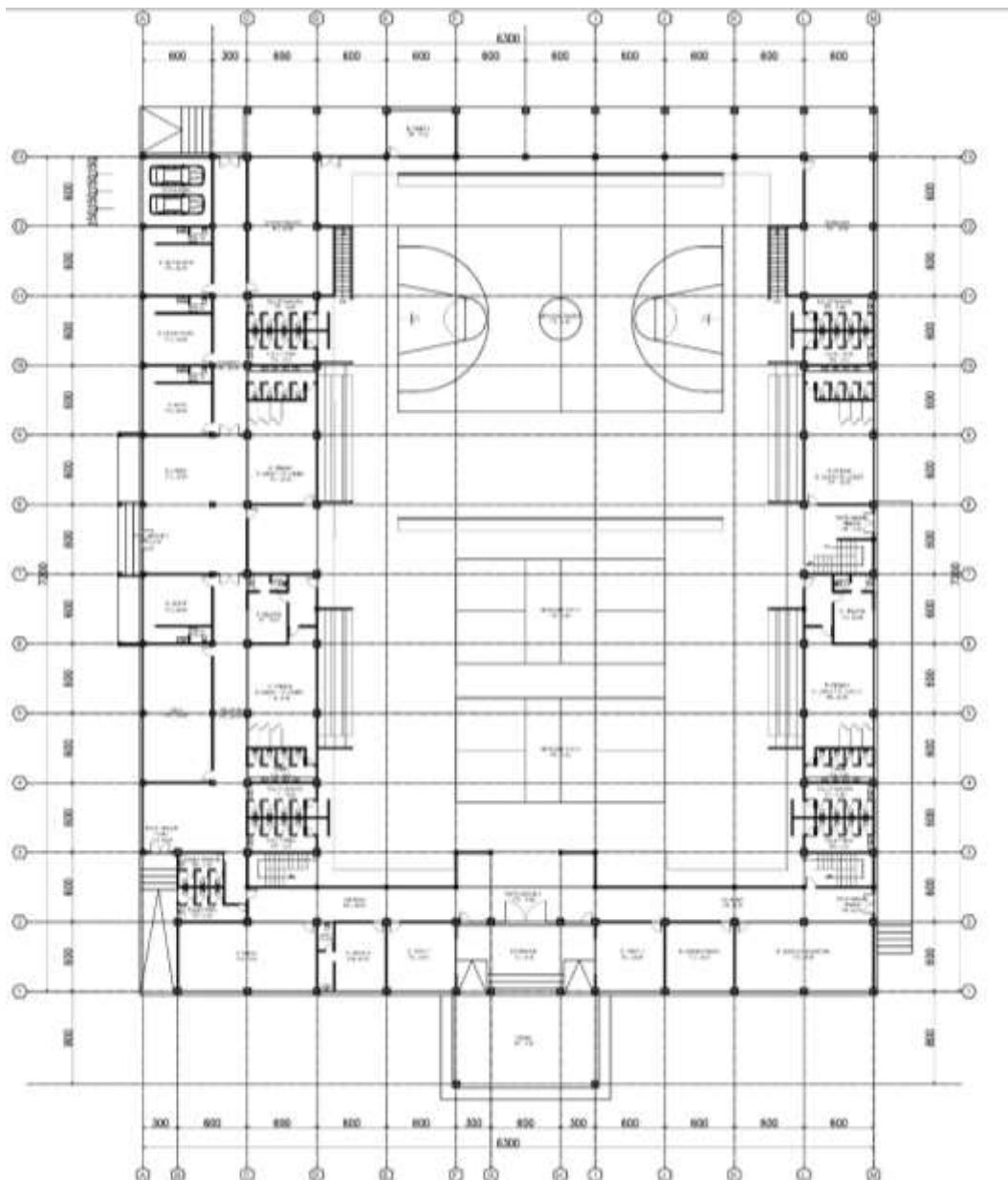
#### 6. Struktur Atap

Pada struktur atap dari elevasi +1.00 sampai dengan +2.05 menggunakan struktur rangka baja dengan material sebagai berikut:

- a. Baja WF 400 x 200 x 8 x 13 sebagai kolom dan kuda-kuda
- b. Baja WF 200 x 100 x 8 x 11 sebagai ikatan kolom dan kuda-kuda
- c. Baja CNP 200 x 75 x 20 x 3,2 sebagai balok gording
- d. Pipa giv berdiameter 6 dan 3 inch sebagai skoor kuda-kuda
- e. Spandek ketebalan 0,5 mm sebagai penutup atap

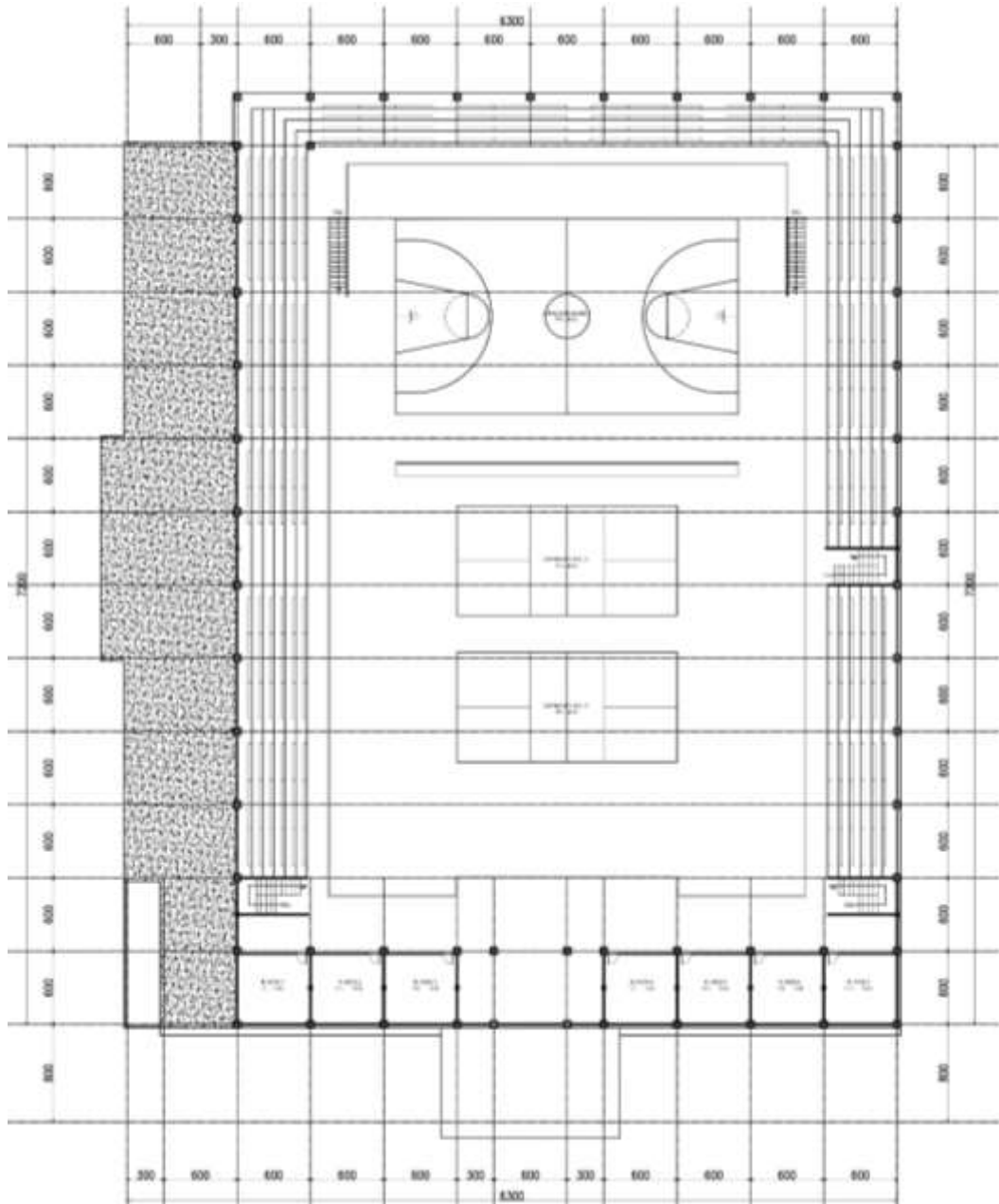
### 3.1.2. Denah Gedung per Lantai

Gambar 3.1 memperlihatkan tata ruang lantai dasar gedung yang digunakan sebagai ruangan untuk atlet, ruang staf kone dan tuang tiket dengan di tengahnya menjadi tempat lapangan untuk bola basket dan bola voli.



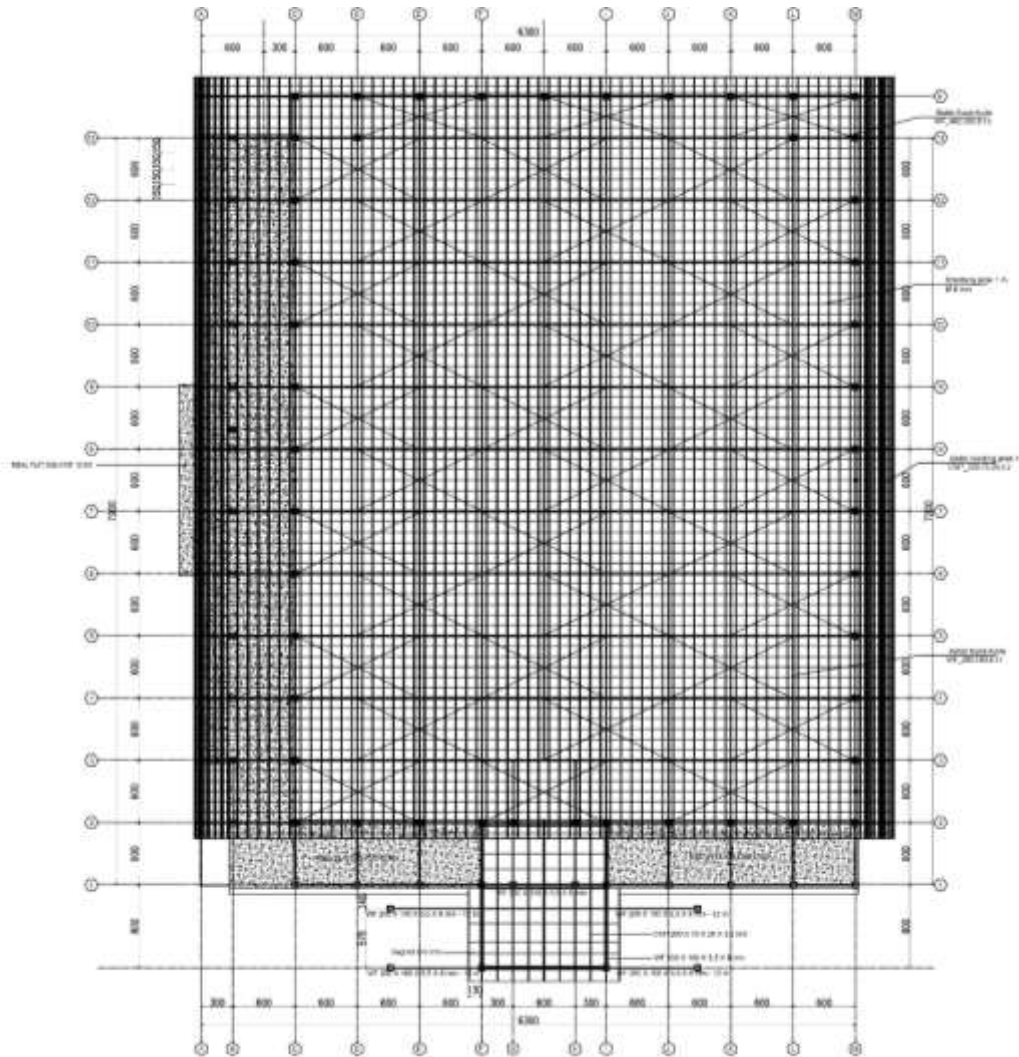
Gambar 3. 1. Denah lantai 1.

Gambar 3.2 memperlihatkan tata ruang pada lantai 2 berupa 7 ruang kios dan tribun.



Gambar 3. 2. Denah lantai 2.

Gambar 3.3 merupakan denah rencana rangka atap dan dag atap dengan ketebalan 12 cm.



Gambar 3. 3. Denah atap.

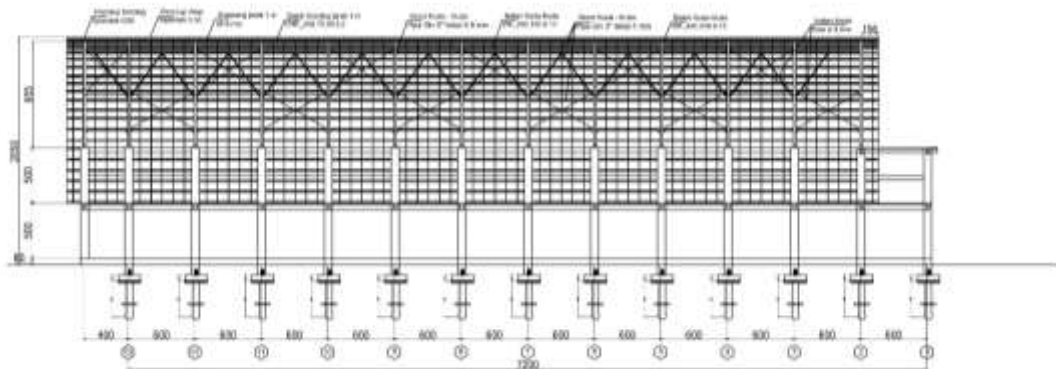
### 3.1.3. Bentuk Bangunan, Potongan Melintang dan Memanjang

Tampak visualisasi dari depan dengan model 3 dimensi yang akan dijadikan objek dalam penulisan skripsi dapat dilihat pada Gambar 3.4.

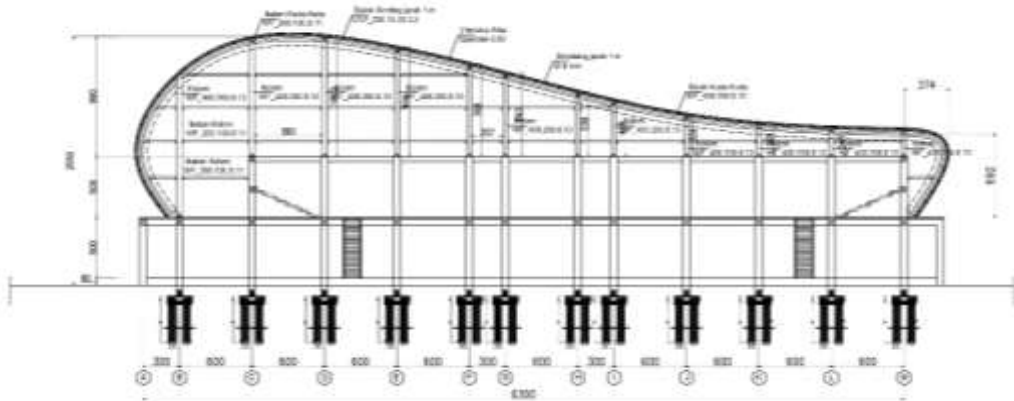


Gambar 3. 4. Gambar tampak depan 3D.

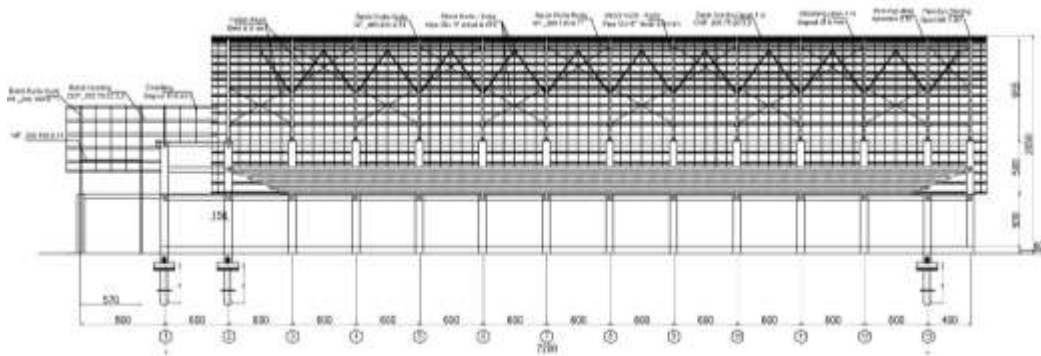
Gambar 3.5 dan 3.6 memperlihatkan detail potongan memanjang dan potongan melintang bangunan. Untuk potongan memanjang dipotong pada portal C-C sedangkan potongan melintang di potong pada portal 2-2, sedangkan pada bagian lapangan bangunan (*void*) dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8 sebagai gambar potongan pada portal E-E dan 7.7.



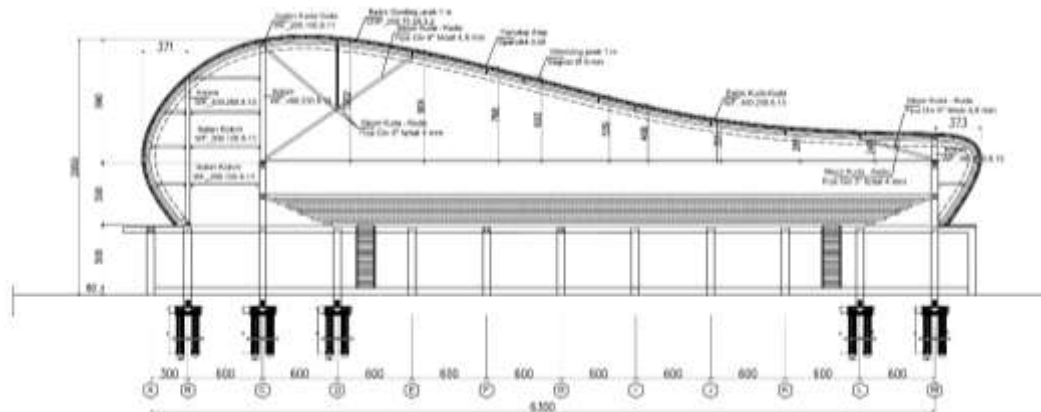
Gambar 3. 5. Potongan memanjang



Gambar 3. 6. Potongan melintang



Gambar 3. 7. Potongan memanjang daerah void.

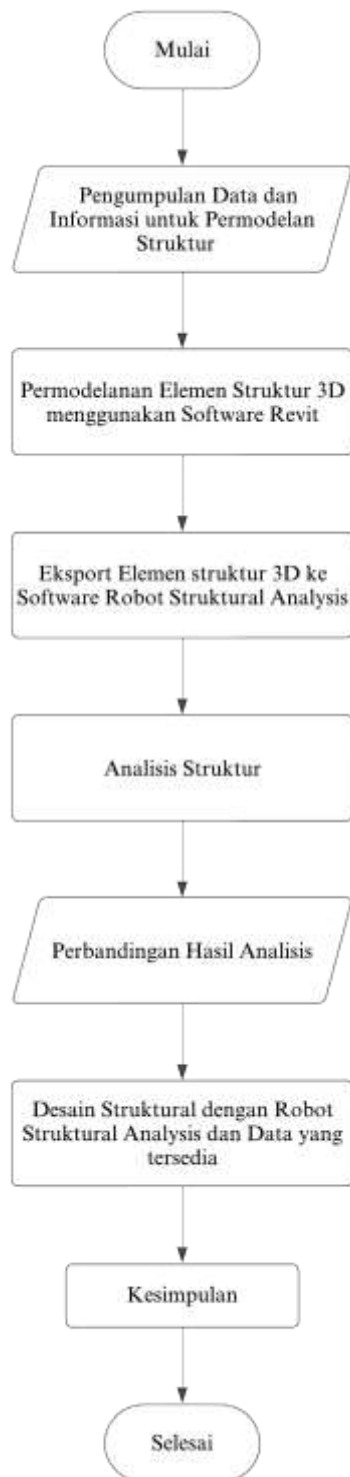


Gambar 3. 8. Potongan melintang daerah void.



### 3.2. Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah prosedur penelitian berupa diagram alir pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9. Diagram alir penelitian.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan tahapan-tahapan yang telah diselesaikan dimulai dari permodelan objek struktur pada *software* Autodesk Revit sampai dengan analisis desain penulangan elemen struktur beton bertulang, maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengimplementasian BIM dalam perencanaan struktur bangunan dengan integrasi *software* Autodesk Revit dan Autodesk Robot Structural Analysis Profesional dapat menghasilkan *output* permodelan 3 dimensi struktur serta penulangan secara detail.
2. Pada evaluasi struktur akibat beban gempa menggunakan *software* Autodesk Robot Structural Analysis Profesional didapat hasil berupa nilai modal partisipasi massa yaitu 21,42% pada arah X dan 20,08% pada arah Y, periode getar alami yaitu 1,34 s pada arah X dan 1,61 s pada arah Y, gaya geser dasar struktur dinamik yaitu 2808,4960 kN pada arah X dan Y, gaya geser dasar struktur static yaitu 2772,4008 kN pada arah X dan 2631,1640 kN pada arah Y dan nilai *interstory drift* yaitu 17,607 dan 1,599 mm pada arah X dan 14,810 dan 3,271 mm pada arah Y dengan batas maksimal 1000 mode.
3. Hasil analisis menggunakan *software* Autodesk Robot Structural Analysis Profesional pada struktur beton bertulang didapat hasil dengan mengacu pada standar desain dari koreksi keamanan terhadap momen lentur dan terhadap gaya aksial pada desain penulangan kolom didapat hasil lebih

aman namun sedikit lebih boros pada luas tulangan yang digunakan dibandingkan pada data dari objek GOR *Indoor Way Halim*.

4. Berdasarkan hasil analisis desain penulangan pada elemen beton bertulang dari *software* Autodesk Robot Structural Analysis Profesional didapat perbandingan terhadap hasil desain yang sudah ada yaitu pada tulangan longitudinal pada kolom K1 memiliki desain yang sama terhadap hasil desain objek, untuk kolom K2 dan K3 memiliki perbedaan hasil desain yang didapat oleh *software* pada diameter dan jumlah tulangan terhadap desain objek, sedangkan untuk balok B1, B2 dan B3 memiliki perbedaan hasil pada jumlah tulangan desain terhadap desain objek.

## 5.2. Saran

Setelah pengaplikasian *Building Information Modeling* (BIM) dalam penggunaan Autodesk Revit dan Autodesk Robot Structural Analysis Profesional pada objek bangunan GOR *Indoor Way Halim*. Adapun saran-saran yang dapat disampaikan penulis adalah sebagai berikut.

1. Proses pengaplikasian *Building Information Modeling* (BIM) tidak hanya dikerjakan secara mandiri karena dapat mencakup beberapa disiplin ilmu keteknikan sehingga proses pengerjaan dapat dilakukan dengan efisien.
2. Proses pengaplikasian *Building Information Modeling* (BIM) harus dilakukan dengan memperoleh data objek bangunan yang lengkap secara struktur maupun arsitektural.
3. Perlu adanya sumber pembelajaran, referensi dan pelatihan khusus mengenai penggunaan *software* yang dapat digunakan untuk membantu memahami teori beserta bentuk implementasi BIM yang akan digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton. In *Sni 2052-2017*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Indonesia. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya. In *Badan Standardisasi Indonesia*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Indonesia. (2020). SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. In *Badan Standardisasi Indonesia*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. In *Badan Standardisasi Indonesia*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. In *Badan Standardisasi Nasional*. In *Badan Standardisasi Indonesia*. Badan Standardisasi Nasional.
- Firdiansyah, A., dan Irwandi. (2017). Analisis Struktur Portal 3D Menggunakan Program Autodesk Robot Structural Analysis Professional Serta SAP2000. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 6(2), 140–151.
- Hanggara, H. N., dan Nurchasanah, Y. (2023). Implementasi building information modeling (BIM) dalam analisis struktur menggunakan autodesk robot structural analysis professional untuk mengoptimalkan value engineering. *Seminar Nasional Teknik Sipil 2023 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 693–698.
- Hasyim, M. N., Winanda, L. A. R., dan Sunarwadi, H. S. W. (2023). IMPLEMENTASI ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESIONALDALAM OPTIMALISASI QUANTITY ANALYSIS PROYEK GEDUNG BERTINGKAT. *Seminar Nasional 2023 Sinergitas Era Digital 5.0 dalam Pembangunan Teknologi Hijau Berkelanjutan*, 4(1), 306–313.
- Heryanto, S., Subroto, G., dan Rifa'ih. (2020). KAJIAN PENERAPAN BUILIDNG INFORMATION MODELLING ( BIM ) DI INDUSTRI JASA KONSTRUKSI INDONESIA. *Journal of Architecture Innovation*, 4(2), 193–212.
- Hilmi, M., Erizal, dan Febrita, J. (2021). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(3), 143–158.
- Satria, A., Lubis, F. A., dan Pasaribu, Z. R. (2024). Optimalisasi Penggunaan Aplikasi Digital Dalam Teknik Penggambaran Struktur Bangunan. *Jurnal Riset Rumpun Seni, Desain dan Media*, 3(1), 80–89.