

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI KOLOM KOMPOSIT TIPE *CONCRETE  
FILLED TUBE (CFT)* DAN SAMBUNGANNYA PADA  
STRUKTUR SRPM TAHAN GEMPA  
(*Studi Literatur*)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**JONI MISWANTO**  
**1307210141**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

## FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mucthar Basri no.3 Medan 20238 (061) 6622400

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Joni Miswanto  
NPM : 1307210141  
Program Studi : Tekniksipil  
Judul Skripsi : Evaluasi Kolom Komposit Tipe *Concrete filled tube (CFT)*  
dan Sambungannya Pada SRPM Tahan Gempa  
Bidang ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada  
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing I

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembimbing II

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Joni Miswanto

NPM : 1307210141

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Kolom Komposit Tipe *Concrete filled tube*(CFT)  
dan Sambungannya Pada SRPM Tahan Gempa

Bidang ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2019

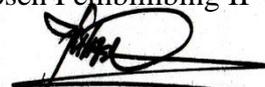
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



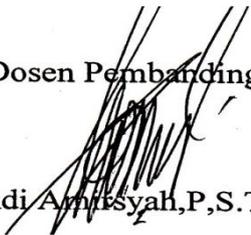
Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembimbing II



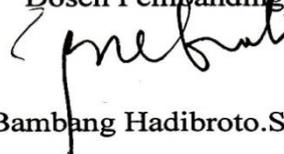
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dosen Pembimbing- I



Tondi Amrisyah, P.S.T.M.T

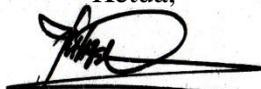
Dosen Pembimbing- II



Bambang Hadibroto, S.T.M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Joni Miswanto

Tempat /Tanggal Lahir: Medan / 15 Maret 1995

NPM : 1307210141

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Evaluasi Kolom Komposit Tipe *Concrete filled tube(CFT)* dan Sambungannya Pada SRPM Tahan Gempa”,

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2019



Saya yang menyatakan,

Joni Miswanto

## ABSTRAK

### EVALUASI KOLOM KOMPOSIT TIPE *CONCRETE FILLED TUBE* (*CFT*) DAN SAMBUNGANNYA PADA STRUKTUR SRPM TAHAN GEMPA

Joni Miswanto

1307210141

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Pembangunan gedung-gedung tinggi merupakan salah satu bentuk alternatif yang dipilih dalam memenuhi tingkat permintaan atas kebutuhan ruang dalam berbagai kegiatan yang semakin tinggi sementara ketersediaan lahan yang semakin rendah. Salah satu bentuk inovasi yang telah berhasil dikembangkan adalah kombinasi antara dua material yang pada dasarnya masing-masing dapat berdiri sendiri yaitu baja dan beton yang disebut komposit. Dalam tugas akhir ini evaluasi baja komposit beton yang dipilih dari berbagai jenis tipe komposit adalah tipe *Concrete Filled Tube* (*CFT*) dengan bentuk profil *Rectangular* untuk diaplikasikan pada struktur kolom gedung perkantoran 15 lantai berdasarkan peraturan SNI 1729-2015 yang sanggup menahan beban gempa wilayah kota Aceh sesuai peraturan SNI 1726-2012. Evaluasi baja komposit beton dengan tipe *Concrete Filled Tube* (*CFT*) pada gedung 15 lantai ini menggunakan struktur SRPM yang bertujuan untuk mendapatkan profil efektif kolom komposit *CFT* yang memenuhi persyaratan SRPM gedung tahan gempa serta untuk mendapatkan dimensi dan tipikal konfigurasi sambungan balok-kolom yang memenuhi syarat sebagai pemikul momen. Hasil analisis pemodelan gedung setelah memenuhi syarat keamanan didapat dimensi kolom *CFT* menggunakan profil baja HSS 500×500×25×25 dan dimensi balok induk/ girder WF 500×200×10×16 dan dimensi balok anak WF 350×175×7×11 dan WF 250×125×6×9 dimana masing-masing mutu material penyusun komposit yang digunakan yaitu baja dengan mutu BJ-41 dan beton dengan mutu  $F_c' 25$ . Sambungan penghubung antara balok utama ke kolom yang dipilih yaitu tipe sambungan momen *End-plate* dengan konfigurasi 8ES menggunakan baut mutu tinggi A490 dengan diameter 22mm yang dapat memikul momen.

Kata kunci: komposit, *Concrete Filled Tube*, sambungan, *End-plate*, SRPM, tahan gempa.

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF COMPOSITE COLUMN CONCRETE FILLED TUBE (CFT) TYPE AND ITS EXPOSURE IN EARTHQUAKE RESISTING SRPM STRUCTURE**

Joni Miswanto  
1307210141

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

The construction of tall buildings is one of the alternative forms chosen in the framework of the upper levels. One form of innovation that has been successfully developed is a combination of two materials that basically each can stand alone made of steel and concrete called composites. This final project is the evaluation of selected concrete composite steel of various types (CFT) with rectangular profile shape to be applied to the column structure of 15-story office buildings based on SNI 1729-2015 regulations which contain earthquake loads in the city of Aceh in accordance with SNI 1726-2012. Evaluation of concrete composite steel with the type of Concrete Filled Tube (CFT) in this 15-story building uses the SRPM structure which aims to obtain an effective profile of CFT composite columns that meet the SRPM requirements of earthquake-resistant buildings and to obtain dimensions and typical moments. The results of building modeling analysis after fulfilling the requirements for obtaining CFT column dimensions using  $500 \times 500 \times 25 \times 25$  HSS steel profiles and WF 500x200x10x16 beam dimensions and WF 350x175x7x11 and WF 250x125x6x9 beam dimensions. with BJ-41 quality and concrete with  $f_c$  '25 quality. The connection between the main beam to the selected column is the type of momentEnd-plate connection with 8ES connection using A490 high quality bolts with a diameter of 22mm that can carry the moment.

*Keywords: composite, Concrete Filled Tube, connection, End-plate, SRPM, earthquake resistant.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satunya dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Evaluasi Kolom Komposit Tipe *Concrete filled tube (CFT)* dan Sambungannya Pada SRPM Tahan Gempa" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua penulis: Rohidi dan Maryam, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji serta Wakil dekan I, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Tondi Amirsyah Putera Pulungan, ST, MSc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Bambang Hadibroto ST, MT, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Munawar Alfansury ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipil kepada penulis.

8. Bapak /Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Robby Suganda dan Fadluna yang selalu memberikan semangat.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 22 September 2019



Joni Miswanto

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xx
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Umum	5
2.2. Pengertian Kolom Komposit	5
2.2.1 Kolom <i>Concrete Filled Tube</i>	6
2.2.1.1 Pengertian Kolom <i>Concrete Filled Tube</i>	6
2.2.1.2 Kelebihan Kolom <i>Concrete Filled Tube</i>	7
2.2.2 Konsep Perencanaan Kolom <i>Concrete Filled Tube</i>	7
2.3. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	10
2.3.1 Perhitungan Beban Gempa dan Kinerja pada Gedung	11
2.3.1.1 Pembebanan Gempa (EL)	11
2.3.1.2 Faktor Respon Gempa (C)	11

2.4.	Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	21
2.4.1	Geser Dasar Seismik	21
2.4.2	Perioda Alami Fundamental	23
2.4.3	Ketentuan Analisis Respon Dinamik	24
2.4.4	Penentuan Simpangan Antar Lantai	25
2.4.5	Distribusi Kekakuan Secara Vertikal	26
2.5.	Beban dan Kombinasi Pembebanan	27
2.6.	Sambungan	30
2.6.1	Pengertian Smbungan	30
2.6.2	Konsep Perencanaan Sambungan Balok - Kolom	31
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>39</b>
3.1.	Metodologi Penelitian	39
3.2.	Tinjauan Umum	40
3.3.	Faktor Respon Gempa (C)	40
3.4.	Pemodelan dan Analisa Struktur	44
3.4.1.	Pemodelan Gedung	44
3.4.1.1	Data Perencanaan Struktur	44
3.4.1.2	Data Perencanaan Dimensi	47
3.4.2	Faktor Keutamaan Struktur ( <i>I</i> )	49
3.4.3	Faktor Reduksi Gempa	49
3.4.4	Pembebanan pada Struktur	49
3.4.5	Perhitungan Berat Perlantai Gedung	51
3.4.6	Kombinasi Pembebanan	51
3.5.	Gaya Geser Gempa	52
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1.	Tinjauan umum	56
4.2.	Gaya Geser Dasar Nominal	56
4.3.	Nilai Simpangan Gedung	57
4.4.	Kekakuan Tingkat	61
4.5.	Perencanaan Struktur Kolom CFT	64
4.6.	Perencanaan Sambungan <i>End-plate</i> Balok Utama dengan Kolom	68

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

74

5.2 Saran

75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan yang menahan aksial tekan berdasarkan SNI 1729-2015.	9
Tabel 2.2	Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan yang menahan lentur berdasarkan SNI 1729-2015.	9
Tabel 2.3	Klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726-2012.	13
Tabel 2.4	Koefisien perioda pendek ( $F_a$ ) berdasarkan SNI 1726-2012.	14
Tabel 2.5	Koefisien perioda 1,0 detik ( $F_v$ ) berdasarkan SNI 1726-2012.	15
Tabel 2.6	Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012.	18
Tabel 2.7	Faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726-2012.20	
Tabel 2.8	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek berdasarkan SNI 1726-2012.	20
Tabel 2.9	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik berdasarkan SNI 1726-2012.	20
Tabel 2.10	Faktor koefisien modifikasi respons ( $R^a$ ), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0^s$ ), faktor pembesaran defleksi ( $C_d^b$ ), dan batasan tinggi sistem struktur (m) <sup>c</sup> berdasarkan SNI 1726-2012.	21
Tabel 2.11	Nilai parameter perioda pendekatan Ct dan X berdasarkan SNI 1276-2012.	23
Tabel 2.12	Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung berdasarkan SNI 1726-2012.	24
Tabel 2.13	Simpangan Antar lantai Izin ( $\Delta_a$ ) berdasarkan SNI 1726-2012.	26
Tabel 2.14	Prekualifikasi parameter batas geometri sambungan <i>End-plate</i> .	33
Tabel 3.1	Spektrum respon percepatan gempa berdasarkan SNI 1726-2012.	42
Tabel 3.2	Koefisien modifikasi respons ( R ).	
Tabel 3.3	Berat material konstruksi berdasarkan PPPURG 1987.	49
Tabel 3.4	Berat tambahan komponen gedung berdasarkan PPPURG 1987.	50

Tabel 3.5	Beban hidup pada lantai struktur berdasarkan 1727- 2013.	50
Tabel 3.6	Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726-2012 dengan nilai $\rho = 1,3$ dan $S_{DS} = 0.900$ .	50
Tabel 3.7	Data perioda bangunan	52
Tabel 3.8	Hasil selisih persentase nilai perioda dari pemodelan struktur.	53
Tabel 3.9	Pengecekan T berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 1 berdasarkan SNI 1726-2012.	54
Tabel 3.10	Rangkuman nilai $C_s$ dan nilai $C_s$ yang digunakan pada Gedung.	55
Tabel 4.1	Gaya geser hasil respon spektrum <i>output</i> program analisis struktur.	56
Tabel 4.2	Rekapitulasi faktor skala hasil respon spektrum dengan statik ekuivalen masing–masing arah.	57
Tabel 4.3	Nilai simpangan maksimum dari arah sumbu x gedung.	58
Tabel 4.4	Nilai simpangan maksimum dari arah sumbu y gedung.	59
Tabel 4.5	Nilai <i>drift ratio</i> .	60
Tabel 4.6	Distribusi kekakuan tingkat pada arah x gedung.	62
Tabel 4.7	Distribusi kekakuan tingkat pada arah y gedung.	62
Tabel 4.8	Distribusi kekakuan tingkat tiga lantaidiatasnya arah x.	63
Tabel 4.9	Distribusi kekakuan tingkat tiga lantaidiatasnya arah y.	64
Tabel 4.10	Prekualifikasi parameter batas geometri sambungan <i>End-plate</i> .	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Macam-macam Struktur Komposit (Thusada, 2013).	6
Gambar 2.2	Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar (S <sub>B</sub> ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726-2012).	12
Gambar 2.3	Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S <sub>S</sub> ) di batuan dasar (S <sub>B</sub> ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726-2012).	12
Gambar 2.4	Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S <sub>1</sub> ) di batuan dasar (S <sub>B</sub> ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726-2012).	13
Gambar 2.5	Bentuk Tipikal Spektrum Respon Desain di Permukaan Tanah (SNI 1726-2012).	17
Gambar 2.6	Sambungan tipe <i>End-plate</i> (Swanson, 1999).	32
Gambar 2.7	Mekanisme garis leleh, Y <sub>p</sub> untuk tipe sambungan 4E.	35
Gambar 2.8	Mekanisme garis leleh, Y <sub>p</sub> untuk tipe sambungan 4ES.	36
Gambar 2.9	Mekanisme garis leleh, Y <sub>p</sub> untuk tipe sambungan 8ES.	37
Gambar 3.1	diagram alir pelaksanaan penelitian.	39
Gambar 3.2	Spektrum respon gempa kota Padang dengan jenis tanah sedang berdasarkan SNI 1726-2012.	43
Gambar 3.3	Denah perencanaan gedung baja komposit beton terhadap sumbu x dan y.	45
Gambar 3.4	Tampak samping portal struktur bangunan	46
Gambar 3.5	Bentuk tipikal struktur model kolom <i>concrete filled tube</i> (CFT).47	

Gambar 4.1	Diagram simpangan maksimum terhadap ketinggian gedung.	59
Gambar 4.2	Diagram <i>Drift ratio</i> antar tingkat terhadap ketinggian gedung.	61
Gambar 4.3	Penampakan komposit CFT dengan profil HSS 500×500×25×25.	65
Gambar 4.4	Penampakan sambungan <i>End-plate</i> dengan tipe 8ES.	69
Gambar 4.5	Detail jarak lubang baut sambungan <i>End-plate</i> dengan tipe 8ES.	69

## DAFTAR NOTASI

$A_c$	Luas beton ( $\text{mm}^2$ )
$A_n$	Luas neto komponen struktur ( $\text{mm}^2$ )
$A_s$	Luas penampang profil baja ( $\text{mm}^2$ )
$A_{sr}$	Luas baja tulangan longitudinal ( $\text{mm}^2$ )
$A_w$	Luas badan ( $\text{mm}^2$ )
$b_{bf}$	Lebar sayap balok (mm)
$b_p$	Lebar <i>End-plate</i> (mm)
$C_{pr}$	faktor untuk memperhitungkan kekuatan sambungan puncak termasuk regangan, pengekangan lokal, penguatan tambahan, dan kondisi sambungan lainnya
$C_v$	Koefisien geser badan
$D$	Beban mati (kg)
$d$	Tinggi kolom (mm)
$d_b$	Diameter baut ( $\text{mm}^2$ )
$d_e$	Jarak ujung <i>End-plate</i> dengan lubang baut terluar (mm)
$E$	Beban gempa (kg)
$E_c$	Modulus elastisitas baja (Mpa)
$E_s$	Modulus elastisitas beton (MPa)
$E_X$	Beban gempa arah x (kg)
$E_Y$	Beban gempa arah y (kg)
$F_c'$	Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, (Mpa)
$F_{fu}$	Kuat tarik minimum dari <i>End-plate</i> (KN)
$F_{nt}$	Tegangan tarik nominal (MPa)
$F_u$	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)
$F_y$	Tegangan leleh baja yang disyaratkan, (Mpa)
$F_{yb}$	Tegangan leleh baja blok yang disyaratkan, (Mpa)
$F_{yp}$	Tegangan leleh baja <i>End-plate</i> yang disyaratkan, (Mpa)
$F_{ys}$	Tegangan leleh baja <i>Stiffener</i> yang disyaratkan, (Mpa)
$F_{ysr}$	Tegangan leleh baja tulangan yang disyaratkan, (Mpa)

g	Jarak horizontal antar <i>centerline</i> lubang baut (mm)
hi	Jarak <i>centerline</i> lubang baut ke <i>centerline</i> sayap balok (mm)
h <sub>st</sub>	tinggi <i>stiffener</i> (mm)
I <sub>e</sub>	Faktor keutamaan gempa
I <sub>x</sub>	Momen inersia terhadap sumbu-x (mm <sup>4</sup> )
I <sub>y</sub>	Momen inersia terhadap sumbu-y (mm <sup>4</sup> )
i <sub>x</sub>	Radius girasi terhadap sumbu-x (mm)
i <sub>y</sub>	Radius girasi terhadap sumbu-y (mm)
K <sub>v</sub>	Koefisien tekuk geser pelat badan
L	Beban hidup (kg)
L <sub>st</sub>	Panjang <i>Stiffener</i> (mm)
M <sub>n</sub>	Kuan lentur nominal (KNm)
M <sub>p</sub>	Momen lentur maksimum (KNm)
M <sub>pr</sub>	Momen lentur maksimum (KNm)
M <sub>u</sub>	Momen lentur ultimate (KNm)
P <sub>b</sub>	Jarak vertical antar <i>centerline</i> lubang baut (mm)
P <sub>fi</sub>	Jarak vertical antara sayap balok dan <i>centerline</i> lubang baut (mm)
PGA	Percepatan muka tanah puncak (g)
P <sub>n</sub>	Kuat tekan nominal (KN)
P <sub>no</sub>	Kuat tekan nominal dari panjang nol (KN)
P <sub>p</sub>	Kuat tumpu nominal (KN)
P <sub>u</sub>	Kekuatan aksial tekan perlu (KN)
R <sub>ni</sub>	Kekuatan tumpu baut bagian dalam (KN)
R <sub>n, shear</sub>	Kuat tumpu baut (KN)
R <sub>no</sub>	Kuat tumpu baut bagian luar (KN)
S	Panjang garis leleh (mm)
S <sub>ds</sub>	Parameter percepatan respon spektral pada periode pendek
S <sub>d1</sub>	Parameter percepatan respon spektral pada periode 1.0 detik
S <sub>1</sub>	Parameter percepatan respon desain yang ditetapkan pada periode 1.0 detik
S <sub>B</sub>	Batuan dasar
S <sub>A</sub>	Batuan keras

S <sub>C</sub>	Batuan lunak dan tanah sangat padat
S <sub>D</sub>	Tanah sedang
S <sub>E</sub>	Tanah lunak
S <sub>F</sub>	Tanah khusus
S <sub>S</sub>	Parameter percepatan respon spektral dari peta gempa pada periode pendek
S <sub>MS</sub>	Parameter percepatan respon spektral dari peta gempa pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S <sub>M1</sub>	Parameter percepatan respon spektral dari peta gempa pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S <sub>D1</sub>	Parameter percepatan respon spectral spesifik situs pada periode 1 detik
S <sub>DS</sub>	Parameter percepatan respon spectral spesifik situs pada periode pendek
S <sub>PGA</sub>	Nilai PGA dibatuan daras (S <sub>B</sub> ) mengacu pada peta gempa Indonesia 2012
T	Periode getar fundamental struktur (detik)
T <sub>a maksimum</sub>	Nilai maksimum perioda bangunan (detik)
T <sub>a minimum</sub>	Nilai minimum perioda bangunan (detik)
t <sub>bf</sub>	Tebal sayap balok (mm)
t <sub>bw</sub>	Tebal badan balok (mm)
t <sub>p</sub>	Tebal <i>End-plate</i> (mm)
t <sub>p.req</sub>	Tebal <i>End-plate</i> perlu (mm)
t <sub>s</sub>	Tebal <i>Stiffener</i> (mm)
t <sub>w</sub>	Tebal badan (mm)
V	Gaya geser dasar (KN)
V <sub>n</sub>	Kekuatan geser nominal (KN)
V <sub>t</sub>	Gaya geser total (KN)
V <sub>u</sub>	Kekuatan geser ultimate (KN)
W	Beban angin (kg)
W <sub>t</sub>	Berat seismik efektif total gedung (kg)
Y <sub>p</sub>	Mekanisme garis leleh pada <i>End-plate</i> (mm)

$Z_x$	Modulus penampang plastis pada sumbu-x pada balok ( $\text{mm}^3$ )
$\Delta_a$	Simpangan antar lantai izin, (mm)
$\delta_i$	Simpangan antar tingkat, (mm)
$\theta$	Koefisien stabilitas
$\lambda$	Parameter kelangsingan
$\lambda_p$	Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak
$\rho$	Faktor reduksi gempa

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

<i>CQC</i>	<i>Complete Quadratic Combination</i>
<i>SRSS</i>	<i>Square Root of the Sum of Squares</i>
<i>SRPMK</i>	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
<i>WF</i>	<i>Wide Flange</i>
<i>HSS</i>	<i>Hollow Structural Section</i>
<i>CFT</i>	<i>Concrete Filled Tube</i>
<i>Rolled</i>	Potongan baja giling
<i>AISC</i>	<i>American Institute of Steel Construction</i>
<i>ANSI</i>	<i>American National Standard Inst</i>

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu Negara yang terletak di daerah rawan gempa, untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Perencanaan struktur bangunan tahan gempa pada umumnya didasarkan pada analisa elastik yang diberi faktor beban untuk simulasi kondisi ultimit (Batas). Kenyataannya, perilaku runtuh struktur bangunan pada saat gempa adalah pada saat kondisi inelastis.

Dengan merencanakan suatu struktur dengan beban gempa, banyak aspek yang mempengaruhinya diantaranya adalah periode bangunan. Periode bangunan itu sangat dipengaruhi oleh massa struktur serta kekakuan struktur tersebut. Kekakuan sendiri dipengaruhi oleh kondisi struktur, bahan yang digunakan serta dimensi struktur yang digunakan. Evaluasi untuk memperkirakan kondisi inelastik struktur bangunan pada saat gempa perlu untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerja bangunan pada saat terjadinya gempa. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non struktural maupun strukturalnya, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang teknik sipil membuat kita dituntut untuk lebih kreatif dan inovatif untuk menjawab kebutuhan dilapangan, terutama dalam hal perencanaan struktur gedung tahan gempa. Desain struktur harus dibuat secara optimal dan efisien. Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan kualitas baik dari segi bentuk maupun bahan material yang digunakan.

Struktur yang sering di pakai dalam desain struktur gedung bertingkat diantaranya adalah struktur beton bertulang, struktur baja, struktur beton prategang dan struktur baja komposit beton. Dari berbagai pilihan yang ada, penulis akan menggunakan struktur baja komposit beton dalam mendesain struktur gedung bertingkat. Struktur baja komposit beton ini merupakan kombinasi pemakaian beton dengan baja sehingga diperoleh material dengan kekuatan dan kekakuan yang maksimum.

### **1.2. Rumusan Masalah**

- 1). Berapa dimensi profil kolom komposit *CFT* yang dapat digunakan dalam perencanaan gedung dengan *SRPM* yang dapat menahan beban lateral gempa?
- 2). Berapa dimensi dan tipikal konfigurasi sambungan balok-kolom yang digunakan dalam perencanaan ini?

### **1.3. Ruang Lingkup Penelitian**

Agar pembahasan penelitian tidak meluas maka penulis membatasi ruang lingkup pembahasan yang akan dibahas dalam penelitian ini :

- 1). Sistem struktur yang direncanakan menggunakan baja komposit beton yang diterapkan pada struktur kolom saja.
- 2). Kolom komposit terbuat dari material beton berselubung baja atau *Concrete Filled Tube (CFT)* dengan bentuk profil HSS.
- 3). Luas gedung yang akan ditinjau adalah untuk bangunan perkantoran adalah 1225 m<sup>2</sup>. Tinggi tingkat pertama adalah 5 m dan tinggi tingkat selanjutnya 4 m dengan jumlah 15 lantai, sehingga tinggi bangunan keseluruhan adalah 61 m.
- 4). Penelitian mengabaikan pengaruh tangga dan perhitungannya.
- 5). Bangunan struktur bersifat simetris dan beraturan.
- 6). Gaya gempa yang dipakai adalah respon spectrum dengan kondisi tanah lunak.
- 7). Penulis tidak menghitung las dan desain pengelasan.

- 8). Bangunan gedung diasumsikan untuk bangunan perkantoran di kota Aceh.
- 9). Penelitian tidak memperhitungkan struktur bawah.
- 10). Penelitian mengabaikan kondisi void pada semua lantai pada saat pemodelan.
- 11). Pemodelan gedung menggunakan program SAP 2000.
- 12). Peraturan yang digunakan yaitu:
  - SNI 1726-2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung dan Non Gedung.
  - SNI 1729-2015 : Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
  - SNI 2847-2013 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
  - SNI 1727-2013 : Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
  - SNI 1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur baja Untuk Bangunan Gedung .
  - PPURG 1987 : Perencanaan Pembangunan untuk Rumah dan Gedung.
  - AISC 358-2005 : *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications.*

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

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mendapatkan profil efektif kolom komposit *CFT* yang memenuhi persyaratan SRPM gedung tahan gempa.
- 2) Untuk mendapatkan dimensi dan tipikal konfigurasi sambungan balok-kolom yang memenuhi syarat sebagai pemikul momen.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengevaluasi bangunan gedung bertingkat yang tahan gempa khususnya bangunan yang menggunakan struktur kolom baja komposit beton tipe *Concrete Filled Tube (CFT)*.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Proposal penelitian atau skripsi ini terdiri dari lima bab yang direncanakan dan diharapkan dapat menjelaskan perihal topik pembahasan, yaitu:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan, identifikasi dan rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan dilakukannya penelitian dan manfaat penelitian.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan teori-teori dari sistem bangunan bertingkat dengan material yang digunakan dalam struktur komposit serta ketentuan-ketentuan dalam desain yang harus dipenuhi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PEMODELAN**

Bab ini menguraikan tentang memodelkan struktur gedung bertingkat tahan gempa dengan sistem struktur kolom baja komposit beton dengan pemodelan menggunakan program SAP 2000.

### **BAB 4 HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini menguraikan hasil dari analisa data-data yang diperoleh dari pemodelan struktur kolom baja komposit beton dengan program SAP 2000.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan dari analisis terhadap penelitian yang telah dilakukan dan beberapa saran untuk menjadi masukan pengembangan lebih lanjut demi tercapainya hasil yang lebih baik dimasa yang akan datang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Elemen struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari 2 material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Komposit baja dengan beton didasarkan pada pemikiran bahwa beton mempunyai perilaku yang menguntungkan ketika menerima beban tekan dan perilaku yang kurang menguntungkan ketika menerima beban tarik. Sedangkan baja mempunyai kemampuan bahan yang sama baik untuk beban tarik dan tekan tetapi harus diwaspadai terhadap bahaya tekuk ketika menerima beban tekan.

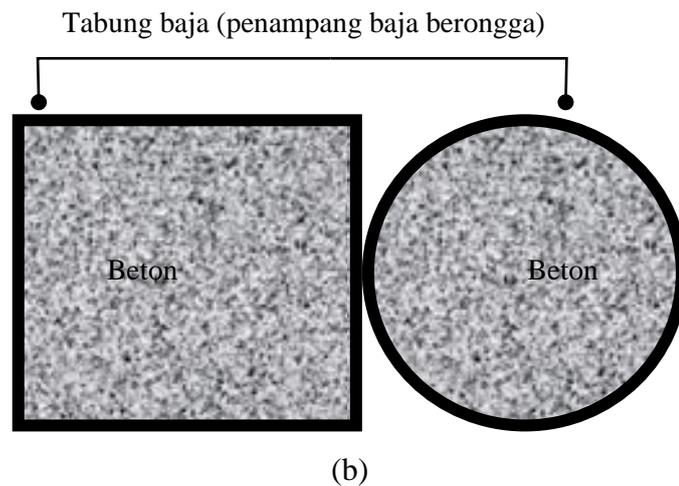
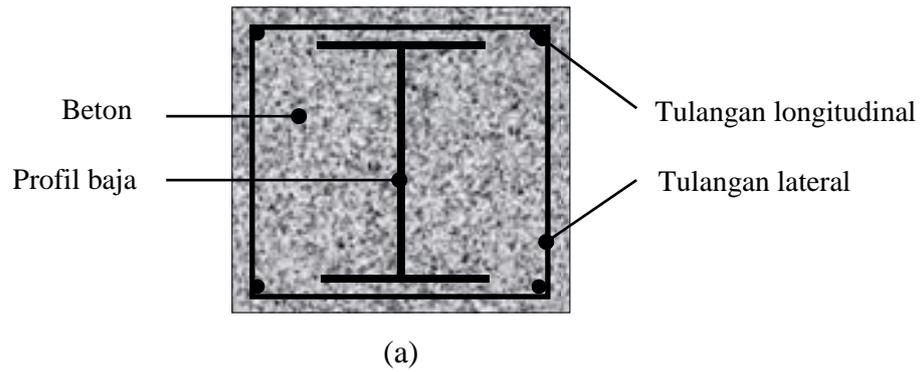
Pada masa ini struktur baja komposit semakin banyak dijumpai dan dipakai dalam rekayasa struktur. Pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh besi tulangan tapi pada baja komposit gaya gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh profil baja. Struktur baja komposit ternyata lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pemikul beban, kekakuan, penghematan berat baja, dan panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar

#### **2.2. Pengertian Kolom Komposit**

Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (*Rolled*) built-up dan dicor didalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisidengan beton structural.

Menurut SNI 1729-2015 ada dua tipe komposit yaitu:

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja terbungkus beton/balok baja terbungkus beton, (Gambar 2.1a).
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga/kolom baja berintikan beton, (Gambar 2.1b).



Gambar 2.1 Macam-macam Struktur Komposit (Thusada, 2013).

### 2.2.1. Kolom *Concrete Filled Tube*

#### 2.2.1.1. Pengertian Kolom *Concrete Filled Tube*

Kolom *Concrete Filled Tube (CFT)* merupakan kolom dengan tabung baja berintikan beton. Kolom *CFT* tidak hanya meningkatkan kekuatan tapi juga nilai ekonomis pelaksanaan yang lebih cepat.

Saat ini kolom tabung baja berintikan beton (*CFT*) semakin banyak digunakan dalam konstruksi bangunan karena memiliki sifat statis dan tahan gempa yang sangat baik seperti kekuatan tinggi, daktilitas tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, kekakuan lentur, dan lain-lain.

### 2.2.1.2. Kelebihan Kolom *Concrete Filled Tube*

Kolom *CFT* mempunyai beberapa keuntungan dari pada baja dan beton yang dipisah, berikut merupakan keuntungan utamanya:

1. Interaksi antara pipa baja dan beton:
  - a. Peristiwa tekuk lokal dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahanoleh beton.
  - b. Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
  - c. Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang:
  - a. Baja dari penampang *CFT* berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang luar.
3. Efisiensi Konstruksi:
  - a. Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia danmenghemat biaya konstruksi.
  - b. Tempat konstruksi tetap terjaga bersih.
4. Tahan Kebakaran:
  - a. Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

### 2.2.2. Konsep Perencanaan Kolom *Concrete Filled Tube*

Perencanaan elemen kolom ini menggunakan profil baja persegi yang diisikan dengan beton atau yang bisa disebutsebagai *Concrete Filled Tube* dengan ketentuan SNI 1729-2015:

1. Pembatasan material
  - a. Luas penampang melintang baja tidak boleh lebih kurang dari 1 persen dari luas penampang melintang komposit total.
  - b. Ketebalan minimum dinding penampang baja berongga yang direncanakan harus tidak kurang dari ketebalan minimum yang disyaratkan pada Persamaan 2.1 dan 2.2.

$$\bullet \text{ Penampang persegi } t_{min} = b \cdot \sqrt{\frac{fy}{3 \cdot E}} \quad (2.1)$$

- Penampang bundar

$$t_{min}=d \cdot \sqrt{\frac{fy}{8 \cdot E}} \quad (2.2)$$

- Komponen struktur komposit terisi beton harus diklasifikasikan untuk tekuk lokal sesuai dengan pasal I1.4 yang mengacu pada dua keadaan yaitu kontrol terhadap kuat nominal tekan kolom dan kuat nominal lentur kolom.
- Untuk penentuan kekuatan tersedia beton harus memiliki kekuatan tekan  $f_c'$  tidak kurang dari 21 MPa atau tidak lebih dari 70 MPa ( $21 \text{ MPa} \leq f_c' \leq 70 \text{ MPa}$ ).
- Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari baja struktural yang digunakan pada perhitungan kekuatan komponen struktur komposit tidak boleh melebihi 525 MPa ( $f_y \leq 525 \text{ MPa}$ ).

#### 1. Klasifikasi penampang untuk tekuk lokal

Untuk tekan, penampang *CFT* diklasifikasikan sebagai kompak, nonkompak atau langsing. Untuk penampang yang memenuhi syarat sebagai kompak rasio lebar terhadap ketebalan maksimum dari elemen baja tekannya tidak boleh melebihi batas rasio lebar terhadap ketebalan,  $\lambda_p$ . Jika rasio lebar terhadap ketebalan maksimumnya melebihi batas rasio lebar terhadap ketebalan,  $\lambda_p$  tetapi tidak melebihi  $\lambda_r$ , maka penampang *CFT* dinyatakan nonkompak. Dan jika rasio lebar terhadap ketebalan maksimum dari setiap elemen baja tekan melebihi  $\lambda_r$ , maka penampang dinyatakan langsing. Rasio lebar terhadap ketebalan maksimum yang diijinkan harus memenuhi persyaratan pada Tabel 2.1.

Untuk lentur, penampang *CFT* diklasifikasikan sebagai kompak, nonkompak atau langsing. Untuk penampang yang memenuhi syarat sebagai kompak rasio lebar terhadap ketebalan maksimum dari elemen baja tekannya tidak boleh melebihi batas rasio lebar terhadap ketebalan,  $\lambda_p$ . Jika rasio lebar terhadap ketebalan maksimumnya melebihi batas rasio lebar terhadap ketebalan,  $\lambda_p$  tetapi tidak melebihi  $\lambda_r$ , maka penampang *CFT* dinyatakan nonkompak. Dan jika rasio lebar terhadap ketebalan maksimum dari setiap elemen baja tekan melebihi  $\lambda_r$ , maka penampang dinyatakan langsing. Rasio lebar terhadap ketebalan maksimum yang diijinkan harus memenuhi persyaratan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1: Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan dalam komponen struktur komposit yang menahan aksial tekan berdasarkan SNI 1729-2015.

Deskripsi elemen	Rasio lebar terhadap ketebalan	$\lambda_p$ kompak/ nonkompak	$\lambda_r$ nonkompak/ langsing	Maksimum yang diijinkan
Dinding dari PSB persegi dan boks dengan ketebalan sama	$b/t$	$2.26 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$	$3.00 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$	$5.00 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$
PSB bundar	$D/t$	$\frac{0.15E}{fy}$	$\frac{0.19E}{fy}$	$\frac{0.31E}{fy}$

Tabel 2.2: Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan dalam komponen struktur komposit yang menahan lentur berdasarkan SNI 1729-2015

Deskripsi elemen	Rasio lebar terhadap ketebalan	$\lambda_p$ kompak/ nonkompak	$\lambda_r$ nonkompak/ langsing	Maksimum yang diijinkan
Sayap dari PSB persegi dan boks dengan ketebalan sama	$b/t$	$2.26 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$	$3.00 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$	$5.00 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$
Badan dari PSB persegi dan boks dengan ketebalan sama	$h/t$	$3.00 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$	$5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$	$5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$
PSB bundar	$D/t$	$\frac{0.09E}{fy}$	$\frac{0.31E}{fy}$	$\frac{0.31E}{fy}$

## 2. Kontrol kuat nominal tekan kolom komposit

Kekakuan tekan nominal,  $P_n$  harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 peraturanyang dijabarkan pada Pers. 2.3-2.6.

a. Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (2.3)$$

Dimana:

$$P_p = f_y \cdot A_s + C_2 \cdot f_c \left( A_c + A_{sr} \cdot \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (2.4)$$

$C_2 = 0.85$  untuk penampang persegi dan  $0.95$  untuk penampang bundar.

b. Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p \cdot \frac{P_p - P_y}{\lambda_r - \lambda_p} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (2.5)$$

Dimana:

$\lambda$ ,  $\lambda_p$ ,  $\lambda_r$  adalah rasio kelangsingan yang ditentukan dari Tabel 2.1.

$P_p$  ditentukan dari Pers. 2.4.

c. Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} \cdot A_s + 0.7 \cdot f_c \left( A_c + A_{sr} \cdot \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (2.6)$$

### 3. Kontrol kuat nominal lentur kolom komposit

Kekakuan lentur yang tersedia dari komponen struktur komposit berisi beton harus ditentukan berdasarkan ketentuan dalam Pers. 2.7 dan 2.8.

a. Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p \quad (2.7)$$

b. Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - M_y) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (2.8)$$

c. Untuk penampang langsing

$M_n$  harus ditentukan sebagai momen leleh pertama.

## 2.3. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisasi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi.

Oleh karena itu struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan. Filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa adalah:

1. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (*servicable*) sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa moderat atau medium, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural.
3. Pada saat terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, namun tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat meminimalkan jumlah korban jiwa.

### **2.3.1. Perhitungan Beban Gempa dan Kinerja pada Gedung**

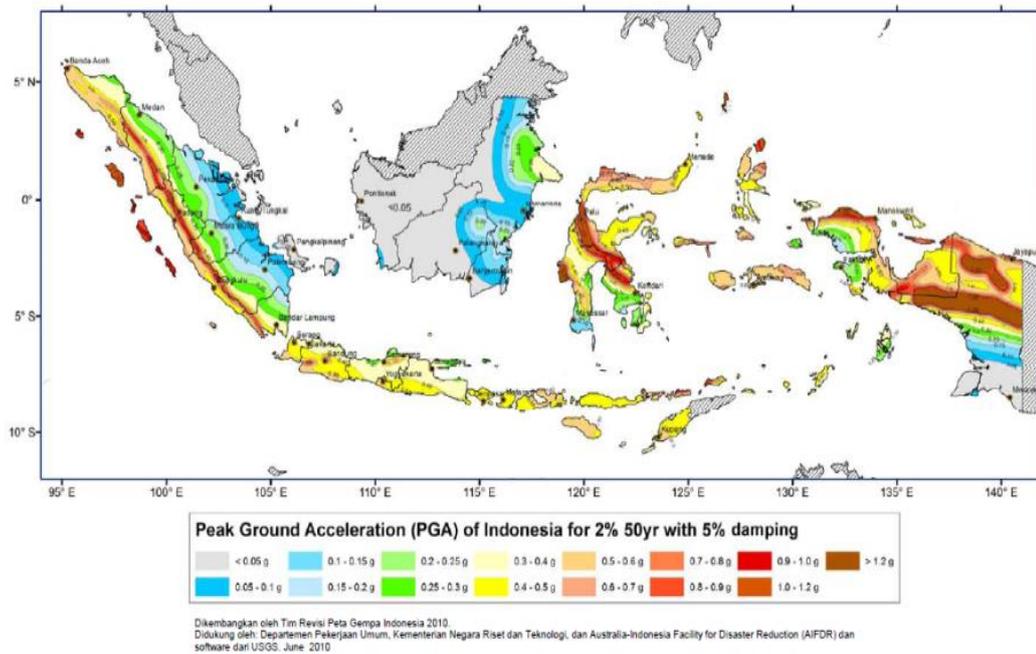
#### **2.3.1.1. Pembebanan Gempa (EL)**

Menurut teori geologi tentang tektonik lempengan, permukaan bumi terdiri dari lempengan batuan tebal yang mengapung diatas mantel bumi yang cair. Lempengan-lempengan tektonik baru terus terbentuk disepanjang lembah curam dasar laut membentuk lempengan samudera yang menyebabkan *Continental drift*. Pertemuan antar lempengan tersebut menyebabkan patahan pada kerak Bumi yang menimbulkan gelombang yang dipantulkan kesegala arah yang dikenal sebagai gempa.

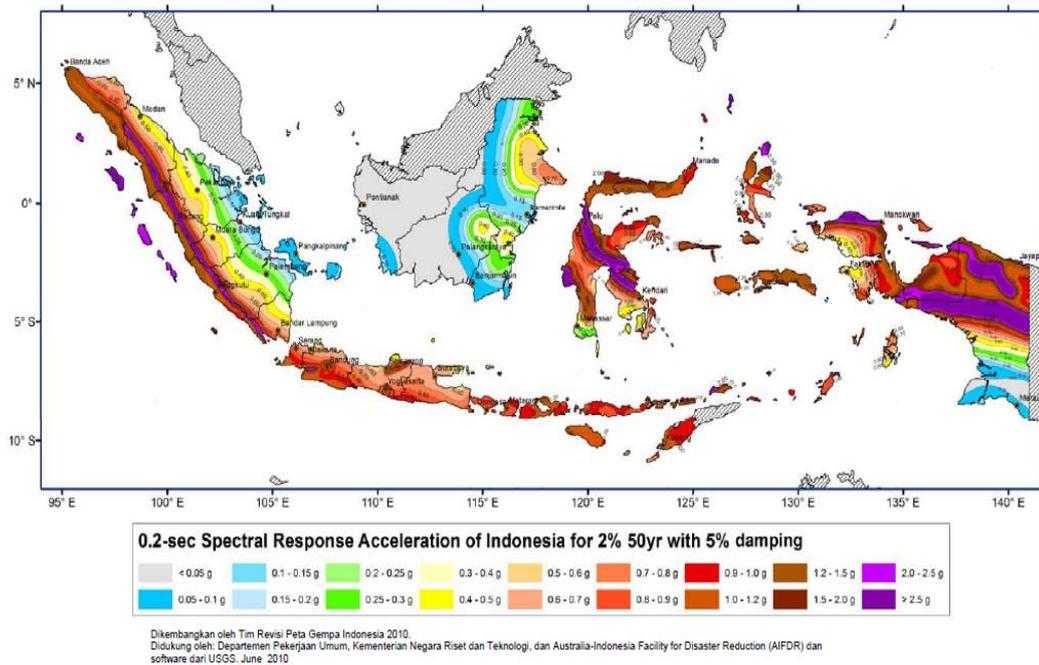
Dalam penentuan kriteria design seismik atau gempa suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan beban gempa puncak dari batuan dasar pada suatu situs atau lokasi, diperlukan suatu tinjauan guna klasifikasi jenis tanah dari batuan dasar pada lokasi situs tersebut. Hal tersebut dapat ditinjau melalui lokasi situs pada peta persebaran gempa.

#### **2.3.1.2. Faktor Respon Gempa (C)**

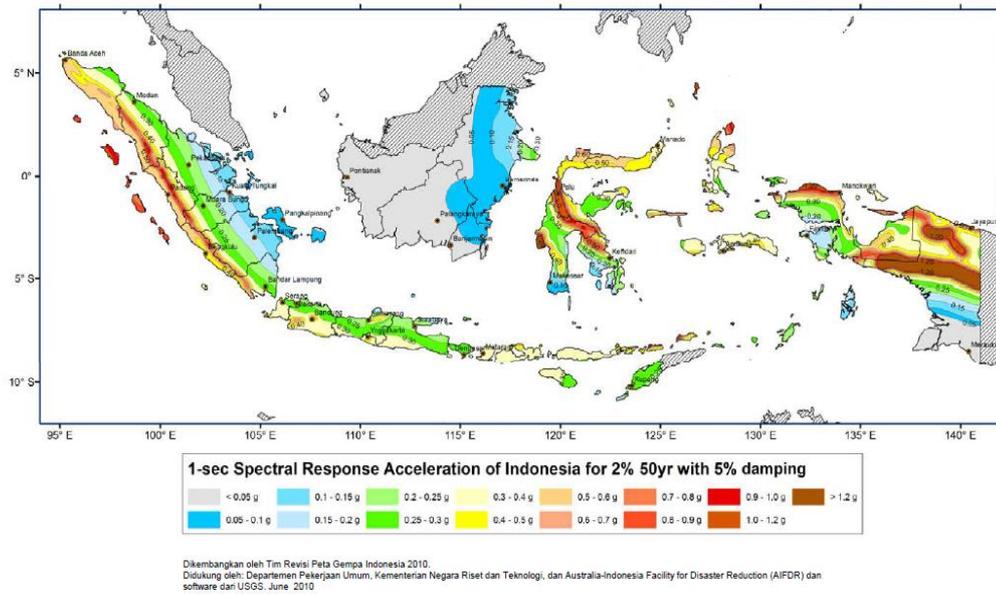
Berdasarkan SNI 1726-2012, didapat peta perioda ulang 50 tahun disajikan pada Gambar 2.2-2.4 dan cara mendapatkan respon spektranya.



Gambar 2.2: Peta percepatan puncak ( $PGA$ ) di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726-2012)



Gambar 2.3: Peta respon spektra percepatan 0,2 detik ( $S_S$ ) di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726-2012)



Gambar 2.4: Peta respon spektra percepatan 1,0 detik ( $S_I$ ) di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726-2012)

Untuk mendapatkan gaya geser yang ditimbulkan oleh beban gempa maka diperlukan sejumlah parameter yang dapat dihitung secara matematis. Parameteryang digunakan dalam perencanaan pembebanan gempa pada struktur gedungmenurut SNI 1726-2012 adalah :

#### 1. Kelas Lokasi Tanah

Dalam perumusan kriteria design seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak daribatuan dasar kepermukaan tanah untuk suatu situs diperlukan klasifikasikelas situs. Profil tanah di situs yang harus diklasifikasikan setebal 30 m paling atas sesuai dengan Tabel 2.3, penetapan kelas situs didasarkan atas hasil penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, dengan minimal mengukur secara independen mengukur sedikitnya (dua) jenis penyelidikan parameter tanah yang berbeda dalam klasifikasi situs ini.

Tabel 2.3: Klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726-2012.

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A

Tabel 2.3: *Lanjutan.*

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>• Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>• Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m Dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>• Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>\bar{S}_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul>		

## 2. Koefisien Amplifikasi Getaran

Faktor amplifikasi getaran meliputi percepatan getaran periode pendek ( $F_a$ ) yang dapat diakumulasi dari Tabel 2.4 dan percepatan periode 1 detik ( $F_v$ ) yang dapat diakumulasi dari Tabel 2.5.

Tabel 2.4: Koefisien Periode Pendek ( $F_a$ ) Berdasarkan SNI 1726-2012.

Klasifikasi situs	Parameter respon pada periode 0,2 detik, $S_S$				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 0,4$	$S_S \geq 1,25$
$S_A$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$S_B$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$S_C$	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

Klasifikasi situs	Parameter respon pada periode 0,2 detik, $S_S$				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 0,4$	$S_S \geq 1,25$
$S_D$	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
$S_E$	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
$S_F$	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 2.5: Koefisien perioda 1,0detik ( $F_v$ ) berdasarkan SNI 1726-2012.

Klasifikasi situs	Parameter respon pada periode 0,2 detik, $S_I$				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
$S_A$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$S_B$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$S_C$	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
$S_D$	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
$S_E$	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
$S_F$	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan:

$S_A$  = Batuan Keras

$S_B$  = Batuan

$S_C$  = Tanah sangat padat dan batuan lunak

$S_D$  = Tanah sedang

$S_E$  = Tanah lunak

$S_F$  = Tanah khusus

### 3. Parameter Percepatan Respon Spektra Gempa di Permukaan Tanah

Berdasarkan SNI 1726-2012 untuk menentukan respon spektra percepatan gempa di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode pendek 0,2 detik ( $F_a$ ) dan perioda 1,0 detik ( $F_v$ ). Selanjutnya parameter respons spektra percepatan gempa di permukaan tanah dapat diperoleh dengan cara mengalikan koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  dengan spektra percepatan untuk perioda pendek 0,2 detik ( $S_S$ ) dan perioda 1,0 detik ( $S_I$ ) di batuan dasar yang diperoleh dari peta gempa Indonesia SNI 1726-2012 sesuai Pers. 2.9 dan 2.10.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S \quad (2.9)$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I \quad (2.10)$$

Dimana:

$F_a$  = Koefisien perioda pendek

$F_v$  = Koefisien perioda 1,0 detik

$S_S$  = Nilai parameter respons spektra percepatan gempa perioda pendek 0,2 detik di batuan dasar ( $S_B$ ) mengacu pada peta gempa SNI 1726-2012 (Gambar 2.3).

$S_I$  = Nilai parameter respons spektra percepatan gempa perioda 1,0 detik di batuan dasar ( $S_B$ ) mengacu pada peta gempa SNI 1726-2012 (Gambar 2.4)

#### 4. Parameter Percepatan Respon Desain

Menurut SNI 1726-2012 untuk mendapatkan parameter percepatan respons spektra desain, spektra percepatan desain untuk perioda pendek ( $S_{DS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{DI}$ ) dapat diperoleh dari Pers. 2.11 dan 2.12.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.11)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (2.12)$$

Dimana:

$S_{DS}$  = Respons spektra percepatan desain untuk perioda pendek

$S_{DI}$  = Respons spektra percepatan desain untuk perioda 1,0 detik

Selanjutnya, untuk mendapatkan responsspektrum desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.5 dan mengikuti ketentuan berikut:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  didapatkan dari Pers. 2.13.

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.13)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .

3. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$  diambil berdasarkan Pers. 2.14.

$$S_a = \frac{S_{DI}}{T} \quad (2.14)$$

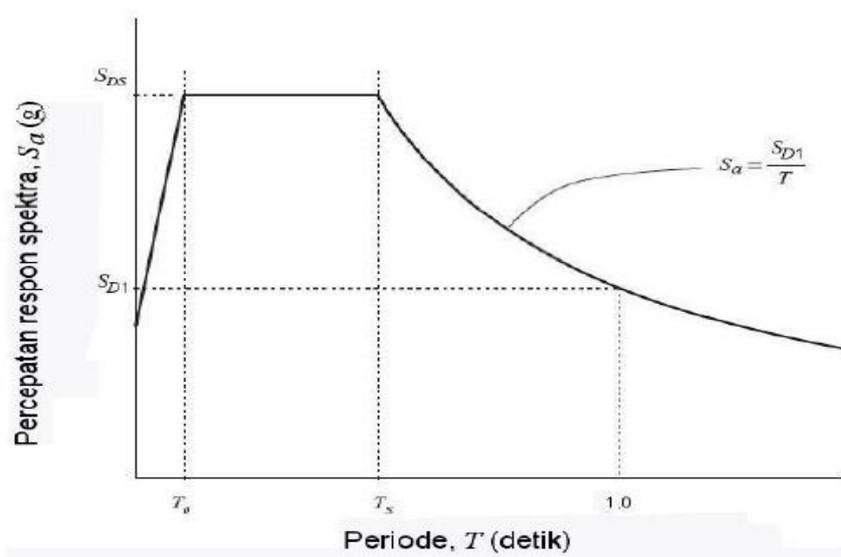
Dimana:

$T$  = Perioda getar fundamental struktur

Untuk nilai  $T_0$  dan  $T_s$  dapat ditentukan dengan Pers. 2.15 dan 2.16.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.15)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.16)$$



Gambar 2.5: Bentuk tipikal spektrum respons desain di permukaan tanah (SNI 1726-2012).

#### 5. Faktor Keutamaan Struktur

Tingkat kepentingan suatu struktur sangat beragam. Hal tersebut bergantung dari kategori resiko atau kerugian jiwa ketika terjadi kegagalan akibat beban gempa. Berdasarkan SNI 1726-2012 peraturan mengenai faktor keutamaan dan kategori resiko struktur bangunan menyatakan untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 1 SNI 1726-2012, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I menurut Tabel 2 SNI 1726-2012. Berikut kategori resiko dan faktor keutamaan dengan jenis pemanfaatan gedung yaitu gedung kantor yang disajikan pada Tabel 2.6 dan 2.7.

Tabel 2.6: Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</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, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perumahan</li> <li>• Rumah toko dan rumah 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 struktur lainnya yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioskop</li> <li>• Gedung pertemuan</li> <li>• Stadion</li> <li>• Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit gawat darurat</li> <li>• Fasilitas penitipan anak</li> <li>• Penjara</li> <li>• Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pusat pembangkit listrik biasa</li> </ul>	III

Tabel 2.6: *Lanjutan.*

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fasilitas penanganan air</li> <li>• Fasilitas penanganan limbah</li> <li>• Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>
<p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bangunan-bangunan monumental</li> <li>• Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>• Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedan dan unit gawat darurat</li> <li>• Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>• Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>• Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasidan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>• Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>• Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan baan bakar, menara pendngin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau maerial atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</li> </ul>	<p>IV</p>

Tabel 2.7: Faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726-2012.

Kategori resiko	Faktor Keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

#### 6. Kategori Resiko

Dari kategori resiko diperoleh kategori desain seismikperaturan berdasarkan SNI 1726-2012 yang didasari dengan nilai parameter respons percepatan pada perioda pendek ( $S_{DS}$ ), dan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik ( $S_I$ ), yang dapat dilihat pada Tabel 2.8 dan 2.9.

Tabel 2.8: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek berdasarkan SNI 1726-2012.

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

Tabel 2.9: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik berdasarkan SNI 1726-2012.

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

## 7. Struktur Penahan Beban Gempa

Di dalam SNI 1726-2012 peraturan Struktur penahan gaya gempa pada Tabel 9, dimana sistem struktur memiliki penahan gaya gempa yang ditentukan oleh parameter yang disajikan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Faktor Koefisien Modifikasi Respons ( $R^a$ ), Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega_0^g$ ), Faktor pembesaran defleksi ( $C_d^b$ ), dan batasan tinggi sistem struktur (m)<sup>c</sup> berdasarkan SNI 1726-2012.

Sistem penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor perembesan defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB

Keterangan ;

TB : Tidak dibatasi

## 2.4. Analisis Gaya Lateral Ekuivalen

### 2.4.1. Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012, geser dasar seismik ( $V$ ) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Pers. 2.17.

$$V = C_s \cdot W_t \quad (2.17)$$

dimana:

$C_s$  = Koefisien respon seismik yang ditentukan

$W_t$  = Berat total gedung

Menurut SNI 1726-2012 praturan persamaan-persamaan yang digunakan untuk mendapatkan koefisien  $C_s$  adalah:

(1).  $C_s$  maksimum

Untuk  $C_s$  maksimum ditentukan dengan Pers. 2.18.

$$C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2.18)$$

dimana:

$S_{DS}$  = Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

$R$  = Faktor modifikasi respon

$I$  = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.7

Nilai  $C_{s \text{ maksimum}}$  di atas tidak perlu melebihi  $C_{s \text{ hitungan}}$  pada Pers. 2.19.

(2).  $C_s$  hasil hitungan

$$C_{s \text{ hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2.19)$$

dimana:

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

$R$  = Faktor modifikasi respons

$I$  = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.7

$T$  = Periode struktur dasar (detik)

Nilai  $C_{s \text{ hitungan}}$  di atas tidak perlu kurang dari nilai  $C_{s \text{ minimum}}$  pada Pers. 2.20.

(3).  $C_s$  minimum

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} \quad I \geq 0,01 \quad (2.20)$$

dimana:

$S_{DS}$  = Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

$I$  = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.7

Sedangkan sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana  $S_1$  jika lebih besar dari 0,6 g maka  $C_s$  harus tidak kurang dari Pers. 2.21.

(4).  $C_s$  minimum tambahan

$$C_{s \text{ minimum tambahan}} = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2.21)$$

dimana:

$S_I$  = Parameter percepatan respon spektrum desain yang dipetakan

$R$  = Faktor modifikasi respon berdasarkan Tabel 2.10

$I$  = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.7

#### 2.4.2. Periode Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726-2012 peraturan, periode struktur fundamental ( $T$ ) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode struktur fundamental memiliki nilai batas minimum dan batas maksimum. Nilai-nilai tersebut adalah:

1. Periode fundamental pendekatan minimum ( $T_{a \text{ minimum}}$ ) ditentukan dari Pers. 2.22.

$$T_{a \text{ minimum}} = C_t h_n^x \quad (2.22)$$

dimana :

$T_{a \text{ minimum}}$  = Nilai batas bawah periode bangunan

$h_n$  = Ketinggian struktur dalam m diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (meter)

$C_t$  = Ditentukan dari Tabel 2.11

$x$  = Ditentukan dari Tabel 2.11

Tabel 2.11: Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $X$  berdasarkan SNI 1276-2012.

Tipe Struktur	$C_t$	$X$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100% seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75

Tabel 2.11: *Lanjutan.*

Tipe Struktur	Ct	X
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

2. Periode fundamental pendekatan maksimum ( $T_a$  maksimum) ditentukan dari

Pers. 2.23.

$$T_a \text{ maksimum} = C_u T_a \text{ minimum} \quad (2.23)$$

dimana :

$T_a$  maksimum = Nilai batas atas periode bangunan

$C_u$  = Ditentukan dari Tabel 2.12

Tabel 2.12: Koefisien untuk batas atas pada periodayang dihitung berdasarkan SNI 1726-2012.

Parameter Percepatan Respon Spektra Desain pada 1 Detik $S_{D1}$	Koefisien ( $C_u$ )
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

### 2.4.3. Ketentuan Analisis Respon Dinamik

Berdasarkan Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa, parameter respons terkomposisi respons masing-masing ragam yang ditentukan melalui spektrum respons rencana gempa merupakan respons maksimum. Pada umumnya, respons masing-masing ragam mencapai nilai maksimum pada saat yang berbeda sehingga respons maksimum ragam-ragam tersebut tidak dapat dijumlahkan begitu saja. Terdapat dua cara metode superposisi, yaitu metode Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*) dan Kombinasi

Kuadratik Lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*). Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan ragam respons menurut metode ini harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

Untuk penjumlahan respons ragam yang memiliki waktu-waktu getar alami yang berdekatan, harus dilakukan dengan metode yang telah disebutkan sebelumnya yaitu Kombinasi Kuadratik Lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*). Waktu getar alami harus dianggap berdekatan apabila selisihnya kurang dari 15%. Untuk struktur yang memiliki waktu getar alami yang berjauhan, penjumlahan respons ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode yang dikenal dengan Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*).

#### **2.4.4. Penentuan Simpangan Antar lantai**

Berdasarkan SNI 1726-2012 peraturan simpangan antar lantai pada SNI 1726-2012 hanya terdapat satu kinerja, yaitu pada kinerja batas ultimit. Penentuan simpangan antarlantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris, dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa di tingkat atasnya.

Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) dalam mm harus ditentukan sesuai dengan Pers. 2.24.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.24)$$

dimana:

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 2.10

$\delta_{xe}$  = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan dan ditentukan sesuai dengan analisis elastis

$I_e$  = Faktor keutamaan yang ditentukan sesuai dengan Tabel 2.6.

Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin ( $\Delta_a$ ) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13: Simpangan antar lantai izin ( $\Delta_a$ ) berdasarkan SNI 1726-2012.

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

#### 2.4.5. Distribusi Kekakuan Secara Vertikal

Berdasarkan Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan Kekakuan merupakan salah satu unsur penting terhadap kestabilan struktur bangunan. Struktur bangunan harus cukup kaku agar mampu menahan beban baik beban gravitasi maupun beban horisontal dengan nilai simpangan/*displacement* yang masih relatif kecil. Simpangan yang relatif besar walaupun tegangan bahannya masih relatif aman akan menjadi bangunan yang kurang/tidak nyaman untuk ditempati. Struktur atau elemen yang pendek umumnya akan ditentukan oleh keterbatasan tegangan sedangkan struktur/elemen yang besar/panjang umumnya simpangan akan menjadi penentu tingkat layanan.

Sebagaimana pada denah dan potongan, distribusi kekakuan secara vertikal menurut tinggi bangunan dipandang sebagai sesuatu yang sangat penting untuk diperhatikan. Menurut pengamatan kerusakan bangunan akibat gempa distribusi

banyak diantaranya bersumber pada distribusi kekakuan secara vertikal yang tidak baik.

### 1. Soft Storey

Bangunan gedung dengan kekakuan vertikal yang tidak baik adalah bangunan gedung yang dalam tingkat-tingkatnya terdapat tingkat yang lemah atau *soft storey*. Didalam SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 telah diatur secara jelas tentang bangunan reguler yang menyangkut tentang distribusi kekakuan yaitu:

Gedung reguler adalah gedung yang sistem strukturnya memiliki kekakuan lateral yang beraturan tanpa adanya tingkat lunak (*soft storey*). Yang dimaksud dengan struktur dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat yang mana kekakuan lateralnya < 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau < 80 % kekakuan lateral rata-rata 3-tingkat di atasnya.

*Soft storey* adalah suatu tingkat yang lemah, yang kekakuannya jauh lebih kecil dari pada tingkat-tingkat yang lain. Oleh karena itu dalam merencanakan kekakuan tingkat harus berhati-hati agar tidak terjadi *Soft Storey*. Kekakuan tingkat untuk setiap kolom pada lantai yang sama dapat diperkirakan dengan Pers. 2.25.

$$K = \frac{12EI}{h^3} \quad (2.25)$$

dimana:

$h$  = Tinggi tingkat (cm)

$I$  = Inersia kolom (m<sup>4</sup>)

$K$  = Kekakuan tingkat (kg/cm)

Sedangkan untuk kekakuan tingkat yang lebih akurat juga dapat dihitung dengan cara menggunakan program analisa struktur statis.

### 2.5. Beban dan Kombinasi Pembebanan

Beban kerja pada struktur atau komponen struktur bisa ditetapkan berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku.

Beban mati adalah beban-beban yang bersifat tetap selama masa layan, antara lain berat struktur, pipa-pipa, saluran-saluran listrik, AC/heater, lampu-lampu, penutup lantai/atap, dan plafon.

Beban hidup adalah beban-beban yang berubah besar dan lokasinya selama masa layan, antara lain berat manusia, perabotan, peralatan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lainnya.

Beban angin adalah tekanan-tekanan yang berasal dari gerakan-gerakan angin. Umumnya perlu diperhitungkan pada luas bidang tangkap angin yang relatif luas pada bangunan dengan beban-beban yang relatif ringan.

Beban gempa adalah gaya-gaya yang berasal dari gerakan-gerakan tanah dikombinasi dengan sifat-sifat dinamis struktur karena seringkali percepatan horizontal tanah lebih besar daripada percepatan vertikal, dan struktur secara umum lebih sensitif terhadap gerakan horizontal daripada gerakan vertikal, maka pengaruh gempa horizontal seringkali lebih menentukan daripada pengaruh gempa vertikal.

Kombinasi beban untuk metode ultimit struktur, komponen-komponen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuata rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.

Berdasarkan SNI 1726-2012 peraturan faktor-faktor beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal sama seperti pada SNI 1726-2002. Akan tetapi, pada kombinasi yang terdapat beban gempa di dalam persamaannya harus didesain berdasarkan pengaruh beban seismik yang ditentukan seperti berikut ini.

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3.  $1,2 DL + 1 LL \pm 0,3 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \pm 1 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL)$
4.  $1,2 DL + 1 LL \pm 1 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \pm 0,3 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL)$
5.  $0,9 DL \pm 0,3 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL) \pm 1 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL)$
6.  $0,9 DL \pm 1 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \pm 0,3 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL)$

dimana:

DL = Baban mati, termasuk SIDL

LL = Beban hidup

EX = Beban gempa arah-x

EY = Beban gempa arah-y

$\rho$  = Faktor redudansi, untuk desain seismik D sampai F nilainya 1,3

$S_{DS}$  = Parameter percepatan spektrum respon desain pada perioda pendek

$Q_E$  = Pengaruh gaya seismik horizontal dari V, yaitu gaya gser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau. Pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain.

Untuk penggunaan dalam kombinasi beban (3) dan (4), E harus didefinisikan sesuai dengan Pers. 2.26.

$$E = E_h + E_v \quad (2.26)$$

• Untuk penggunaan dalam kombinasi beban (5) dan (6), E harus didefinisikan sesuai dengan Pers. 2.27.

$$E = E_h - E_v \quad (2.27)$$

dimana:

E = Pengaruh beban seismik

$E_h$  = Pengaruh beban seismik horizontal yang akan didefinisikan selanjutnya

$E_v$  = Pengaruh beban seismik vertikal yang akan didefinisikan selanjutnya

• Untuk pengaruh beban seismik  $E_h$  harus ditentukan dengan Pers. 2.28.

$$E_h = \rho Q_E \quad (2.28)$$

dimana:

Q = pengaruh gaya seismik horizontal dari V atau  $F_p$

$\rho$  = Faktor redudansi, untuk desain seismik D sampai F nilainya 1,3

• Sedangkan pengaruh beban seismik  $E_v$  harus ditentukan dengan Pers. 2.29.

$$E_v = 0,2 S_{DS} DL \quad (2.29)$$

dimana:

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

DL = Pengaruh beban mati

Faktor redudansi ( $\rho$ ) harus dikenakan pada sistem penahan gaya seismik masing-masing dalam kedua arah ortogonal untuk semua struktur.

Kondisi dimana nilai  $\rho$  diizinkan 1 sebagai berikut:

- Struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C.
- Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta; desain komponen nonstruktural.
- Desain struktural nongedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung.
- Desain elemen kolektor, sambungan lewatan, dan sambungannya dimana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan peraturan pada SNI 1726-2012 yang digunakan
- Desain elemen struktur atausambungan dimana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan peraturan disyaratkan untuk didesain.
- Struktur bagian sistem peredaman
- Desain dinding geser struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkurnya.

## **2.6. Sambungan**

### **2.6.1. Pengertian Sambungan**

Sambungan merupakan sesuatu hal yang tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan struktur baja maupun komposit. Hal ini dikarenakan bentuk struktur bangunan yang begitu kompleks. Contoh yang dapat kita jumpai di struktur bangunan adalah sambungan antarkolom dan balok. Kegagalan dalam sambungan tersebut dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya adalah keruntuhan pada struktur tersebut. Sehingga untuk mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik.

Sambungan berdasarkan atas kemampuan tahanan terhadap perputaran yang dibagi 2 type yaitu:

1. *Type Fully Restrained (FR)* yaitu penahan penuh atau *rigid/kaku* mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar.
2. *Type partially Restrained (PR)* yaitu penahanan tidak penuh, tidak cukup *rigid* untuk mempertahankan sudut akibat beban. Pada kenyataannya bahwa tidak

ada sambungan yang benar-benar kaku/*rigid* sempurna atau *flexible* sempurna. Sehingga sambungan dapat diklasifikasikan:

a. *Simple connection* (Sambungan Sendi)

- Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas.
- Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung.
- Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup.
- Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja.

b. *Semi-rigid connection* (Antara *Simple* dan *Rigid*)

- Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara elemen yang disambung.
- Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut.
- Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan.

c. *Rigid Connection*

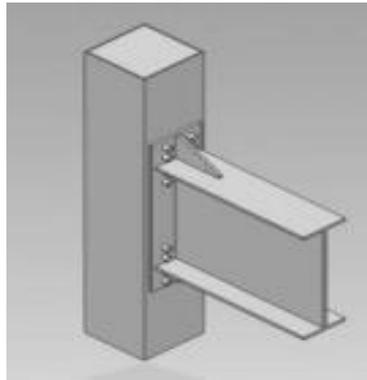
- Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut diantara elemen-elemen yang disambung.

## 2.6.2. Konsep Perencanaan Sambungan Balok - Kolom

Perencanaan sistem sambungan balok-kolom yang mengacu pada peraturan AISC 358-2010 "*Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*" menjelaskan bahwa salah satu tipe sambungan yang efektif untuk bangunan baja komposit beton adalah sambungan momen. Sambungan momen dibagi menjadi dua, yaitu *Fully restrained (FR)* atau sambungan rigid seperti profil utuh dan *Partially restrained (PR)* atau sambungan semi rigid atau elastis.

Pada sambungan tipe *FR* tidak perlu dilakukan pemodelan khusus pada analisis strukturnya, karena dianggap sebagai penampang utuh yang meneruskan momen sekaligus gaya geser dan aksial. Salah satu sambungan tipe *FR* adalah sambungan *End-plate* yang cukup efektif untuk diterapkan untuk bangunan tinggi

dan tahan gempa dikarenakan sambungan ini bersifat kaku dan pemasangannya relatif cepat karena tidak memerlukan pengelasan dilapangan dan tidak dipengaruhi oleh cuaca. Penampakan sambungan momen *End-plate* dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Sambungan tipe *End-plate* (Swanson, 1999).

Adapun langkah-langkah perencanaan sambungan tipe *End-plate* meliputi beberapa tahapan penyelesaian yaitu sebagai berikut.

1. Diameter baut yang diperlukan

Menurut AISC 358-2010, diameter baut yang diperlukan dalam sambungan *End-plate* dibagi kedalam 3 jenis sebagai berikut.

a. Untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 4E dan 4ES

Untuk tipe 4E artinya memiliki konfigurasi sambungan *Extended* dengan jumlah baut 4 buah. Sedangkan untuk tipe 4ES artinya memiliki konfigurasi sambungan *Extended* dengan jumlah baut 4 buah pada sisi tarik dan tekan ditambah pelat pengaku (*Stiffener*) yang ditentukan berdasarkan Pers. 2.30.

$$d_b = \sqrt{\frac{2M_{pr}}{\pi \phi F_{nt}(h_1 + h_2)}} \quad (2.30)$$

b. Untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 8ES

untuk tipe 8ES artinya memiliki konfigurasi sambungan *Extended* dengan jumlah baut 8 buah pada sisi tarik dan tekan ditambah pelat pengaku (*Stiffener*) yang ditentukan berdasarkan Pers. 2.31.

$$d_b = \sqrt{\frac{2Mpr}{\pi \phi F_{nt}(h_1+h_2+h_3+h_4)}} \quad (2.31)$$

## 2. Menentukan parameter geometri sambungan

Untuk menentukan parameter geometri sambungan untuk macam-macam tipe konfigurasi sambungan ada beberapa syarat batas yang harus dipenuhi berdasarkan acuan ANSI 385-2005 yang disajikan pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14: Prekualifikasi parameter batasgeometri sambungan *End-plate*.

Parameter	4E		4ES		8ES	
	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min
$t_p$	57.2	12.7	38.1	12.7	63.5	19.1
$b_p$	273.1	177.8	273.1	273.1	381	228.6
G	152.4	101.6	152.4	82.55	152.4	127
$P_{f1}, P_{f2}$	114.3	38.1	139.7	44.45	50.8	44.45
$P_b$	-	-	-	-	95.25	88.9
$d_e$	1397	635	609.6	349.25	914.4	469.9
$T_{bf}$	19.1	9.5	19.1	9.5	25.4	15.1
$b_{bf}$	234.9	152.4	228.6	152.4	311.2	196.9

Dimana :

$t_p$  = Tebal *End-plate* (mm)

$b_p$  = Lebar *End-plate* (mm)

g = Jarak horizontal antar *centerline* lubang baut (mm)

$P_{f1}$  = Jarak vertikal antara sayap balok dan *centerline* lubang baut (mm)

$P_b$  = Jarak vertikal antar *centerline* lubang baut (mm)

$d_e$  = Jarak ujung *End-plate* dengan lubang baut terluar (mm)

$t_{bf}$  = Tebal sayap balok (mm)

$b_{bf}$  = Lebar sayap balok (mm)

## 3. Kontrol terhadap kuat tarik baut

Kuat tarik baut dapat diketahui dengan Pers. 2.32.

$$T = A_b F_{nt} \quad (2.32)$$

kontrol terhadap kuat tarik baut bertujuan untuk mengetahui efek *prying* pada sambungan yang merupakan salah satu hal yang harus di periksa secara

seksama. Efek *prying* baut dapat diabaikan jika tebal pelat ujung memenuhi kriteria “pelat tebal”. Hal ini dipilih karena deformasi sambungan relatif kecil dan perhitungan lebih sederhana.

#### 4. Tebal pelat terhadap efek *prying*

Sambungan *End-plate* ditentukan oleh kekuatan pelat ujung dan baut. Jika pelat ujungnya berdeformasi maka akan menimbulkan efek *prying*, yaitu adanya tambahan gaya reaksi pada baut akibat efek ungkit. Jika deformasi pelat ujung relatif kecil maka efek *prying* juga relatif kecil bahkan bisa hilang sama sekali (Kenedy, 1981).

Terdapat tahapan perilaku pelat ujung akibat gaya reaksi baut tarik. Pertama, apabila kapasitas pelat ujung sampai  $90\%M_{pl}$  akan berperilaku sebagai “Pelat tebal”, sehingga efek *prying* dapat diabaikan. Kedua, jika momen yang diberikan melebihi batasan tersebut maka deformasinya menjadi relatif tebal sehingga efek *prying* di baut harus diperhitungkan secara cermat.

#### 5. Tebal *End-plate* perlu

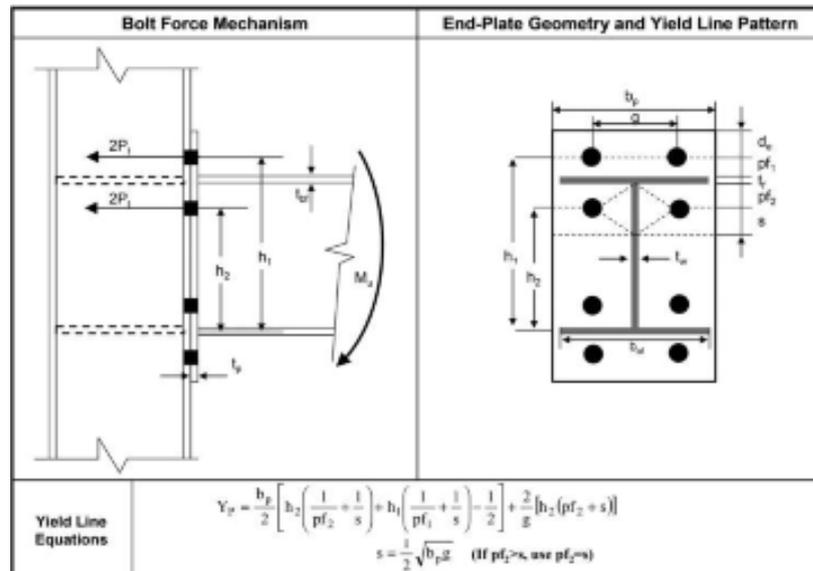
Menurut Pasal 6.10-5 AISC 358-2010, tebal pelat sambungan yang diperlukan ( $t_{p,req}$ ) dapat ditentukan dengan Pers. 2.33.

$$t_{p, req} = \sqrt{\frac{1.11M_{pr}}{\phi_b F_{yp} Y_p}} \quad (2.33)$$

untuk menentukan mekanisme garis leleh,  $Y_p$  maka ditentukan berdasarkan persamaan yang sesuai dengan konfigurasi tipe sambungan sebagai berikut.

##### a. Untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 4E

Mekanisme garis leleh untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 4E dapat dilihat pada Gambar 2.7.



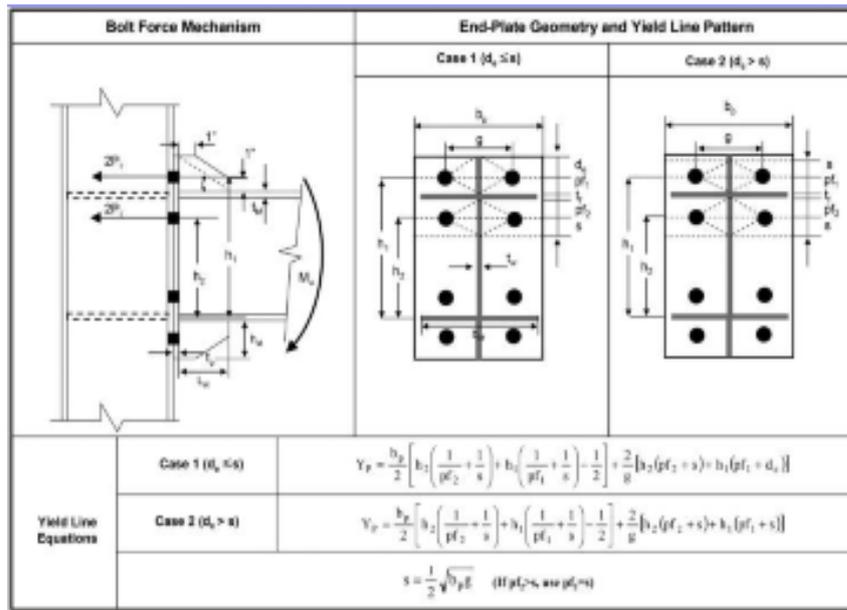
Gambar 2.7: Mekanisme garis leleh,  $Y_p$  untuk tipe sambungan 4E

Dari Gambar 2.7 didapat rumus untuk mekanisme garis leleh,  $Y_p$  yang dijabarkan pada Pers. 2.34.

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_2 \left( \frac{1}{p_{f_2}} + \frac{1}{s} \right) + h_1 \left( \frac{1}{p_{f_1}} + \frac{1}{s} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} [h_2 (p_{f_2} + s)] \quad (2.34)$$

b. Untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 4ES

Mekanisme garis leleh untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 4E ditambah pengaku dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8: Mekanisme garis leleh,  $Y_p$  untuk tipe sambungan 4ES

Dari Gambar 2.8 didapat rumus untuk mekanisme garis leleh,  $Y_p$  kedalam dua keadaan yang dijabarkan pada Pers. 2.35 dan Pers. 2.36, sebagai berikut.

- Apabila  $d_e \leq$  dasar parameter jarak, S

$$\text{Dimana } S, = \frac{1}{2} \sqrt{b_p \cdot g}$$

Maka,

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_2 \left( \frac{1}{pf_2} + \frac{1}{s} \right) + h_1 \left( \frac{1}{pf_1} + \frac{1}{s} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} [h_2(pf_2 + s) + h_1(pf_2 + d_e)] \quad (2.35)$$

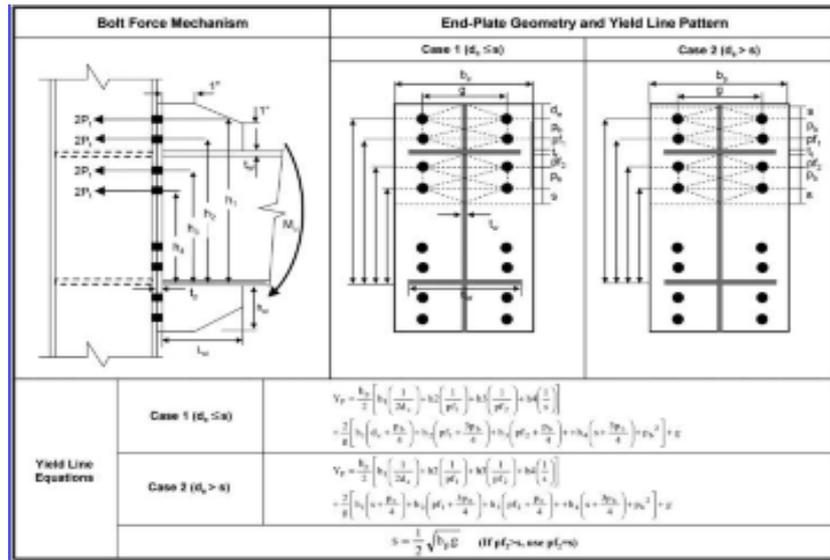
- Apabila  $d_e \geq$  dasar parameter jarak, S

Maka,

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_2 \left( \frac{1}{pf_2} + \frac{1}{s} \right) + h_1 \left( \frac{1}{pf_1} + \frac{1}{s} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} [h_2(pf_2 + s) + h_1(pf_2 + s)] \quad (2.36)$$

- c. Untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 8ES

Mekanisme garis leleh untuk tipe sambungan dengan konfigurasi 8E ditambah pengaku dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9: Mekanisme garis yeleh,  $Y_p$  untuk tipe sambungan 8ES

Dari Gambar 2.9 didapat rumus untuk mekanisme garis leleh,  $Y_p$  kedalam dua keadaan yang dijabarkan pada Pers. 2.37 dan Pers. 2.38, sebagai berikut.

- Apabila  $d_e \leq$  dasar parameter jarak, S

Maka,

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{2d_e} \right) + h_2 \left( \frac{1}{pf_1} \right) + h_3 \left( \frac{1}{pf_2} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right]$$

$$+ \frac{2}{g} \left[ h_1 \left( d_e + \frac{p_b}{4} \right) + h_2 \left( pf_1 + \frac{3p_b}{4} \right) + h_3 \left( pf_2 + \frac{p_b}{4} \right) + h_4 \left( s + \frac{3p_b}{4} \right) + p_b^2 \right] + g \quad (2.37)$$

- Apabila  $d_e \geq$  dasar parameter jarak, S

Maka,

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{2d_e} \right) + h_2 \left( \frac{1}{pf_1} \right) + h_3 \left( \frac{1}{pf_2} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right]$$

$$+ \frac{2}{g} \left[ h_1 \left( s + \frac{p_b}{4} \right) + h_2 \left( pf_1 + \frac{3p_b}{4} \right) + h_3 \left( pf_2 + \frac{p_b}{4} \right) + h_4 \left( s + \frac{3p_b}{4} \right) + p_b^2 \right] + g \quad (2.38)$$

## 6. Tebal dan panjang pelat pengaku

Akumulasi tebal pelat pengaku pada pelat ujung menurut Pasal 6.10-6 AISC 358-2010 adalah menurut Pers. 2.39.

$$t_{s, \min} = t_{bw} \left( \frac{F_{yb}}{F_{ys}} \right) \quad (2.39)$$

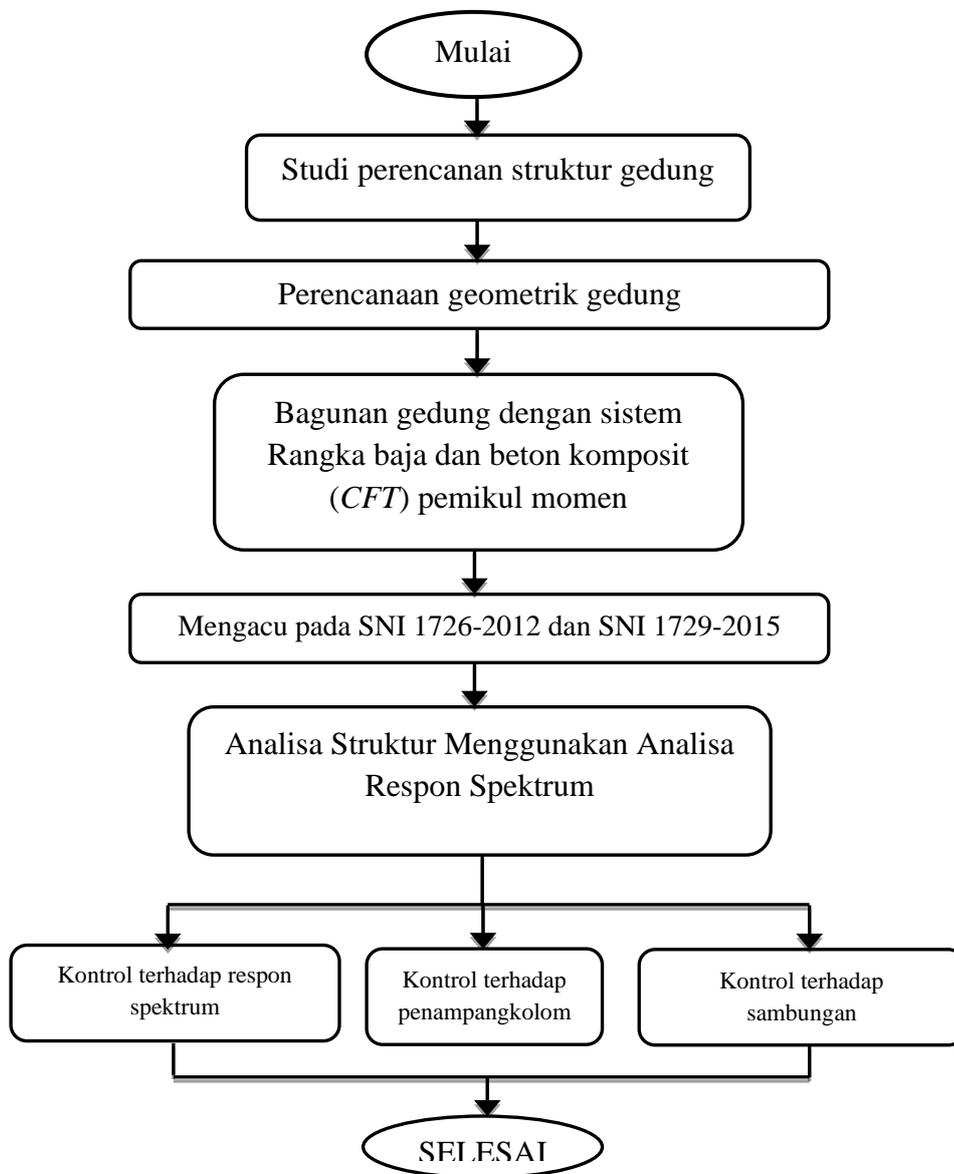
Untuk menghindari terjadinya tekuk pada penampang pelat pengaku sambungan, perlu dilakukan kontrol tekuk seperti yang dirumuskan pada Pers.2.40.

$$\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \quad (2.40)$$

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah dalam perencanaan dan analisis struktur gedung pada tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Adapun tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar bagan alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir pelaksanaan penelitian.

### 3.2. Tinjauan umum

Dalam tugas akhir ini, penelitian dilakukan dengan mengambil studi literatur pada 1 bangunan gedung, dimana pembahasan hanya dikhususkan pada desain kolom utama gedung yang didesain menggunakan Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus dengan tipe *Concrete FilledTube* (CFT). Struktur gedung didesain 15 lantai, dimana bangunan gedung akan difungsikan sebagai gedung perkantoran yang terletak di kota Aceh, dengan kategori resiko II berdasarkan SNI 1726-2012. Struktur gedung akan dimodelkan sebagai *element frame* 3 dimensi (3D) pada program analisis struktur dengan mengacu pada standar gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan perencanaan struktur baja berdasarkan SNI 1729-2015. Penulis meninjau bagaimana kekuatan kolom yang didesain sebagai struktur komposit terhadap beban gempa yang telah direncanakan.

### 3.3.Faktor Respon Gempa (C)

Berdasarkan SNI 1726-2012, spektrum respons gempa desain pada kondisi tanah lunak terletak di kota Aceh dianalisis dengan data-data  $PGA = 0,75 g$ ,  $S_s = 1,5 g$ ,  $S_l = 0,5 g$ . Tahap-tahap yang perlu dilakukan untuk membuat respon gempa desain dapat dilakukan dengan cara berikut:

a. Menentukan koefisien  $F_a$  dan  $F_v$

- Koefisien  $F_a$

Koefisien  $F_a$  ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai  $S_s$  yang terdapat pada Tabel 2.4 dan berdasarkan jenis tanah lunak, maka diperoleh nilai  $F_a$  di bawah ini:

$$F_a = 0.9$$

- Koefisien  $F_v$

Koefisien  $F_v$  ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai  $S_l$  yang terdapat pada Tabel 2.5 dan berdasarkan jenis tanah sedang, maka diperoleh nilai  $F_v$  di bawah ini:

$$F_v = 2.4$$

b. Penentuan nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{MI}$

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S$$

$$S_{MS} = 0.9 \cdot 1,5$$

$$S_{MS} = 1,35$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I$$

$$S_{MI} = 2.4 \cdot 0,5$$

$$S_{MI} = 1,2$$

c. Penentuan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$

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

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot 1,35$$

$$S_{DS} = 0,900$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI}$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} \cdot 1,2$$

$$S_{DI} = 0,800$$

d. Penentuan nilai  $T_s$  dan  $T_0$

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

$$T_s = \frac{0,800}{0,900}$$

$$T_s = 0,889$$

$$T_0 = 0,2 \cdot T_s$$

$$T_0 = 0,2 \cdot 0,889$$

$$T_0 = 0,178$$

Penentuan nilai  $S_a$

- Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) harus diambil dari Pers 2.13.

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

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .

- Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$  diambil berdasarkan Pers. 2.14.

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

Spektrum respon percepatan disajikan dalam Tabel 3.1 dan grafik spektrum respon diplot ke dalam *Microsoft Excel* seperti pada Gambar 3.2.

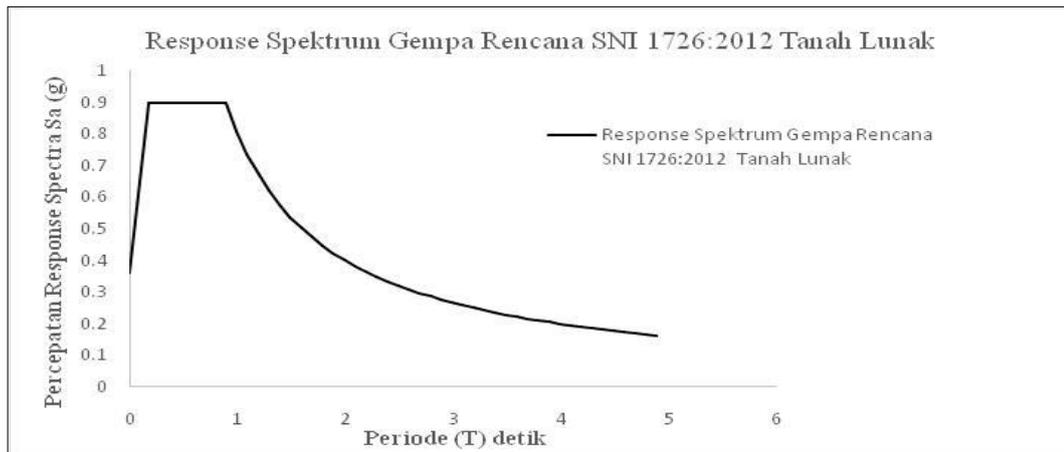
Tabel 3.1: Spektrum respon percepatan gempa berdasarkan SNI 1726-2012.

Waktu, T (Detik)	Waktu, T (Detik)	Percepatan Spektral, $S_a$ (g)
0	0	0.360
$T_0$	0.178	0.900
	0.278	0.900
	0.378	0.900
	0.478	0.900
	0.578	0.900
$T_s$	0.889	0.900
$T_s+0,1$	0.989	0.809
$T_s+0,2$	1.089	0.735
$T_s+0,3$	1.189	0.673
$T_s+0,4$	1.289	0.621
$T_s+0,5$	1.389	0.576
$T_s+0,6$	1.489	0.537
$T_s+0,7$	1.589	0.503
$T_s+0,8$	1.689	0.474
$T_s+0,9$	1.789	0.447
$T_s+1$	1.889	0.424
$T_s+1,1$	1.989	0.402
$T_s+1,2$	2.089	0.383
$T_s+1,3$	2.189	0.365
$T_s+1,4$	2.289	0.350
$T_s+1,5$	2.389	0.335
$T_s+1,6$	2.489	0.321
$T_s+1,7$	2.589	0.309
$T_s+1,8$	2.689	0.298
$T_s+1,9$	2.789	0.287
$T_s+2$	2.889	0.277
$T_s+2,1$	2.989	0.268

Lanjutan Tabel 3.1

$T_{S+2,2}$	3.089	0.259
$T_{S+2,3}$	3.189	0.251
$T_{S+2,4}$	3.289	0.243
$T_{S+2,5}$	3.389	0.236
$T_{S+2,6}$	3.489	0.229
$T_{S+2,7}$	3.589	0.223
$T_{S+2,8}$	3.689	0.217
$T_{S+2,9}$	3.789	0.211
$T_{S+3}$	3.889	0.206
$T_{S+3,1}$	3.989	0.201
$T_{S+3,2}$	4.089	0.196
$T_{S+3,3}$	4.189	0.191
$T_{S+3,4}$	4.289	0.187
$T_{S+3,5}$	4.389	0.182
$T_{S+3,6}$	4.489	0.178
$T_{S+3,7}$	4.589	0.174
$T_{S+3,8}$	4.689	0.171
$T_{S+3,9}$	4.789	0.167
$T_{S+4}$	4.889	0.164

Dari tabel diatas dapat diplotkan grafik respon spektrum sebagai gaya gempa dengan kondisi tanah lunak seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Spektrum respon gempa kotaAceh dengan jenis tanah lunak berdasarkan SNI 1726-2012

### **3.4. Pemodelan dan Analisis Struktur**

Pada tugas akhir ini pemilihan jenis analisa yang digunakan yaitu prosedur analisis respon spektrum. Struktur gedung memiliki tinggi 61 meter, dan gedung menggunakan Sistem Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen pada struktur kolom dengan tipe *Concrete Filled Tube* (CFT) dengan profil HSS. Respon spektrum yang digunakan pada daerah Kota Aceh mengacu pada SNI 1726-2012 dengan jenis tanah lunak.

#### **3.4.1. Pemodelan Gedung**

Struktur gedung memiliki tinggi 61 meter, untuk tinggi tingkat pertama pada gedung 5 m dan 4 m pada tingkat-tingkat selanjutnya. Dimensi struktur adalah simetris segiempat yang memiliki 5 bidang portal pada arah horizontal dan vertikal. Luas bangunan rencana adalah  $(35 \times 35) \text{ m}^2$ . Panjang bidang portal adalah masing-masing 7 m.

##### **3.4.1.1. Data Perencanaan Struktur**

Gedung difungsikan sebagai perkantoran yang terletak di Aceh yang memiliki *site* tanah lunak. Konstruksi kolom dan balok menggunakan struktur baja dan atap adalah atap dek beton bertulang.

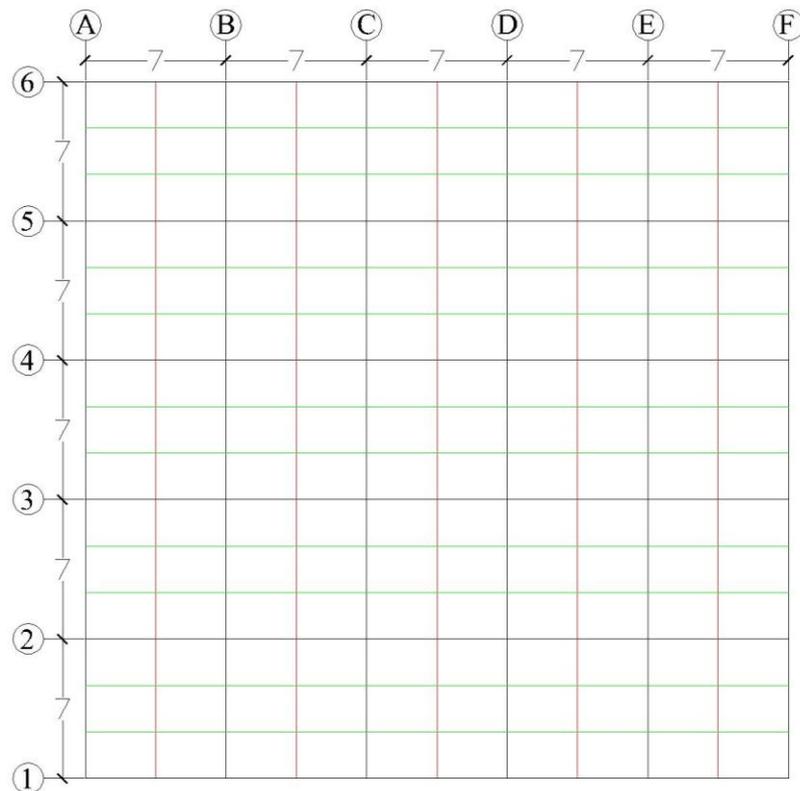
Perencanaan dilakukan sesuai dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung mengacu pada (SNI 1726:2012).
2. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung mengacu pada (SNI 1727:2013) beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain.
3. Syarat dan ketentuan penggunaan baja mengacu pada tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 03-1729-2002).

Uraian perencanaan struktur seperti dibawah ini:

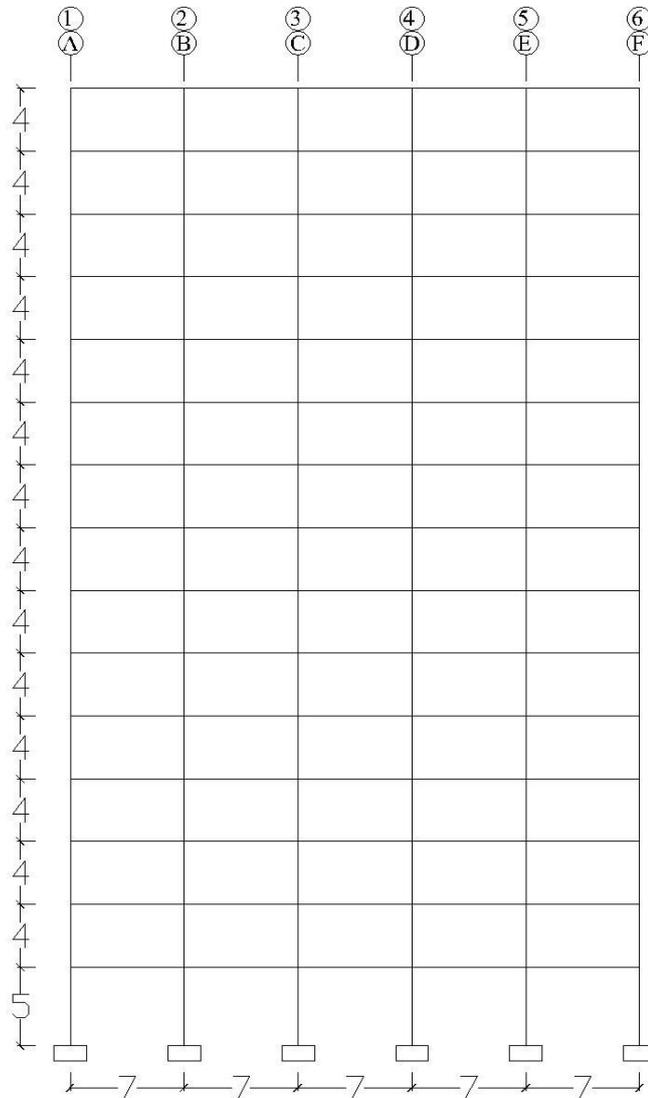
1. Jenis struktur kolom komposit baja dan beton dengan klasifikasi mutu masing-masing material sebagai berikut:

- a. Mutu baja (BJ) 41, dengan tegangan leleh  $F_y = 250$  MPa, tegangan ultimate  $F_u = 410$  MPa, serta modulus elastisitas  $200000$  MPa.
  - b. Mutu beton yang digunakan  $f'_c = 25$  MPa
2. Balok utama dan balok anak menggunakan profil baja WF dengan mutu (BJ) 37, dengan tegangan leleh  $F_y = 240$  MPa, tegangan ultimate  $F_u = 370$  MPa, serta modulus elastisitas  $E = 200000$  MPa.
  3. Fungsi gedung perkantoran
  4. Gedung terletak di kota Aceh
  5. Direncanakan jenis tanah lunak
  6. Gedung didesain berdasarkan Sistem Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen.



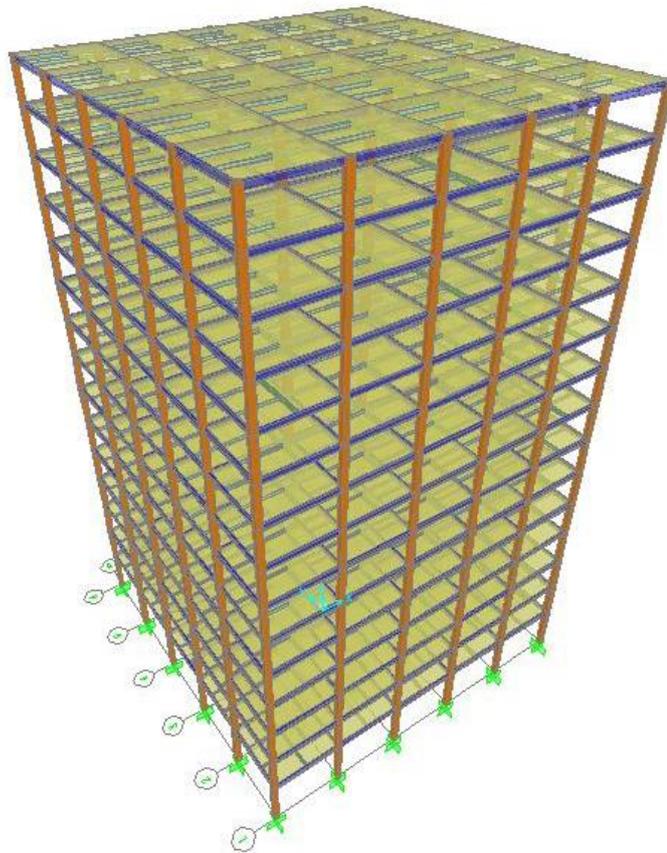
Gambar 3.3: Denah perencanaan gedung baja komposit beton terhadap sumbu x dan y

Bangunan terdiri dari 15 lantai dengan susunan tingkat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4: Tampak samping portal struktur bangunan

Struktur bangunan tersebut akan didesain dengan pemodelan 3D pada Program SAP 2000. Pemodelan tipikal pada SAP 2000 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5: Bentuk tipikal struktur model kolom *concrete filled tube*(CFT).

#### 3.4.1.2. Data Perencanaan Dimensi

Berikut ini penjelasan mengenai penampang profil yang akan digunakan pada struktur gedung:

##### A. Dimensi Struktur Kolom

###### 1. Kolom (Lantai 1-10)

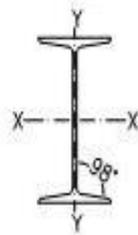
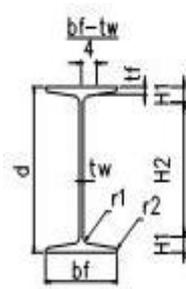
Menggunakan profil baja penampang persegi berongga (*Steel tube*) HSS 500×500×25, dengan dimensi sebagai berikut:

- Panjang = 50 cm
- Lebar = 50 cm
- Tebal = 2.5cm

##### B. Dimensi Balok Induk/Girder

Balok induk/girder (lantai 1-15) menggunakan profil penampang baja *Wide Flange* (WF) 500×200×10×16, dengan dimensi sebagai berikut:

Data detail profil adalah sebagai berikut:

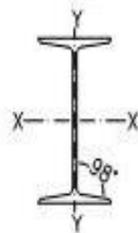
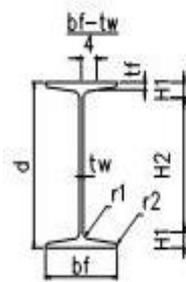


$d = 500 \text{ mm}$	$i_x = 20,46 \text{ cm}$
$bf = 200 \text{ mm}$	$i_y = 4,33 \text{ cm}$
$tw = 10 \text{ mm}$	$I_x = 47800 \text{ cm}^4$
$tf = 16 \text{ mm}$	$I_y = 2140 \text{ cm}^4$
$A = 114,2 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1912 \text{ cm}^3$
$g = 66,03 \text{ kg/m}$	$Z_y = 214 \text{ cm}^3$

### C. Dimensi Balok Anak

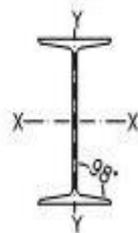
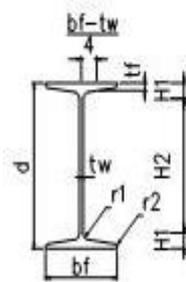
Balok anak (lantai 1-15) menggunakan profil penampang baja *Wide Flange* WF350x175x7x11 dan WF 250x125x6x9.

Profil balok anak 1 adalah WF 350x175x7x11. Data detail profil adalah sebagai berikut:



$d = 350 \text{ mm}$	$i_x = 14,28 \text{ cm}$
$bf = 175 \text{ mm}$	$i_y = 3,07 \text{ cm}$
$tw = 7 \text{ mm}$	$I_x = 15200 \text{ cm}^4$
$tf = 11 \text{ mm}$	$I_y = 702 \text{ cm}^4$
$A = 74,58 \text{ cm}^2$	$Z_x = 869 \text{ cm}^3$
$g = 66,03 \text{ kg/m}$	$Z_y = 94 \text{ cm}^3$

Profil balok anak 2 adalah WF 250x125x6x9. Data detail profil adalah sebagai berikut:



$d = 250 \text{ mm}$	$i_x = 10,37 \text{ cm}$
$bf = 125 \text{ mm}$	$i_y = 2,79 \text{ cm}$
$tw = 6 \text{ mm}$	$I_x = 4050 \text{ cm}^4$
$tf = 9 \text{ mm}$	$I_y = 294 \text{ cm}^4$
$A = 37,66 \text{ cm}^2$	$Z_x = 324 \text{ cm}^3$
$g = 29,56 \text{ kg/m}$	$Z_y = 47 \text{ cm}^3$

### D. Tebal Pelat Lantai

Pelat lantai direncanakan menggunakan solid slab dengan ketebalan pelat yaitu  $130 \text{ mm} = 0,13 \text{ m}$  untuk semua tipe lantai.

### 3.4.2. Faktor Keutamaan Struktur (*I*)

Menurut SNI 1726-2012, untuk pemilihan nilai faktor keutamaan berdasarkan kategori resiko yang sesuai Tabel 2.6 yaitu dengan fungsi bangunan perkantoran adalah kategori resiko II, dengan hal itu maka didapat melalui Tabel 2.7 nilai faktor keutamaan ( $I_e$ ) = 1.

### 3.4.3. Faktor Reduksi Gempa

Desain bangunan direncanakan sebagai sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus, dimana untuk nilai faktor reduksi gempa yang berdasarkan SNI 1726-2012 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Koefisien modifikasi Respons (*R*)

Arah	Sistem Penahan Gaya Seismik	R
X	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8
Y	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	7

### 3.4.4 Pembebanan pada Struktur

Di dalam struktur bangunan Teknik Sipil terdapat dua jenis beban luar yang bekerja yaitu beban statis dan beban dinamis. Beban yang bekerja terus-menerus pada suatu struktur adalah beban statis. Jenis dari beban statis adalah sebagai berikut:

1. Beban mati (*Dead load*)

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja secara vertikal yang mengikuti arah gravitasi pada struktur bangunan. Adapun berat komponen material bangunan dapat ditentukan dari peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu Pedoman Perencanaan Pembangunan untuk Rumah dan Gedung 1987 dan juga peraturan 1983. Untuk berat satuan material disajikan pada Tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3.3: Berat material konstruksi berdasarkan PPPURG 1987

Beban Mati	Besarnya Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>

Beban mati tambahan berdasarkan PPPURG 1987 yang umum dipakai dalam perencanaan struktur dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4: Berat tambahan komponen gedung berdasarkan PPPURG 1987.

Beban Mati	Besarnya Beban
Plafon dan penggantung	18 kg/m <sup>2</sup>
Adukan /cm dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
Pasangan bata setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari keramik	24 kg/m <sup>2</sup>

## 2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang disebabkan oleh penggunaan maupun hunian dan beban ini bisa ada atau tidak ada pada struktur pada waktu tertentu. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi terkadang dapat juga berarah horizontal. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat bergerak atau berpindah. Berat beban hidup berdasarkan Pedoman Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013 di sajikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Beban hidup pada lantai struktur berdasarkan 1727- 2013.

Beban Hidup	Besarnya Beban
Lantai sekolah, perkantoran, apartemen, hotel, asrama, pasar, rumah sakit	240 kg/m <sup>2</sup>
Beban terpusat pekerja minimum	96 kg/m <sup>2</sup>
Beban hidup pada tangga dan bordes	479 kg/m <sup>3</sup>

- Pembebanan pada pelat lantai

Untuk pembebanan pelat lantai gedung model SRPMK didapat dari perhitungan yang disajikan pada Lampiran.

Selanjutnya beban yang diperoleh dari perhitungan dimasukkan sebagai beban area (*uniform to frame (shell)*) dalam program struktur, sedangkan tebal pelat akan dihitung otomatis oleh komputer dengan memasukkan faktor pengali 1 untuk *self weight multiplier* pada saat pembebanan (*load case*).

- Berat dinding bata

Berat dinding bata yang di input ke balok induk sebesar 1350 kg/m untuk lantai 1, 1200 kg/m untuk lantai 2-14, dan 5 kg/m untuk atap. Selanjutnya berat dinding di input ke balok dengan beban terbagi merata (*distributed*) dalam program struktur.

### 3.4.5. Perhitungan Berat Perlantai Gedung

Untuk berat sendiri struktur beserta berat beton tambahan dan berat beban hidup dapat dilihat pada lampiran.

### 3.4.6. Kombinasi Pembebanan

Seluruh beban-beban yang bekerja, yaitu: beban mati, beban hidup dan beban gempa tersebut diperhitungkan dengan faktor pembesaran dan kombinasi (*load combination*) yang di input ke dalam program struktur berdasarkan SNI 1726-2012 yang dijabarkan sesuai sub bab 2.5 untuk pemodelan ini dengan menggunakan nilai  $\rho = 1,3$  yang diperoleh dari desain seismik D dan nilai  $S_{DS} = 0.900$  diperoleh dari sub bab 3.3, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726-2012 dengan nilai  $\rho = 1,3$  dan  $S_{DS} = 0.900$ .

Kombinasi	Koefisien							
Kombinasi 1	1,4	DL	0	LL	0	EX	0	EY
Kombinasi 2	1.2	DL	1.6	LL	0	EX	0	EY
Kombinasi 3	1.43	DL	1	LL	0.39	EX	1.3	EY
Kombinasi 4	0.97	DL	1	LL	-0.39	EX	-1.3	EY
Kombinasi 5	1.07	DL	1	LL	0.39	EX	-1.3	EY
Kombinasi 6	1.33	DL	1	LL	-0.39	EX	1.3	EY
Kombinasi 7	1.43	DL	1	LL	1.3	EX	0.39	EY
Kombinasi 8	0.97	DL	1	LL	-1.3	EX	-0.39	EY
Kombinasi 9	1.33	DL	1	LL	1.3	EX	-0.39	EY
Kombinasi 10	1.07	DL	1	LL	-1.3	EX	0.39	EY
Kombinasi 11	1.13	DL	0	LL	0.39	EX	1.3	EY
Kombinasi 12	0.67	DL	0	LL	-0.39	EX	-1.3	EY

Lanjutan tabel 3.6

Kombinasi 13	0.77	DL	0	LL	0.39	EX	-1.3	EY
Kombinasi 14	1.03	DL	0	LL	-0.39	EX	1.3	EY
Kombinasi 15	1.13	DL	0	LL	1.3	EX	0.39	EY
Kombinasi 16	0.67	DL	0	LL	-1.3	EX	-0.39	EY
Kombinasi 17	1.03	DL	0	LL	1.3	EX	-0.39	EY
Kombinasi 18	0.77	DL	0	LL	-1.3	EX	0.39	EY
Kombinasi 19	1.20	DL	1	LL	1	NX	1	NY
Kombinasi 20	1.20	DL	1	LL	1	NX	-1	NY
Kombinasi 21	1.20	DL	1	LL	-1	NX	1	NY
Kombinasi 22	1.20	DL	1	LL	-1	NX	-1	NY
Kombinasi 23	0.90	DL	0	LL	1	NX	1	NY
Kombinasi 24	0.90	DL	0	LL	1	NX	-1	NY
Kombinasi 25	0.90	DL	0	LL	-1	NX	1	NY
Kombinasi 26	0.90	DL	0	LL	-1	NX	-1	NY

### 3.5. Gaya Geser Gempa

Dalam analisis gedung ini menggunakan analisis dinamik respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2012. Penguraian analisisnya sebagai berikut:

#### 1. Analisis respon spektrum

Prosedur analisis respon spektrum dilakukan dengan menggunakan program analisis struktur. Analisis respon spektrum ini dilakukan dengan metode Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*) dengan input gaya gempa yang dijelaskan pada sub bab 2.4.2. Metode ini diperoleh dari hasil selisih nilai perioda yang lebih besar dari 15%.

Selain itu, penjumlahan ragam respons menurut metode CQC atau SRSS harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%. Untuk memperoleh nilai perioda dan partisipasi massa (*Sum UX dan Sum UY*) menggunakan program struktur yaitu pada *Structure Output (Modal Participating Mass Ratios)*. Adapun analisis respon spektrum yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7: Periode bangunan

Mode	Period (s)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
1	2.876994	0.804	0.000	0.000	0.804	0.000
2	2.806319	0.000	0.805	0.000	0.804	0.805
3	2.500081	0.000	0.000	0.000	0.804	0.805
4	0.924381	0.098	0.000	0.000	0.902	0.805
5	0.902921	0.000	0.097	0.000	0.902	0.903
6	0.805225	0.000	0.000	0.000	0.902	0.903
7	0.518596	0.038	0.000	0.000	0.940	0.903
8	0.507655	0.000	0.038	0.000	0.940	0.940
9	0.454122	0.000	0.000	0.000	0.940	0.940
10	0.341794	0.021	0.000	0.000	0.960	0.940
11	0.335529	0.000	0.021	0.000	0.960	0.961
12	0.300159	0.000	0.000	0.000	0.960	0.961

Dari hasil data Tabel 3.7 perioda *output* program analisisstruktur di atas maka didapat presentase selisih antara perioda yang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Selisih persentase nilai perioda dari pemodelan struktur.

Mode	Persentase Selisih (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	2.46%	OKE	TIDAK OKE
T2-T3	10.91%	OKE	TIDAK OKE
T3-T4	63.03%	TIDAK OKE	OKE
T4-T5	2.32%	OKE	TIDAK OKE
T5-T6	10.82%	OKE	TIDAK OKE
T6-T7	35.60%	TIDAK OKE	OKE
T7-T8	2.11%	OKE	TIDAK OKE
T8-T9	10.55%	OKE	TIDAK OKE
T9-T10	24.74%	TIDAK OKE	OKE
T10-T11	1.83%	OKE	TIDAK OKE
T11-T12	10.54%	OKE	TIDAK OKE

Dari Tabel 3.8 menunjukkan bahwa nilai perioda rata-rata yang didapat pada saat respon total mencapai 90% memiliki selisih waktu getar alami (perioda)

yang berjauhan yaitu selisihnya lebih kecil dari 15%, sehingga analisa menggunakan metode Kombinasi kuadrat lengkap *Complete Quadratic Complete* (CQC).

a. Nilai waktu getar alami fundamental

Berdasarkan analisis 3 dimensi yang diperoleh dari struktur nilai waktu getar alami fundamental atau perioda (T) adalah:

$$T \text{ arah X} = 2,877 \text{ detik}$$

$$T \text{ arah Y} = 2,806 \text{ detik}$$

Maka, menurut sub bab 2.4.2 peraturan SNI 1726-2012, perioda fundamental (T) yang digunakan memiliki nilai batas maksimum dan batas minimum seperti yang dijelaskan pada Pers. 2.23 dan 2.22 pada Bab 2.

$$C_t = 0,0488 \text{ (Tabel 2.11 dengan semua sistem struktur lainnya)}$$

$$H_n = 61 \text{ m (tinggi gedung dari dasar)}$$

$$X = 0,75 \text{ (Tabel 2.11 dengan tipe struktur rangka baja pemikul momen)}$$

$$C_u = 1,4 \text{ (Tabel 2.12 dengan nilai SD1} \geq 0,4)$$

Maka pada Tabel 3.9 disajikan hasil pembatasan maksimum dan minimum waktu getar alami fundamental.

Tabel 3.9: Pengecekan T berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental pemodelan berdasarkan SNI 1726-2012.

Arah	$T_{a \text{ min}}$	$T_{a \text{ maks}}$	$T_{a \text{ hitung}}$	Cek min	Cek maks
X	1.065	1.491	2.877	OKE	TIDAK OKE
Y	1.065	1.491	2.806	OKE	TIDAK OKE

Dari tabel 3.9 didapat nilai waktu getar alami,  $T_{a \text{ hitung}}$  lebih kecil dari  $T_{a \text{ min}}$  dan lebih besar dari  $T_{a \text{ maks}}$  ( $1.065 < 2.877 > 1.510$ ), maka digunakan adalah  $T_{a \text{ hitung}}$ .

b. Penentuan faktor respon gempa (C)

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726-2012, penentuan nilai koefisien respon seismik ( $C_s$ ) berdasarkan Pers. 2.25-2.27 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

- $C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)}$

$$C_s \text{ maksimum arah X} = \frac{0.9}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.075$$

$$C_s \text{ maksimum arah Y} = \frac{0.9}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.075$$

- $$C_s \text{ hasil hitungan} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_s \text{ hasil hitungan arah X} = \frac{0.8}{3.371\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.035$$

$$C_s \text{ hasil hitungan arah Y} = \frac{0.8}{3.371\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.035$$
- $$C_s \text{ minimum} = 0.044 S_{DS} \quad I \geq 0.01$$

$$C_s \text{ minimum} = 0.044 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.04$$

$$C_s \text{ minimum} = 0.044 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.04$$

Nilai  $C_s$  di atas dan nilai  $C_s$  yang digunakan dirangkum ke dalam Tabel 3.10.

Tabel 3.10: Rangkuman nilai  $C_s$  dan nilai  $C_s$  yang digunakan pada Gedung.

Arah	$C_s$ maks	$C_s$ hitungan	$C_s$ min	$C_s$ yang digunakan
X	0.113	0.035	0.04	0.04
Y	0.113	0.035	0.04	0.04

Pemilihan nilai  $C_s$  diatas yaitu nilai  $C_s \text{ minimum}$  dikarenakan  $C_s \text{ hitungan}$  lebih kecil dari pada nilai  $C_s \text{ minimum}$  ( $C_s \text{ hitungan} < C_s \text{ minimum} = 0.035 < 0.040$ ). Maka yang digunakan  $C_s \text{ minimum}$  sesuai Peraturan SNI 1726-2012.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dibahas hasil studi dari perencanaan struktur gedung bertingkat dengan menggunakan kolom baja komposit beton *Concrete Filled Tube (CFT)* dengan bentuk profil tipe HSS. Sub bab ini menjelaskan hasil kontrol dan pembahasan yang berdasarkan SNI 1729-2015 untuk desain baja dan AISC 358-2010 untuk perencanaan sambungan.

### 4.2. Gaya Geser Dasar Nominal

Dari hasil analisis respon spektrum yang menggunakan program analisis struktur diperoleh nilai gaya geser dasar ( $V$ ) berdasarkan SNI 1726-2012 yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Gaya geser hasil respon spektrum *output* program analisis struktur.

<i>TABLE: Base Reactions</i>		
<i>Load Case/Combo</i>	<i>FX (kgf)</i>	<i>FY (kgf)</i>
BEBAN GEMPA X Max	369668.28	
BEBAN GEMPA Y Max		369303.16

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon dinamik terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{Ix} = C_s \times W_t$$

$$V_{Ix} = 0,04 \times 787434.91$$

$$= 31497.396 \text{ Kg (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{Iy} = C_s \times W_t$$

$$V_{Iy} = 0,04 \times 787434.91$$

$$= 31497.396 \text{ Kg (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726-2012

- Arah X

$$V_x = 369668.28 \text{ Kg}$$

$$V_{Ix} = 31497.396 \text{ Kg}$$

$$\text{Syarat} : V_x \geq 0,85V_{Ix}$$

$$369668.28 \geq 0,85 \times 31497.396$$

$$369668.28 \text{ Kg} \geq 26772,787 \text{ Kg}, \text{ Persyaratan terpenuhi.}$$

- Arah Y

$$V_y = 369303.16 \text{ Kg}$$

$$V_{Iy} = 31497.396 \text{ Kg}$$

$$\text{Syarat} : V_y \geq 0,85V_{Iy}$$

$$369303.16 \geq 0,85 \times 31497.396$$

$$369303.16 \geq 26772,787 \text{ Kg}, \text{ Persyaratan terpenuhi.}$$

Tabel 4.2: Rekapitulasi gaya geser hasil respon spektrum dengan statik ekuivalen masing-masing arah.

V1 ELF		Vt CQC	
Arah x (Kgf)	Arah y (Kgf)	Arah x (Kgf)	Arah y (Kgf)
31497.396	31497.396	369668.28	369303.16

Dari data tersebut diperoleh bahwa gaya geser dasar akibat analisa respon spektrum lebih besar daripada analisa base shear dengan statik ekuivalen.

### 4.3. Nilai Simpangan Gedung

Simpangan antar lantai merupakan selisih nilai defleksi pada pusat massa gedung antara lantai teratas dan lantai dibawahnya. Berdasarkan SNI 1726-2012, simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit.

Simpangan antar lantai desain ( $\Delta_i$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin ( $\Delta_a$ ) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.3 yang menunjukkan hasil nilai perpindahan dan simpangan antar lantai pada setiap lantai.

Tabel 4.3: Simpangan maksimum pada arah x struktur.

No	Lantai ke-	h (mm)	Perpindahan elastis ( $\delta_e$ )	Perpindahan diperbesar ( $\delta_i$ )	Simpangan antar tingkat, ( $\Delta_i$ )	Simpangan maksimum, ( $\Delta_a = 0,020h$ )	Periksa, $\Delta_i < \Delta_a$
			mm	mm	mm	mm	
1	15	4000	131.788	724.832	11.690	80	Ok
2	14	4000	129.662	713.142	18.481	80	Ok
3	13	4000	126.302	694.661	25.664	80	Ok
4	12	4000	121.636	668.997	32.395	80	Ok
5	11	4000	115.746	636.602	38.571	80	Ok
6	10	4000	108.733	598.031	44.249	80	Ok
7	9	4000	100.688	553.782	49.562	80	Ok
8	8	4000	91.676	504.219	54.646	80	Ok
9	7	4000	81.741	449.573	59.570	80	Ok
10	6	4000	70.910	390.003	64.275	80	Ok
11	5	4000	59.223	325.728	68.517	80	Ok
12	4	4000	46.766	257.211	71.663	80	Ok
13	3	4000	33.736	185.548	72.147	80	Ok
14	2	4000	20.618	113.401	66.292	80	Ok
15	1	5000	8.565	47.109	47.109	100	Ok

Nilai simpangan yang diperbesar di dapat berdasarkan rumus :

$$\delta_i = \frac{\delta_e x Cd}{I_e}$$

Keterangan :

$\delta_e$  = Simpangan antar tingkat

$Cd$  = Faktor pembesaran defleksi ( $Cd=5,5$ )

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa ( $I = 1,0$ )

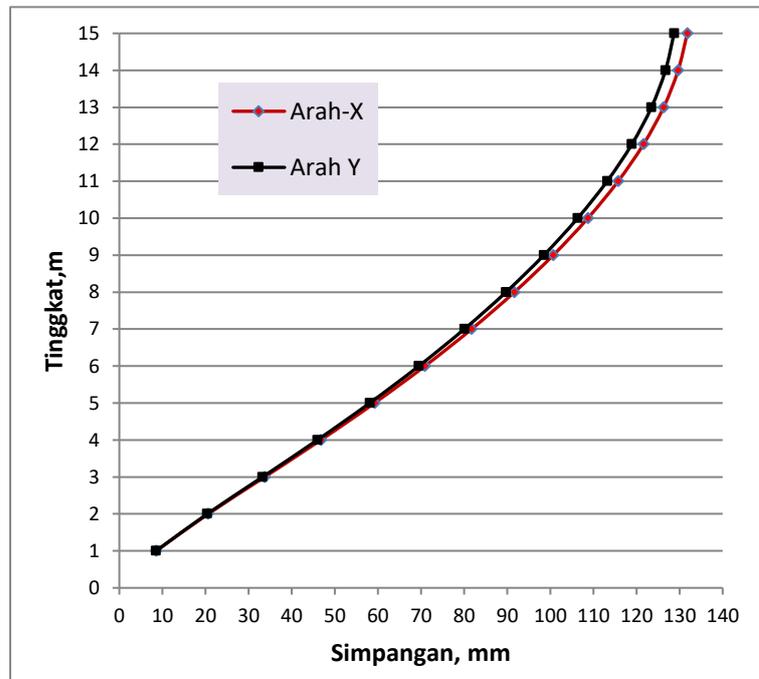
Dari hasil perhitungan tersebut, simpangan antar tingkat maksimum adalah 100 mm dan 80 mm untuk ketinggian 4 m, sehingga simpangan struktur pada arah x terpenuhi dan sesuai dengan batas simpangan maksimum.

Simpangan pada arah y mendekati dengan simpangan pada arah x, hal ini disebabkan oleh bentuk bangunan yang simetris yang kekuatan dan kekakuan hampir sama di setiap arah walaupun ada perbedaan sedikit dalam hal kekakuan. Simpangan arah y dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4: Simpangan maksimum pada arah y struktur.

No	Lantai ke-	h,	Perpindahan elastis ( $\delta_e$ )	Perpindahan diperbesar ( $\delta_i$ )	Simpangan antar tingkat, ( $\Delta_i$ )	Simpangan maksimum, ( $\Delta_a = 0,020h$ )	Periksa, $\Delta_i < \Delta_a$
		mm	mm	mm	mm	mm	
1	15	4000	128.727	708.000	11.004	80	Ok
2	14	4000	126.726	696.995	17.867	80	Ok
3	13	4000	123.478	679.128	24.974	80	Ok
4	12	4000	118.937	654.154	31.573	80	Ok
5	11	4000	113.197	622.581	37.604	80	Ok
6	10	4000	106.359	584.977	43.135	80	Ok
7	9	4000	98.517	541.841	48.306	80	Ok
8	8	4000	89.734	493.536	53.254	80	Ok
9	7	4000	80.051	440.281	58.055	80	Ok
10	6	4000	69.496	382.226	62.659	80	Ok
11	5	4000	58.103	319.568	66.836	80	Ok
12	4	4000	45.951	252.732	69.995	80	Ok
13	3	4000	33.225	182.736	70.648	80	Ok
14	2	4000	20.380	112.089	65.242	80	Ok
15	1	5000	8.518	46.847	46.847	100	Ok

Berikut ini disajikan pada Gambar 4.1 yang menunjukkan grafik simpangan terhadap ketinggian gedung pada arah-x dan arah-y.



Gambar 4.1: Diagram simpangan maksimum terhadap ketinggian gedung.

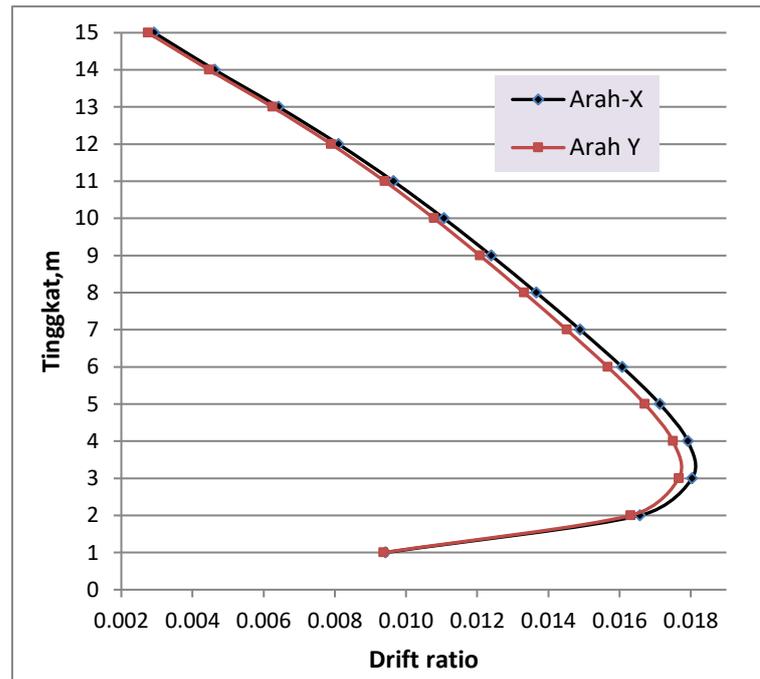
Dari Gambar 4.1, menunjukkan trend grafik simpangan antar lantai yang diambil dari nilai simpangan maksimum masing-masing gempa arah sumbu x dan y gedung memiliki kesamaan yang disebabkan oleh bentuk tipikal gedung yang simetris dan dimensi penampang struktur kolom dan balok yang digunakan memiliki kesamaan dari semua sisi horizontal gedung.

Nilai rasio simpangan antar lantai (*Drift rasio*) yang diambil dari nilai maksimum akibat gempa arah sumbu x dan y gedung disajikan dalam Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5: Rasio simpangan antar tingkat (*Drift ratio*).

No	Lantai ke-	h (mm)	Simpangan antar tingkat, $\Delta i$ (mm)		Rasio Simpangan antar tingkat, <i>Storey drift</i> ( $\Delta i/h_i$ )	
			Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y
1	15	4000	11.690	11.004	0.003	0.003
2	14	4000	18.481	17.867	0.005	0.004
3	13	4000	25.664	24.974	0.006	0.006
4	12	4000	32.395	31.573	0.008	0.008
5	11	4000	38.571	37.604	0.010	0.009
6	10	4000	44.249	43.135	0.011	0.011
7	9	4000	49.562	48.306	0.012	0.012
8	8	4000	54.646	53.254	0.014	0.013
9	7	4000	59.570	58.055	0.015	0.015
10	6	4000	64.275	62.659	0.016	0.016
11	5	4000	68.517	66.836	0.017	0.017
12	4	4000	71.663	69.995	0.018	0.017
13	3	4000	72.147	70.648	0.018	0.018
14	2	4000	66.292	65.242	0.017	0.016
15	1	5000	47.109	46.847	0.009	0.009

Nilai-nilai rasio simpangan antar tingkat tersebut menunjukkan nilai yang cukup stabil sehingga perpindahan di setiap ketinggian tidak terlalu signifikan terhadap ketinggian berikutnya. Berikut ini disajikan grafik rasio simpangan antar lantai terhadap ketinggian gedung berdasarkan SNI 1726-2012 pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Diagram rasio simpangan antar tingkat akibat gaya lateral.

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa tren grafik disetiap lantai cenderung stabil dan tidak ada perubahan simpangan yang terlalu besar. Hal ini dapat dikaitkan dengan tipe struktur yang simetris dan memiliki kekakuan yang tidak berbeda jauh disetiap lantai.

Perbedaan trend grafik menunjukkan selisih yang begitu besar hanya dibagian lantai 1 sampai lantai 4 karena adanya perbedaan ketinggian kolom yang membuat simpangan dengan selisih yang cukup besar.

#### 4.4. Kekakuan Tingkat

Kekakuan tingkat diperhitungkan agar pada bangunan yang direncanakan tidak mengalami *Soft storey* pada lantai tertentu.

Kekakuan tingkat dibagi menjadi dua, yaitu kekakuan tingkat akibat satu lantai di atasnya dan kekakuan tingkat akibat rata-rata kekakuan tiga tingkat di atasnya.

Adapun perhitungan kekakuan tingkat satu lantai di atasnya untuk arah-x dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.6: Distribusi kekakuan satu tingkat pada arah x struktur.

No	Lantai ke-	Gaya geser, V (kN)	Simpangan, $\Delta$ (mm)	Selisih simpangan	Kekakuan, $K_i = V/\Delta$	Rasio, $R_{K_i/K_{(i+1)}}$	70% $K_{(i+1)}$	$R_i > 70\% K_{(i+1)}$
1	15	1	2.851	0.047	21.486	-	-	-
2	14	1	2.804	0.058	17.291	80.477	56.334	Ok
3	13	1	2.747	0.082	12.196	70.535	56.334	Ok
4	12	1	2.665	0.107	9.354	76.693	49.374	Ok
5	11	1	2.558	0.132	7.568	80.909	53.685	Ok
6	10	1	2.426	0.157	6.352	83.928	56.636	Ok
7	9	1	2.268	0.183	5.473	86.166	58.750	Ok
8	8	1	2.085	0.208	4.810	87.893	60.316	Ok
9	7	1	1.878	0.233	4.295	89.295	61.525	Ok
10	6	1	1.645	0.257	3.889	90.539	62.507	Ok
11	5	1	1.388	0.280	3.572	91.840	63.377	Ok
12	4	1	1.108	0.299	3.345	93.645	64.288	Ok
13	3	1	0.809	0.308	3.249	97.135	65.552	Ok
14	2	1	0.501	0.290	3.449	106.156	67.994	Ok
15	1	1	0.211	0.211	4.741	137.452	74.309	OK

Kekakuan tingkat pada arah y tidak berbeda jauh dengan kekakuan tingkat arah x, dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Distribusi kekakuan satu tingkat pada arah y struktur.

No	Lantai ke-	Gaya geser, V (kN)	Simpangan, $\Delta$ (mm)	Selisih simpangan	Kekakuan, $K_i = V/\Delta$	Rasio, $R_{K_i/K_{(i+1)}}$	70% $K_{(i+1)}$	$R_i > 70\% K_{(i+1)}$
1	15	1	2.713	0.034	29.652	-	-	-
2	14	1	2.679	0.055	18.285	61.666	43.166	Ok
3	13	1	2.624	0.078	12.826	70.143	43.166	Ok
4	12	1	2.546	0.102	9.825	76.603	49.100	Ok
5	11	1	2.445	0.126	7.948	80.898	53.622	Ok
6	10	1	2.319	0.150	6.672	83.939	56.629	Ok
7	9	1	2.169	0.174	5.749	86.178	58.758	Ok
8	8	1	1.995	0.198	5.054	87.900	60.324	Ok
9	7	1	1.797	0.222	4.513	89.293	61.530	Ok
10	6	1	1.575	0.245	4.085	90.517	62.505	Ok
11	5	1	1.331	0.267	3.749	91.780	63.362	Ok
12	4	1	1.064	0.285	3.506	93.509	64.246	Ok
13	3	1	0.779	0.295	3.395	96.856	65.456	Ok
14	2	1	0.484	0.279	3.585	105.573	67.799	Ok
15	1	1	0.205	0.205	4.874	135.975	73.901	Ok

Dari tabel 4.5 dan 4.6 dapat diketahui bahwa tidak terdapat ketidak beraturan kekakuan tingkat lunak (*soft storey*) pada arah x dan y. Kekakuan tingkat ke-1 telah memenuhi syarat minimum yaitu 70% dari kekuatan tingkat ke-2 di atasnya.

Soft storey juga agar tidak terjadi akibat 3 tingkat di atasnya harus memenuhi syarat ke-2 yaitu kekakuan tingkat ke-1 harus lebih besar sebesar 80% dari rata-rata kekakuan 3 tingkat di atasnya.

Perhitungan kekakuan dan persentase kekakuan tingkat dalam kasus ini dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Distribusi kekakuan tingkat tiga lantai di atasnya arah x.

No	Lantai ke-	Gaya geser, V (kN)	Simpangan, $\Delta$ (mm)	Selisih simpangan	Kekakuan, $K_i = V/\Delta$	Rasio, $R_{K_i/K_{(i+3)}}$	80% $K_{(i+3)}$	$R_i > 80\% K_{(i+3)}$
1	15	1	2.851	0.047	21.486			
2	14	1	2.804	0.058	17.291			
3	13	1	2.747	0.082	12.196			
4	12	1	2.665	0.107	9.354	55.050	0.000	Ok
5	11	1	2.558	0.132	7.568	58.453	44.040	Ok
6	10	1	2.426	0.157	6.352	65.441	46.763	Ok
7	9	1	2.268	0.183	5.473	70.548	52.353	Ok
8	8	1	2.085	0.208	4.810	74.415	56.439	Ok
9	7	1	1.878	0.233	4.295	77.465	59.532	Ok
10	6	1	1.645	0.257	3.889	80.028	61.972	Ok
11	5	1	1.388	0.280	3.572	82.457	64.023	Ok
12	4	1	1.108	0.299	3.345	85.352	65.966	Ok
13	3	1	0.809	0.308	3.249	90.201	68.282	Ok
14	2	1	0.501	0.290	3.449	101.784	72.161	Ok
15	1	1	0.211	0.211	4.741	141.615	81.427	Ok
16	Base	1	0.000					

Dari tabel tersebut terlihat bahwa Kekakuan tiga tingkat di atasnya pada arah x telah memenuhi kekakuan tingkat sehingga tidak terjadi soft storey yang bisa menimbulkan kerusakan pada bangunan akibat gaya lateral yang berlebih.

Kekakuan tiga tingkat di atasnya pada arah y juga tidak terlalu jauh berbeda daripada arah x, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Distribusi kekakuan tingkat tiga lantai di atasnya arah y.

No	Lantai ke-	Gaya geser, V (kN)	Simpangan, Δ (mm)	Selisih simpangan	Kekakuan, $K_i = V/\Delta$	Rasio, $R_{K_i/K_{(i+3)}}$	80% $K_{(i+3)}$	Ri > 80% $K_{(i+3)}$
1	15	1	2.713	0.034	29.652			
2	14	1	2.679	0.055	18.285			
3	13	1	2.624	0.078	12.826			
4	12	1	2.546	0.102	9.825	48.508	0.000	Ok
5	11	1	2.445	0.126	7.948	58.249	38.806	Ok
6	10	1	2.319	0.150	6.672	65.411	46.599	Ok
7	9	1	2.169	0.174	5.749	70.561	52.329	Ok
8	8	1	1.995	0.198	5.054	74.432	56.449	Ok
9	7	1	1.797	0.222	4.513	77.471	59.546	Ok
10	6	1	1.575	0.245	4.085	80.009	61.977	Ok
11	5	1	1.331	0.267	3.749	82.388	64.007	Ok
12	4	1	1.064	0.285	3.506	85.181	65.910	Ok
13	3	1	0.779	0.295	3.395	89.830	68.145	Ok
14	2	1	0.484	0.279	3.585	100.975	71.864	Ok
15	1	1	0.205	0.205	4.874	139.453	80.780	Ok
16	Base	1	0.000					

Dari perhitungan tersebut dapat diperoleh bahwa *Soft storey* juga tidak terjadi akibat 3 tingkat di atasnya yaitu kekakuan tingkat ke-1 dari rata-rata kekakuan 3 tingkat di atasnya lebih dari 80%.

#### 4.5. Perencanaan Struktur Kolom CFT

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1 elemen kolom A1, dengan mengacu pada SNI 1729-2015. Direncanakan menggunakan Komposit CFT dengan profil HSS 500×500×25×25 dan panjang kolom diasumsikan 500 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d &= 500 \text{ mm} & I_x &= 3141291015.1 \text{ mm}^4 \\
 b_f &= 500 \text{ mm} & I_y &= 3141291015.1 \text{ mm}^4 \\
 t_w &= 25 \text{ mm} & i_x &= 189.7 \text{ mm} \\
 t_f &= 25 \text{ mm} & i_y &= 189.7 \text{ mm} \\
 A_s &= 47500 \text{ mm}^2 & S_x &= 11422876.4 \text{ mm}^3 \\
 A_c &= 250000 \text{ mm}^2 & Z_x &= 14688371.1 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Dari analisa struktur didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut.

$$P_u = 7647,825 \text{ KN}$$

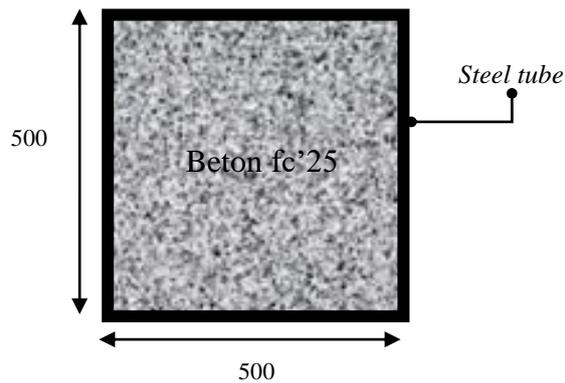
$$M_u = 614,02 \text{ KN.m}$$

$$V_u = 137,9 \text{ KN}$$

Bahan:

Baja B<sub>j</sub> 41, dengan  $F_y = 250 \text{ MPa}$  dan  $F_u = 410 \text{ MPa}$

Beton  $f_c' = 25 \text{ MPa}$



Gambar 4.3: Penampakan komposit CFT dengan profil HSS 500×500×25×25.

1. Kontrol terhadap efek tekuk lokal pada kolom CFT

a. Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$A_s = 47500 \text{ mm}^2 > 1\% \text{ luas total penampang melintang komposit CFT}$$

$$A_s = 47500 \text{ mm}^2 > 0.01 \cdot 302500 = 3025 \text{ mm}^2 \quad (OK)$$

b. Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$\begin{aligned} t_{\min} &= b \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot E}} \\ &= 500 \cdot \sqrt{\frac{250}{3 \cdot 200000}} \\ &= 10,4 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \end{aligned} \quad (OK)$$

c. Kontrol kuat tekannominal kolom komposit

❖ Rasio lebar terhadap ketebalan

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{bf}{tf} \\ &= \frac{500}{25} \end{aligned}$$

$$= 20$$

❖ Parameter batas rasio lebar terhadap ketebalan

$$\begin{aligned}\lambda_p &= 2.26 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 2.26 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 64\end{aligned}$$

Dikarenakan  $\lambda < \lambda_p = 20 < 64$ , maka penampang dinyatakan kompak

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_{no} = P_p$$

$$\begin{aligned}P_p &= f_y \cdot A_s + C_2 \cdot f_c \left( A_c \cdot \frac{E_s}{E_c} \right) \\ &= 250 \cdot 47500 + 0.85 \cdot 35 \left( 250000 \cdot \frac{200000}{27805.6} \right) \\ &= 53544167,99 \text{ N} \\ &= 53544,17 \text{ KN}\end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi P_{no} \geq P_u$$

$$0.75 \cdot 53544,17 = 40158,13 \text{ KN}$$

$$40158,13 \text{ KN} > 7647,825 \text{ KN}$$

**(OK)**

d. Kontrol kuat lentur nominal kolom komposit

❖ Rasio lebar terhadap ketebalan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{hf}{tf} \\ &= \frac{450}{25} \\ &= 18\end{aligned}$$

❖ Parameter batas rasio lebar terhadap ketebalan

$$\begin{aligned}\lambda_p &= 3.00 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 3.00 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 84.85\end{aligned}$$

Dikarenakan  $\lambda < \lambda_p = 18 < 84.85$ , maka penampang dinyatakan kompak

karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 250 \cdot 14688371.1 \\ &= 3672092.78 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$= 3672.09 \text{ KN.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot Mn \geq Mu$$

$$0.9 \cdot 3672.09 = 614,02 \text{ KN.m}$$

$$3304.88 \text{ KN.m} > 614,02 \text{ KN.m} \quad (\text{OK})$$

2. Kontrol terhadap tegangan gesernominal

$$Vn = 0.6 \cdot Fy \cdot Aw \cdot Cv$$

Dimana:

$$\frac{h}{tw} = \frac{500}{25} = 20 \leq 1.10 \sqrt{\frac{KvE}{Fy}} = 1.10 \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{250}} = 69.57 \quad (\text{OK})$$

maka  $Cv = 1.0$

$$Aw = 2 \cdot hf \cdot tf = 2 \cdot 500 \cdot 25 = 25000 \text{ mm}^2$$

Tegangannominal geser

$$Vn = 0.6 \cdot Fy \cdot Aw \cdot Cv$$

$$= 0.6 \cdot 250 \cdot 25000 \cdot 1.0$$

$$= 3750000 \text{ N}$$

$$= 3750 \text{ KN}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot Vn \geq Vu$$

$$0.75 \cdot 3750 = 263.69 \text{ KN}$$

$$2812,5 \text{ KN} > 137,9 \text{ KN} \quad (\text{OK})$$

3. Pengaruh P-delta pada kolom

Pengaruh P-delta pada gaya geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan dalam perhitungan dikarenakan *stability ratio* lebih kecil dari 0,1.

#### 4.6. Perencanaan Sambungan *End-plate* Balok Utama dengan Kolom

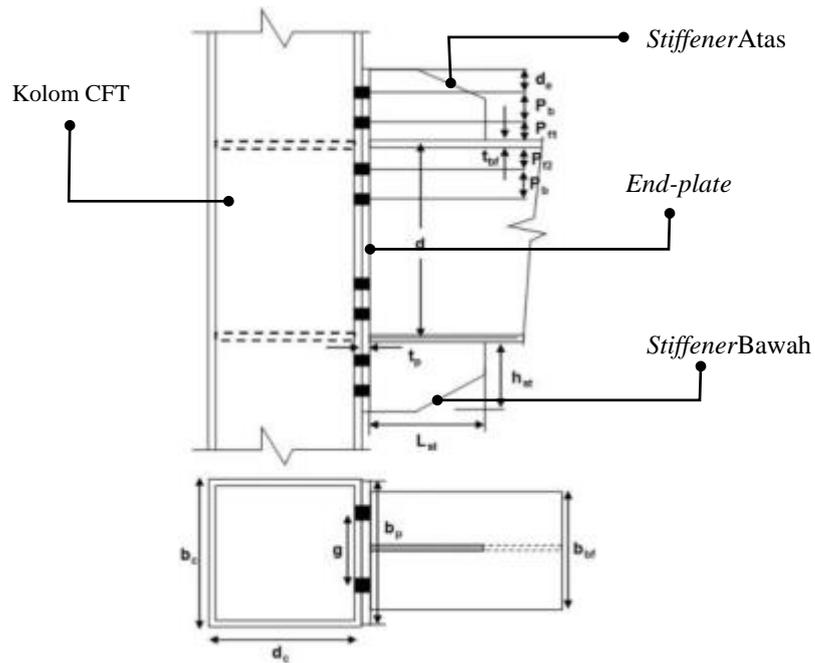
Sambungan balok utama dengan kolom direncanakan dengan sambungan tipe *End-plate connection* berdasarkan standar AISC 358-2010. Pada perencanaan sambungan akan menghubungkan balok utama WF 500×200×10×16 dengan  $Zx = 2096000 \text{ mm}^3$  ke kolom komposit CFT dengan profil HSS 500×500×25×25.

1. Menentukan data-data geometri profil *End-plate*

Direncanakan digunakan baja *End-plate* dengan mutu baja  $F_{yp} = 240$  MPa dan  $F_{up} = 370$  MPa dan baut ASTM A490 dengan mutu  $F_{nt} = 780$  MPa dan  $F_{nv} = 579$  MPa. Berdasarkan acuan ANSI 385-05 yang telah dijelaskan pada sub bab 2.6.2, direncanakan sambungan *End-plate* dengan konfigurasi sambungan tipe 8ES yang sesuai dengan syarat batas yang disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Prekualifikasi parameter batas geometri sambungan *End-plate*.

Parameter	8ES			
	Maks	Desain	Min	Cek
$t_p$	63.5	25	19.1	OK
$b_p$	381	230	228.6	OK
$g$	152.4	130	127	OK
$P_{f1}, P_{f2}$	50.8	50	44.45	OK
$P_b$	95.25	90	88.9	OK
$d$	914.4	500	469.9	OK
$t_{bf}$	25.4	16	15.1	OK
$b_{bf}$	311.2	200	196.9	OK



Gambar 4.4: Penampakan sambungan *End-plate* dengan tipe 8ES.

## 2. Menentukan jarak pasang lubang baut

Untuk menentukan jarak vertikal lubang baut harus berdasarkan data-data perencanaan geometri sambungan Tabel 4.7 yaitu didapat:

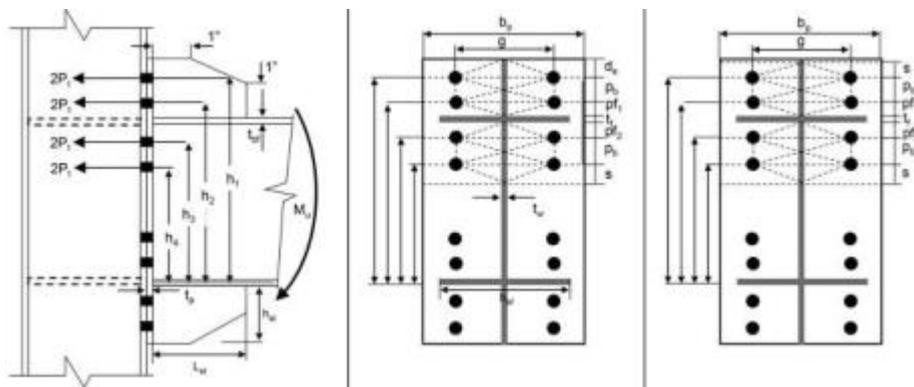
$$h_1 = d + P_{f1} + P_b = 500 + 50 + 90 = 640 \text{ mm}$$

$$h_2 = d + P_{f1} = 500 + 50 = 550 \text{ mm}$$

$$h_3 = d - P_{f2} = 500 - 50 = 450 \text{ mm}$$

$$h_4 = d - (P_{f2} + P_b) = 500 - (50 + 90) = 360 \text{ mm}$$

penggambaran detail jarak vertikal lubang baut dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5: Detail jarak lubang baut sambungan *End-plate* dengan tipe 8ES.

### 3. Menentukan momen lentur dimuka pelat

$$M_{pr} = C_{pr} \cdot R_y \cdot F_y \cdot Z_x$$

Dimana,

$$C_{pr} = \frac{F_{yp} + F_{up}}{2F_{yp}} = \frac{240 + 370}{2 \cdot 240} = 1.2$$

Sehingga didapat momen lentur dimuka pelat:

$$\begin{aligned} M_{pr} &= C_{pr} \cdot R_y \cdot F_y \cdot Z_x \\ &= 1.2 \cdot 1.1 \cdot 240 \cdot 2096000 \\ &= 664012800 \text{ Nmm} \\ &= 664 \text{ KNm} \end{aligned}$$

### 4. Menentukan diameter baut perlu

$$\begin{aligned} d_b &= \sqrt{\frac{2M_{pr}}{\pi \phi F_{nt} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}} \\ &= \sqrt{\frac{2(664012800)}{3.14 \cdot 0.9 \cdot 780 \cdot (640 + 550 + 450 + 360)}} \\ &= 17.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil  $d_b$ , perlu = 22 mm

### 5. Kontrol terhadap efek *Prying* akibat kuat Tarik baut.

- Kuat tarik baut

$$\begin{aligned} P_t &= A_b \cdot F_{nt} \\ &= (3.14 \cdot 11^2) \cdot 780 \\ &= 296353.2 \text{ N} \\ &= 296.4 \text{ KN} \end{aligned}$$

- Momen nominal efek *prying*

$$\begin{aligned} M_n &= 2 \cdot P_t \cdot (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \\ &= 2 \cdot 296.4 \cdot (640 + 550 + 450 + 360) \\ &= 1185600 \text{ KNmm} \\ &= 1185.6 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &\geq M_{pr} \\ 0.75 \cdot 1185.6 &\geq 664 \text{ KNm} \\ 889.2 \text{ KNm} &> 664 \text{ KNm} \end{aligned}$$

**(AMAN)**

Dinyatakan baut mampu menahan gaya Tarik sehingga aman terhadap efek *praying* pada sambungan.

6. Menghitung tebal *end-plate* minimum

$$t_{p, req} = \sqrt{\frac{1.11 M_{pr}}{\phi_b F_{yp} Y_p}}$$

- Parameter jarak dasar, S

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} \sqrt{b_p \cdot g} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{230 \cdot 130} \\ &= 86 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan sub bab 2.6.2 poin 5, apabila  $d_e = 90 \text{ mm} > S = 86$ , maka persamaan yang dipakai untuk sambungan tipe 8ES adalah:

$$\begin{aligned} Y_p &= \frac{b_p}{2} \left[ h1 \left( \frac{1}{2d_e} \right) + h2 \left( \frac{1}{pf_1} \right) + h3 \left( \frac{1}{pf_2} \right) + h4 \left( \frac{1}{s} \right) \right] \\ &+ \frac{2}{g} \left[ h1 \left( s + \frac{p_b}{4} \right) + h2 \left( pf_1 + \frac{3p_b}{4} \right) + h3 \left( pf_2 + \frac{p_b}{4} \right) + h4 \left( s + \frac{3p_b}{4} \right) + p_b^2 \right] + g \\ &= \frac{230}{2} \left[ 640 \left( \frac{1}{2 \cdot 90} \right) + 550 \left( \frac{1}{50} \right) + 450 \left( \frac{1}{50} \right) + 360 \left( \frac{1}{86} \right) \right] + \frac{2}{130} \left[ 640 \left( 86 + \frac{90}{4} \right) + \right. \\ &550 \left( 50 + \frac{3 \cdot 90}{4} \right) + 450 \left( 50 + \frac{90}{4} \right) + 360 \left( 86 + \frac{3 \cdot 90}{4} \right) + 90^2 \left. \right] + \\ &130 = 14835 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga, didapat tebal pelat minimum

$$\begin{aligned} t_{p, req} &= \sqrt{\frac{1.11 M_{pr}}{\phi_b F_{yp} Y_p}} \\ &= \sqrt{\frac{1.11 \cdot (664012800)}{1.0 \cdot 240 \cdot 14835}} \\ &= 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil  $t_{p, minimum} = 14 \text{ mm} < t_{p, rencana} = 25 \text{ mm}$

**(OK)**

7. Kontrol terhadap efek *Prying* akibat geser pada pelat sambungan.

$$\begin{aligned} \phi R_{n, shear} &= \phi_n \cdot 0.6 \cdot F_{yp} \cdot b_p \cdot t_p \\ &= 0.9 \cdot 0.6 \cdot 240 \cdot 230 \cdot 25 \\ &= 745200 \text{ N} \\ &= 745 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \left[ b_p - 2 \left( d_b + \frac{1}{16} \right) \right] t_p \\
 &= \left[ 230 - 2 \left( 22 + \frac{1}{16} \right) \right] 25 \\
 &= 4647 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{n,\text{shear}} &= \phi_n 0.6 F_{up} \cdot A_n \\
 &= 0.9 \cdot 0.6 \cdot 370 \cdot 4647 \\
 &= 928445.6 \text{ N} \\
 &= 928.4 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{fu} &= \frac{M_{pr}}{d - t_{bf}} \\
 &= \frac{664012800}{500 - 16} \\
 &= 1371927.3 \text{ N} \\
 &= 1372 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{F_{fu}}{2} &= \frac{1372}{2} \\
 &= 686 \text{ KN} < \phi R_{n,\text{shear}}
 \end{aligned}$$

(AMAN)

Maka pelat dinyatakan aman terhadap efek *Prying* akibat gaya geser yang terjadi pada *End-plate*.

#### 8. Menentukan ketebalan pelat *stiffener*

Direncanakan mutu *stiffener* sama dengan mutu *End-plate*

$$\begin{aligned}
 t_s &= t_{bw} \left( \frac{F_{yb}}{F_{ys}} \right) \\
 &= 10 \cdot \left( \frac{250}{240} \right) \\
 &= 10.4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat tebal *stiffener* untuk bagian atas dan bawah sambungan sebesar,  $t_s = 15 \text{ mm}$ .

#### 9. Menentukan panjang *stiffener*

$$\begin{aligned}
 h_{st} &= (d_e + p_b + p_{f1} + t_{bf} + p_{f2}) - (p_{f2} + t_{bf2}) \\
 &= (50 + 90 + 50 + 16 + 50) - (50 + 16) \\
 &= 190 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{st} &= \frac{h_{st}}{\tan 30^\circ} \\
 &= \frac{190}{\tan 30^\circ} \\
 &= 329.10 \text{ mm} = 330 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka didapat panjang *Stiffener* adalah 330 mm.

10. Kontrol panjang *stiffener* terhadap tekuk

$$\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}}$$

$$\frac{190}{15} \leq 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$12.7 < 16.17$$

(AMAN)

Dikarenakan  $12.7 < 16.17$  , maka *stiffener* dinyatakan aman terhadap tekuk

## BAB 5

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan mengenai perencanaan kolom komposit CFT beserta sambungannya yang tahan terhadap gempa didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penampang dan material yang digunakan pada bangunan adalah:
  - a. Kolom CFT yang digunakan adalah profil baja penampang persegi berongga (*Steel tube*) HSS 500×500×25×25.
  - b. Balok induk/girder (lantai 1-15) menggunakan profil penampang baja *Wide Flange* (WF) 500×200×10×16
  - c. Balok anak (lantai 1-15) menggunakan profil penampang baja *Wide Flange* WF 350×175×7×11 dan WF 250×125×6×9.
  - d. Mutu material penyusun komposit

Jenis struktur kolom komposit baja dan beton dengan klasifikasi mutu masing-masing material sebagai berikut: Mutu baja (BJ) 41, dengan tegangan leleh  $F_y = 250$  MPa, tegangan ultimate  $F_u = 410$  MPa, serta modulus elastisitas 200000 Mpa dan mutu beton yang digunakan  $f'_c = 25$  Mpa

2. Sambungan balok-kolom

Sambungan yang dipakai yaitu jenis sambungan *End-plate* dengan konfigurasi yang dipilih yaitu tipe 8ES yang artinya menggunakan 8 buah baut sisi Tarik dan 8 buah baut sisi desak pada bagian plat sambungan dan ditambah pengaku lateral pada sisi atas dan bawah sambungan. Baut yang digunakan yaitu baut mutu tinggi A490 diameter 22 mm.

## **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian ini dapat dibuat saran untuk perbaikan dan kesempurnaan dari laporan ini. Penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada bangunan yang tidak beraturan untuk mengetahui kapasitas dari kolom CFT dan perilaku strukturnya.
2. Penelitian selanjutnya agar memperhitungkan pengaruh dari analisa non-linier seperti pushover untuk mengetahui kinerja bangunan dengan kolom CFT.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction (2005) *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications AISC/ANSI 358-2005*. Chicago: IL.
- Badan Standarisasi Nasional (2002) *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 1726-2012*.  
Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2012) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012*.  
Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2013) *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013*.  
Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2013) *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Lain SNI 2847-2013*.  
Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2015) *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729-2015*,  
Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Dewobroto, W. (2016) *Struktur Baja – Perilaku, Analisis&Desain – AISC 2010*  
Tangerang: Universitas Pelita Harapan.
- HU,J.W. (2016) *Smart Connection System Design and Analysis*, CRS PRESS.
- Kementrian Pekerjaan Umum.(1987) *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumahdan Gedung*.  
Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum..

## LAMPIRAN

### A.1. Perhitungan Beban Gravitasi Perlantai Gedung

Adapun beban mati dan beban hidup yang bekerja pada masing-masing lantai sebagai beban terbagi rata adalah sebagai berikut:

a. Beban Gravitasi pada pelat Lantai 1-14

➤ Beban Mati:

- Spesi Lantai Keramik (t = 2 cm)	=	53	kg/m <sup>2</sup>
- Penutup Lantai Keramik	=	24	kg/m <sup>2</sup>
- Plafon + Penggantung	=	18	kg/m <sup>2</sup>
- M & E	=	60	kg/m <sup>2</sup>
Total Beban Mati	=	<u>155</u>	kg/m <sup>2</sup>

➤ Beban Hidup:

- Beban Hidup Perkantoran	=	240	kg/m <sup>2</sup>
Total Beban Hidup	=	<u>240</u>	kg/m <sup>2</sup>

b. Beban Gravitasi pada Lantai 15 (Atap)

➤ Beban Mati:

- Plafon + penggantung	=	18	kg/m <sup>2</sup>
- M & E	=	60	kg/m <sup>2</sup>
Total beban mati	=	<u>78</u>	kg/m <sup>2</sup>

➤ Beban Hidup:

- Beban Hidup Perkantoran	=	100	kg/m <sup>2</sup>
Total Beban Hidup	=	100	kg/m <sup>2</sup>

c. Beban Dinding

Beban dinding disajikan sebagai beban terbagi rata yang ditumpu oleh balok-balok pada masing-masing lantai. Nilai berat dinding yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Data struktur: Bs. Dinding ½ bata = 250 kg/m<sup>2</sup>

Tinggi lantai 1 = 5.0 m

Tinggi lantai 2-15 = 4.0 m

➤ Berat dinding lantai 1 = ((1/2·Tinggi lantai 1) + (1/2·Tinggi lantai 2))·250  
= ((0.5·5) + (0.5·4)) ·250  
= 1350 kg/m

➤ Berat dinding lantai 2 = ((1/2·Tinggi lantai 2) + (1/2·Tinggi lantai 3))·250  
= ((0.5·4) + (0.5·4)) ·250  
= 1000 kg/m

➤ Berat dinding lantai 15 = (1/2·Tinggi lantai 15))·250  
= (0.5·4)·250  
= 500 kg/m

## A.2. Perhitungan Berat Total Tiap Lantai Gedung

Dari hasil *output* program analisis struktur didapatkan berat sendiri struktur yang direkapitulasi pada Tabel L.1.

Tabel L.1: Rekapitulasi berat sendiri struktur tiap lantai hasil *output* program analisis struktur.

**TABLE: Centers of Mass and Rigidity**

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	Weight X	Weight Y
		kg	kg	N	N
Story1	D1	54413.11	54413.11	533792.609	533792.609
Story2	D2	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story3	D3	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story4	D4	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story5	D5	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story6	D6	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story7	D7	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story8	D8	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story9	D9	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story10	D10	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story11	D11	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story12	D12	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story13	D13	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847

Story14	D14	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
Story15	D15	52358.7	52358.7	513638.847	513638.847
<b>Total</b>		<b>525641.41</b>	<b>525641.41</b>	<b>7724736.47</b>	<b>7724736.47</b>

a. Berat Lantai 1

Beban mati:

Spesi Lantai Keramik

- (t = 2 cm) =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 53 = 127253$  Kg/m
- Penutup lantai keramik =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 24 = 57624$  Kg/m
- Plafon + penggantung =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 18 = 43218$  Kg/m
- M & E =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 60 = 144060$  Kg/m
- Total beban mati = 372155 Kg/m

Beban Hidup:

Berat pelat lantai =  $240 \times 1225 = 294000$  Kg/m

Berat Struktur:

Berat Sendiri struktur = 54413.11 Kg/m

Berat Sendiri struktur = Beban mati + (beban Hidup x 0,3)  
+ berat sendiri struktur  
= 514768,11 Kg/m

b. Berat Lantai 2-14

Beban mati:

Spesi Lantai Keramik

- (t = 2 cm) =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 53 = 127253$  Kg/m
- Penutup lantai keramik =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 24 = 57624$  Kg/m
- Plafon + penggantung =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 18 = 43218$  Kg/m
- M & E =  $7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 60 = 144060$  Kg/m
- Total beban mati = 372155 Kg/m

Beban Hidup:

Berat pelat lantai =  $240 \times 1225 = 294000$  Kg/m

Berat Struktur:

Berat Sendiri struktur = 52358.7 Kg/m

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai} &= \text{Beban mati} + (\text{beban Hidup} \times 0,3) \\ &+ \text{berat sendiri struktur} \\ &= 512713,7 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai} &= \text{Beban mati} + (\text{beban Hidup} \times 0,3) \\ &+ \text{berat sendiri struktur} \\ &= 745184 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

c. Berat Lantai 15 (Roof)

Beban mati:

$$\begin{aligned} - \text{ Plafon + penggantung} &= 7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 18 = 43218 \text{ Kg/m} \\ - \text{ M \& E} &= 7 \times 7 \times 1 \times 49 \times 60 = 144060 \text{ Kg/m} \\ - \text{ Total beban mati} &= 187278 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup:

$$\text{Berat pelat lantai atap} = 100 \times 1225 = 122500 \text{ Kg/m}$$

Berat Struktur:

$$\text{Berat Sendiri struktur} = 52358,7 \text{ Kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai atap} &= \text{Beban mati} + (\text{beban Hidup} \times 0,3) \\ &+ \text{berat sendiri struktur} \\ &= 276358,7 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

### A.3. Perhitungan Tebal Pelat Lantai dan Pelat Atap

#### 1. Tebal Pelat Lantai

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3.(c), untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 2,0 maka ketebalan ditentukan dengan rumus berikut:

$$h_{min} = \frac{ln \cdot (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9 \beta} \qquad h_{maks} = \frac{ln \cdot (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36}$$

dimana :

$h$  = tebal pelat lantai (mm)

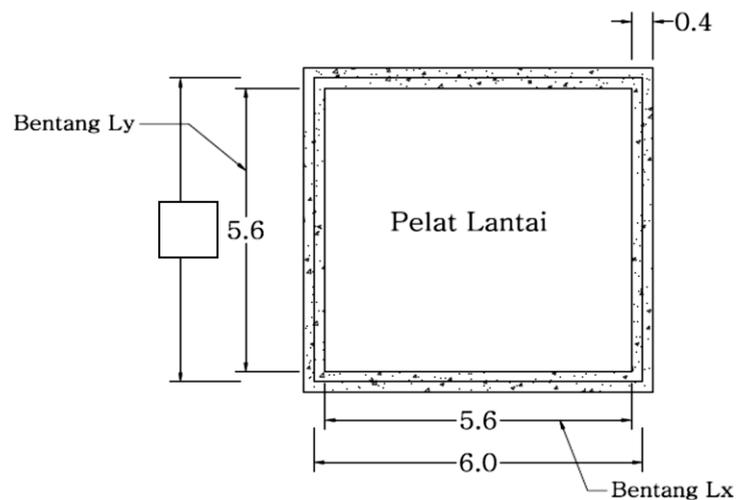
$fy$  = mutu baja tulangan (MPa)

$ln$  = panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan (mm)

$\beta$  = rasio dimensi panjang terhadap pendek sisi pelat lantai

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk semua balok pada tepi panel

Pelat yang direncanakan adalah pelat yang memiliki luasan terbesar. Pada pemodelan seluruh pelat memiliki dimensi yang sama yaitu 7 x 7 meter. Berikut gambar detail pelat yang digunakan pada pemodelan.



Gambar L.1: Dimensi pelat lantai (ukuran dalam satuan meter).

- Menentukan nilai rasio kekakuan lentur

$$\alpha_f = \frac{Ecb \times Ib}{Ecs \times Is}$$

dimana:

$\alpha_f$  = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat lantai

$E_{cb}$  = Modulus elastisitas beton pada balok (MPa)

$E_{cs}$  = Modulus elastisitas beton pada pelat (MPa)

$I_b$  = Momen inersia balok ( $\text{mm}^4$ )

$I_s$  = Momen inersia pelat ( $\text{mm}^4$ )

$$\alpha_f = \frac{35 \times 7,2 \times 10^9}{35 \times 1,7 \times 10^9}$$
$$= 4,235$$

Karena pelat memiliki dimensi panjang dan lebar yang sama sehingga  $\alpha_{fm}$  adalah sama dengan  $\alpha_f$  yaitu 4,235. Sehingga  $\alpha_{fm} > 2,0$ .

- Menghitung tebal pelat lantai

$$L_x = 7000 \text{ mm}$$

$$L_y = 7000 \text{ mm}$$

$$h_{min} = \frac{7000 \times (0,8 + \frac{390}{1400})}{36 + 9 \left( \frac{5600}{5600} \right)} = 134,222 \text{ mm}$$

$$h_{maks} = \frac{7000 \times (0,8 + \frac{390}{1400})}{36} = 167,778 \text{ mm}$$

Disebabkan pemasangan balok anak (*Second beam*), maka dipakai tebal pelat lantai 130 mm .

## 2. Tebal Pelat Atap

Tebal pelat atap dipakai sama dengan tebal pelat lantai yaitu 130 mm.

#### A.4. Gaya Geser Dasar dan Gaya Lateral Statik Ekuivalen

Gaya geser dasar yang digunakan untuk menghitung gaya lateral statik ekuivalen ditentukan berdasarkan SNI 1726-2012. Nilai gaya geser dasar metode statik ekuivalen masing-masing arah disajikan pada Tabel L.2 dan L.3 dibawah ini.

Tabel L.2: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen arah x.

Lantai	Tingkat ( $h_i$ ) (m)	Berat ( $w_i$ ) (kN)	$w_i h_i^k$	$C_{vx}$	$F_x$ (kN)	$V_x$ (kN)
Lt 15	61	513.639	3587217.8940	0.1870	57.1969	57.1969
Lt 14	57	513.639	3099820.0907	0.1616	49.4255	106.6225
Lt 13	53	513.639	2650323.1598	0.1381	42.2585	148.8809
Lt 12	49	513.639	2238306.7736	0.1167	35.6890	184.5699
Lt 11	45	513.639	1863322.7736	0.0971	29.7100	214.2800
Lt 10	41	513.639	1524890.8025	0.0795	24.3138	238.5938
Lt 9	37	513.639	1222492.7790	0.0637	19.4922	258.0860
Lt 8	33	513.639	955565.7563	0.0498	15.2362	273.3222
Lt 7	29	513.639	723492.4516	0.0377	11.5358	284.8580
Lt 6	25	513.639	525588.2801	0.0274	8.3803	293.2383
Lt 5	21	513.639	361082.8802	0.0188	5.7573	298.9957
Lt 4	17	513.639	229092.3814	0.0119	3.6528	302.6485
Lt 3	13	513.639	128574.7161	0.0067	2.0501	304.6985
Lt 2	9	513.639	58249.7662	0.0030	0.9288	305.6273
Lt 1	5	533.793	17075.2260	0.0009	0.2723	305.8996
<b>Total</b>		<b>7724.736</b>	<b>19185095.7313</b>	<b>1.0000</b>	<b>305.8996</b>	

Tabel L.3: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekivalen arah y.

Lantai	Tingkat ( $h_i$ ) (m)	Berat ( $w_i$ ) (kN)	$w_i h_i^k$	$C_{vy}$	$F_y$ (kN)	$V_y$ (kN)
Lt 15	61	513.6388	4148077.3899	0.1889	57.7738	57.7738
Lt 14	57	513.6388	3575894.6577	0.1628	49.8045	107.5783
Lt 13	53	513.6388	3049512.5866	0.1388	42.4731	150.0514
Lt 12	49	513.6388	2568306.8670	0.1169	35.7710	185.8224
Lt 11	45	513.6388	2131613.6330	0.0971	29.6888	215.5111
Lt 10	41	513.6388	1738723.3821	0.0792	24.2167	239.7278
Lt 9	37	513.6388	1388873.3061	0.0632	19.3440	259.0718
Lt 8	33	513.6388	1081237.4119	0.0492	15.0593	274.1311
Lt 7	29	513.6388	814913.4646	0.0371	11.3500	285.4811
Lt 6	25	513.6388	588905.1843	0.0268	8.2022	293.6833
Lt 5	21	513.6388	402096.9902	0.0183	5.6003	299.2836
Lt 4	17	513.6388	253216.2865	0.0115	3.5268	302.8104
Lt 3	13	513.6388	140773.0587	0.0064	1.9607	304.7710
Lt 2	9	513.6388	62952.7537	0.0029	0.8768	305.6478
Lt 1	5	533.7926	18074.5009	0.0008	0.2517	305.8996
<b>Total</b>		<b>7724.7365</b>	<b>21963171.4733</b>	<b>1.0000</b>	<b>305.8996</b>	

### A.5. Koreksi Faktor Redundansi

Untuk struktur yang dirancang dalam kategori desain seismik D, redundansi ( $\rho$ ) harus sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, dimana redundansi ( $\rho$ ) diijinkan diambil 1,0.

Salah satu kondisi untuk menentukan, yaitu masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar dalam arah yang ditinjau, maka redundansi ( $\rho$ ) diijinkan diambil 1,0. Apabila kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka redundansi ( $\rho$ ) 1,0 harus diganti dengan redundansi ( $\rho$ ) 1,3. Sebagaimana tertera pada Tabel L.4.

Tabel L.4: Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1.

Lantai	$V_x$ (kN)	$V_y$ kN	35 % $V_x$ Base Shear	35 % $V_y$ Base Shear	Kontrol	Kontrol
Lt 15	57.1969	57.7738	107.0648	107.0648	NOT OK	NOT OK
Lt 14	106.6225	107.5783	107.0648	107.0648	NOT OK	OK
Lt 13	148.8809	150.0514	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 12	184.5699	185.8224	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 11	214.2800	215.5111	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 10	238.5938	239.7278	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 9	258.0860	259.0718	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 8	273.3222	274.1311	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 7	284.8580	285.4811	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 6	293.2383	293.6833	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 5	298.9957	299.2836	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 4	302.6485	302.8104	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 3	304.6985	304.7710	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 2	305.6273	305.6478	107.0648	107.0648	OK	OK
Lt 1	305.8996	305.8996	107.0648	107.0648	OK	OK
<b><math>\Sigma</math>Base shear</b>	<b>3577.5180</b>	<b>3587.2443</b>	<b>1070.6485</b>	<b>1070.6485</b>		

Dari Tabel L.4, gaya geser pada lantai 14 sampai 15 dengan redundansi 1 tidak memenuhi syarat lebih besar dari 35 persen gaya geser dasar. Sehingga nilai faktor redundansi yang digunakan pada pemodelan struktur dengan menggunakan *software* analisis struktur adalah 1,3.

### A.6. Gaya Geser pada Setiap Lantai

Nilai gaya geser pada setiap lantai yang didapat dari pemodelan struktur dengan menggunakan program analisis struktur dapat dilihat pada Tabel L.5.

Tabel L.5: Nilai gaya geser pada setiap lantai.

<i>TABLE: Story Response</i>				
<i>Story</i>	<i>Elevation</i>	<i>Location</i>	<i>X-Dir</i>	<i>Y-Dir</i>
	m		KN	KN
15	61	Top	394.5904	118.3813
		Bottom	394.5904	118.3813
14	57	Top	791.9267	237.5864
		Bottom	791.9267	237.5864
13	53	Top	1147.828	344.3602
		Bottom	1147.828	344.3602
12	49	Top	1453.096	435.9431
		Bottom	1453.096	435.9431
11	45	Top	1705.907	511.7885
		Bottom	1705.907	511.7885
10	41	Top	1911.477	573.4606
		Bottom	1911.477	573.4606
9	37	Top	2079.929	623.9966
		Bottom	2079.929	623.9966
8	33	Top	2222.921	666.8946
		Bottom	2222.921	666.8946
7	29	Top	2350.238	705.0904
		Bottom	2350.238	705.0904
6	25	Top	2467.794	740.358
		Bottom	2467.794	740.358
5	21	Top	2579.453	773.8569
		Bottom	2579.453	773.8569
4	17	Top	2689.906	806.9945
		Bottom	2689.906	806.9945
3	13	Top	2689.906	806.9945
		Bott	2797.286	839.2098
2	9	Top	2797.286	839.2098
		Bottom	2901.66	870.5237
1	5	Top	2901.66	870.5237
		Bottom	3003.845	901.1806

### A.7. Simpangan Antar Lantai

Berikut ini adalah nilai perpindahan dan simpangan antar lantai untuk setiap arah gempa yang disajikan pada Tabel L.6 dan L.7 sebagai berikut.

Diketahui data-data:

Cd = Faktor pembesaran defleksi	=	5,5
Ie = Faktor keutamaan gedung	=	1
Tinggi Gedung (m)	=	61
R = Faktor reduksi gempa	=	8
$\rho$ = Redundansi	=	1,3

Tabel L.6: Nilai simpangan antar lantai akibat gempa x.

No	Lantai ke-	h (mm)	Perpindahan elastis ( $\delta_e$ )	Perpindahan diperbesar ( $\delta_i$ )	Simpangan antar tingkat, ( $\Delta_i$ )	Simpangan maksimum, ( $\Delta_a = 0,020h$ )	Periksa, $\Delta_i < \Delta_a$
			mm	mm	mm	mm	
1	15	4000	131.788	724.832	11.690	80	Ok
2	14	4000	129.662	713.142	18.481	80	Ok
3	13	4000	126.302	694.661	25.664	80	Ok
4	12	4000	121.636	668.997	32.395	80	Ok
5	11	4000	115.746	636.602	38.571	80	Ok
6	10	4000	108.733	598.031	44.249	80	Ok
7	9	4000	100.688	553.782	49.562	80	Ok
8	8	4000	91.676	504.219	54.646	80	Ok
9	7	4000	81.741	449.573	59.570	80	Ok
10	6	4000	70.910	390.003	64.275	80	Ok
11	5	4000	59.223	325.728	68.517	80	Ok
12	4	4000	46.766	257.211	71.663	80	Ok
13	3	4000	33.736	185.548	72.147	80	Ok
14	2	4000	20.618	113.401	66.292	80	Ok
15	1	5000	8.565	47.109	47.109	100	Ok

Tabel L.7: Nilai simpangan antar lantai akibat gempa y.

No	Lantai ke-	h,	Perpindahan elastis ( $\delta_e$ )	Perpindahan diperbesar ( $\delta_i$ )	Simpangan antar tingkat, ( $\Delta_i$ )	Simpangan maksimum, ( $\Delta_a = 0,020h$ )	Periksa, $\Delta_i < \Delta_a$
		mm	mm	mm	mm	mm	
1	15	4000	128.727	708.000	11.004	80	Ok
2	14	4000	126.726	696.995	17.867	80	Ok
3	13	4000	123.478	679.128	24.974	80	Ok
4	12	4000	118.937	654.154	31.573	80	Ok
5	11	4000	113.197	622.581	37.604	80	Ok
6	10	4000	106.359	584.977	43.135	80	Ok
7	9	4000	98.517	541.841	48.306	80	Ok
8	8	4000	89.734	493.536	53.254	80	Ok
9	7	4000	80.051	440.281	58.055	80	Ok
10	6	4000	69.496	382.226	62.659	80	Ok
11	5	4000	58.103	319.568	66.836	80	Ok
12	4	4000	45.951	252.732	69.995	80	Ok
13	3	4000	33.225	182.736	70.648	80	Ok
14	2	4000	20.380	112.089	65.242	80	Ok
15	1	5000	8.518	46.847	46.847	100	Ok

Dari Tabel L.6 dan L.7 menunjukkan nilai simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) pada masing masing arah gempa x dan y telah memenuhi syarat yaitu tidak melebihi simpangan antar lantai tingkat izin ( $\Delta_a$ )

### A.8. Pengaruh P-delta

Berdasarkan SNI 1726-2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai *stability ratio* lebih kecil dari 0,1. Kontrol pengaruh P-delta untuk arah x dan y disajikan pada Tabel L.8 dan L.9.

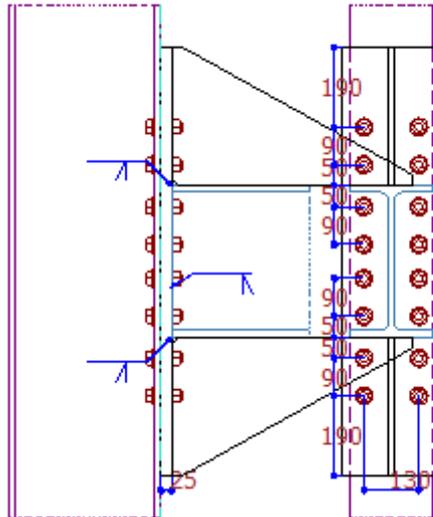
Tabel L.8: Kontrol kolom terhadap pengaruh P-delta arah x.

Tingkat	Tinggi (m)	Storey Drift (m)	Gaya Geser Seismik, $V_x$ (kN)	Beban Vertikal Total (kN)	Beban Vertikal Kumulatif (kN)	Stability Ratio ( $\theta_x$ )	Cek
15	61	0.003	298,881	2194,168	2194,168	0,000065	OKE
14	57	0.005	637,801	2701,325	4895,494	0,000087	OKE
13	53	0.006	949,075	2701,325	7596,819	0,000112	OKE
12	49	0.008	1234,078	2701,325	10298,144	0,000139	OKE
11	45	0.010	1494,165	2701,325	12999,470	0,000168	OKE
10	41	0.011	1730,668	2701,325	15700,795	0,000200	OKE
9	37	0.012	1944,896	2701,325	18402,121	0,000235	OKE
8	33	0.014	2138,137	2701,325	21103,446	0,000273	OKE
7	29	0.015	2311,653	2701,325	23804,772	0,000315	OKE
6	25	0.016	2466,685	2701,325	26506,097	0,000362	OKE
5	21	0.017	2609,181	2794,173	29300,270	0,000373	OKE
4	17	0.018	2739,541	2894,020	32194,290	0,000427	OKE
3	13	0.018	2853,918	2894,020	35088,310	0,000491	OKE
2	9	0.017	2953,529	2894,020	37982,331	0,000563	OKE
1	5	0.009	3039,563	2894,020	40876,351	0,000646	OKE

Tabel L.9: Kontrol kolom terhadap pengaruh P-delta arah y.

Tingkat	Tinggi (m)	Storey Drift (m)	Gaya Geser Seismik, $V_x$ (kN)	Beban Vertikal Total (kN)	Beban Vertikal Kumulatif (kN)	Stability Ratio ( $\theta_x$ )	Cek
15	61	0.003	298,881	2194,168	2194,168	0,000065	OKE
14	57	0.004	637,801	2701,325	4895,494	0,000087	OKE
13	53	0.006	949,075	2701,325	7596,819	0,000112	OKE
12	49	0.008	1234,078	2701,325	10298,144	0,000139	OKE
11	45	0.009	1494,165	2701,325	12999,470	0,000168	OKE
10	41	0.011	1730,668	2701,325	15700,795	0,000200	OKE
9	37	0.012	1944,896	2701,325	18402,121	0,000235	OKE
8	33	0.013	2138,137	2701,325	21103,446	0,000273	OKE
7	29	0.015	2311,653	2701,325	23804,772	0,000315	OKE
6	25	0.016	2466,685	2701,325	26506,097	0,000362	OKE
5	21	0.017	2609,181	2794,173	29300,270	0,000373	OKE
4	17	0.017	2739,541	2894,020	32194,290	0,000427	OKE
3	13	0.018	2853,918	2894,020	35088,310	0,000491	OKE
2	9	0.016	2953,529	2894,020	37982,331	0,000563	OKE
1	5	0.009	3039,563	2894,020	40876,351	0,000646	OKE

Berdasarkan Tabel L.8 dan L.9, menunjukkan bahwa efek P-delta dapat diabaikan karena syarat *stability ratio* ( $\theta_x$ ) harus lebih kecil dari 0,1 telah terpenuhi untuk masing-masing arah x dan y gedung.



**Gambar : HSS 500x500x25x25 modified S235 - HN500x200x10x16  
modified S235 End Baut 16 M20 (Diameter 22 ) cl.A490 End Plate 1021x230x25  
mm S235**

## 1. Umum

Sambungan ini dapat menanggung segala jenis gaya dan merupakan keadaan terkini ketika sambungan balok-kolom pada sumbu kolom utama harus mentransmisikan momen lentur yang konsisten. Standar: AISC LRFD Edisi ke-14.

1. Baut eccentric. kalk. metode: Elastis
2. Sumbu koneksi: Titik kontak Kolom-Plat
3. Kategori untuk geser: Jenis bantalan
4. Momen kalk. metode: Aisc, Sumbu Netral BUKAN melalui C. of Gravity # 26
5. Konfigurasi teratas: Diperpanjang 2 baris + pengaku
6. Konfigurasi bawah: Diperpanjang 2 baris + pengaku

Gaya aksial memodifikasi  $M_{maj}$

Deformasi inelastik diterima

Anggota Utama: HSS500X500X25X25

$d = 500$  mm

$b_f = 500$  mm

$t_f = 25$  mm

$t_w = 25$  mm

$k - b_f = 50$  mm

Bahan: S235

$$F_y = 235 \text{ N / mm}^2$$

$$F_u = 360 \text{ N / mm}^2$$

$$t \leq 16 \text{ mm}$$

$$b_1 = \infty \text{ mm}$$

Prim berkelanjutan. anggota

Reinf.web pl.t (s) = mm Kedua sisi

Tidak ada pemeriksaan kekuatan untuk anggota.

Anggota Sekunder: HN500X200X10X16

$$d_b = 361 \text{ mm}$$

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

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

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

$$k-b_f = 20 \text{ mm}$$

Bahan: S235

$$F_y = 235 \text{ N / mm}^2$$

$$F_u = 360 \text{ N / mm}^2$$

$$t \leq 16 \text{ mm}$$

$$\alpha (-20^\circ \leq \alpha \leq +20^\circ) = 0^\circ$$

Piring & baut

Ukuran baut: M20

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

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

Kelas: A490

$$F_{ub} = 1034 \text{ N / mm}^2$$

$$n_g = 1$$

Jenis koneksi: utas pada bidang geser

$$A_b = 251,2 \text{ mm}^2$$

Bahan pelat: S235

$$F_{yp} = 225 \text{ N / mm}^2$$

$$F_{u(atas)} = 360 \text{ N / mm}^2$$

$$t \leq 40 \text{ mm}$$

Bahan : Sama seperti anggota utama

Geometri

baut kolom\_ = 2

baris baut 2\_ = 2

total bolts\_ = 16

lempeng thk\_ = 25 mm

a1\_ = 50 mm

a4\_ = 50 mm

g\_ = 130 mm

s1\_ = 90 mm

s2\_ = 90 mm

s4\_ = 90 mm

a2\_ = 50 mm

a3\_ = 50 mm

depth\_ (pl.) = 1021 mm

width\_ (pl.) = 230 mm

a\_ (vert.pl.top) = 190 mm

a\_ (vert.pl.bottom) = 190 mm

baut gr.<sup>L</sup> ecc.\_ = 0 mm Jarak BoltGroupCenter dari Conn. Axis

baris baut 4\_ = 2

rib thk\_ = 15 mm

s5\_ = 90 mm

Pengelasan, Notch & Stiffeners

Dilas antara piring dan detik. anggota:

$F_ (EXX) = N / mm^2$

Lasan web: penetrasi lengkap

$l_ (web) = 289 mm$

Flange las: penetrasi lengkap

$l_ (total, mengarah) = 200 mm$

ecc.\_ (las web) = -25 mm Jarak las dari Conn. Axis

Pengaku

Flensa atas pelat kontinuitas

$t_ (p) = mm$

Flensa bawah pelat kontinuitas

$t_ (p) = mm$

Pengaku diagonal: Tidak ada

Pengaku antara: Sisi Col: Sisi balok:

Grup 2: Tidak Ada

Grup 4: Tidak Ada

Pelat Pendukung:

Atas: 0

Bawah: 0

SumUp

Baut geser: ok 0% (a)

Baut min. jarak: ok

Pl. bearing hor .: ok 0% (a)

Pl. bearing vert .: ok 0% (a)

Ketegangan baut: ok 0% (a)

Gabungan baut: ok 0% (a)

Comp. web compr .: ok 0% (a)

ok 0% (a)

Geser web Col: ok 0% (a)

Pengaku min.

Baut

$V_{-}(u, \text{hor, baut gr.}) = 0 \text{ kN}$   $V_{-}(u, \text{mnt})$

$V_{-}(u, \text{vert, baut gr.}) = 0 \text{ kN}$   $V_{-}(u, \text{maj}) \cos(\alpha) + P_{-}u \sin(\alpha)$

$M_{-}(u, \text{baut gr.}) = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $T_{-}u$

$M_{-}(u, \text{ecc}) = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $P_{-}(u, \text{vert, baut gr.}) \cdot \text{Baut gr.ecc.} + M_{-}(u, \text{baut gr.})$

$\beta_{-}(\text{Lf}) = 1 = 0,75 \leq 1 - (611 \text{ (mm)} - 15 \cdot 20 \text{ (mm)}) / (200 \cdot 20 \text{ (mm)})$

$\leq 1,1.0$

**# 20**

$\Phi R_{-}(n, 1 \text{ baut}) = 109,6 \text{ kN} = (0,75) \cdot 581,7 \text{ (N / mm}^2) \cdot 251,2 \text{ (mm}^2) \cdot 1, \Phi (= 0,75)$

$F_{-nv} A_{-b} n_{-}(\text{sh. pl.})$

$\Phi R_{-}(n, \text{baut gr.}) = 1754 \text{ kN}$  Baut eccentr.calc.method: Elastis # 26

$V_{-}(u, \text{baut gr.}) = 0 \text{ kN} = \sqrt{(0 \text{ (kN)})^2 + 0 \text{ (kN)}^2}, \sqrt{((V_{-}(u, \text{hor, baut gr.}))^2 + (V_{-}(u, \text{vert, baut gr.}))^2)}$

Geser baut: ok 0%  $V_{-}(u, \text{baut gr.}) / (\Phi R_{-}(n, \text{baut gr.}))$

Ketegangan:

$P_{-}(u, \text{baut gr.}) = 0 \text{ kN}$   $P_{-}u \cos(\alpha) - V_{-}(u, \text{maj}) \sin(\alpha)$

$M_{-}(u^{\perp}, \text{baut gr.}) = 0 \text{ kN} \cdot \text{m} = 0 \text{ (kN} \cdot \text{m)} + 0 \text{ (kN)} / 1 \cdot 0 \text{ (mm)}, M_{-}(u, \text{maj}) + V_{-}\text{maj} \cdot \text{baut gr.}^{\perp} \text{ecc.} + P_e$

$$\Phi P_{(n, 1 \text{ baut})} = 182,7 \text{ kN} = (0,75) * 1034 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 314 \text{ (mm}^2\text{)} * 0,75, \Phi (= 0,75)$$

$F_u A_b \text{ (J3-1)}$  # 20

$$\Phi P_{(n, \text{ baut gr.})} = 609,8 \text{ kN}$$

Momen kalk. Metode: Aisc, Sumbu Netral BUKAN melalui C.dari Gravitasi (termasuk cek cekungan) # 26

$$P_{(u, \text{ tot, baut gr.})} = 0 \text{ kN}$$

Momen kalk. Metoda: Aisc, Sumbu Netral BUKAN melalui C.dari Gravitasi (termasuk cek cekungan) # 26

$$\text{Ketegangan baut: ok } 0\% P_{(u, \text{ tot, baut gr.})} / (\Phi P_{(n, \text{ baut gr.})})$$

Gabungan baut: ok 0% Bolt 16

Pemeriksaan tambahan untuk koneksi momen

Kasus: a

Web kolom dalam kompresi (menghasilkan, menekuk, melumpuhkan):

$$b_{(eff, c, wc)} = 282 \text{ mm} = 6 * 36 \text{ (mm)} + 16 \text{ (mm)} + 2 * 25 \text{ (mm)}, 6k_c + N + 2t_p$$

(3.24) # 23

$$\Phi R_{(n, c, wc \text{ stiff})} = 0 \text{ kN} = (0,9) * 0, \Phi (= 0,9) 2t_{(wc, \text{ kaku})} f_y$$

( $b_{stiff-r}$ ) (4.3-1) # 24

$$\Phi R_{(n, c, wc)} = 512,3 \text{ kN} = \min ((1) * 1 * 282 \text{ (mm)} * 235 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 10 \text{ (mm)}, 1 * 24 * 10 \text{ (mm)}^3 * \sqrt{(1.999 * 10^5 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 235 \text{ (N / mm}^2\text{)})} / 289 \text{ (mm)}, 1 * 0,8 * 10 \text{ (mm)}^2 * (1 + 0,133 * (10 \text{ (mm)} / 16 \text{ mm}))^1.5 * \sqrt{(1.999 * 10^5 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 235 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 16 \text{ (mm)} / 10 \text{ (mm))}), (3,23) \text{ hingga } (3,31)$$
 # 23

$$\Phi R_{(n, c, wc, \text{ tot})} = 512,3 \text{ kN} = 512,3 \text{ (kN)} + 0 \text{ (kN)}, \phi R_{(n, c, wc)} + \phi R_{(n, c, wc, \text{ kaku})}$$

$$F_{(fu)} = 0 \text{ kN} = | (0 \text{ (kN * m)}) / (280 \text{ (mm)}) + \min (0,0 \text{ (kN)}) |, || M_{uc} || / (d-t_{fb}) + \min (0, P_u / 2) | (3.11) *$$
 # 23

$$\text{Komp. web compr. : ok } 0\% (0 \text{ (kN)}) / (512,3 \text{ (kN)}), F_{fu} / (\Phi R_{(n, c, wc, \text{ tot})})$$

Geser panel web kolom:

$$\Phi R_{(v, wp)} = 512,1 \text{ kN} = (0,9) * 0,6 * 235 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 361 \text{ (mm)} * 10 \text{ (mm)} * 1 * 1,1178628157, (2,2-3,2,2- 4)$$
 # 24

$$\Phi R_{(v, wp, \text{ tambahkan})} = 0 \text{ kN} = (0,9) * 0,6 * 235 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 361 \text{ (mm)} * 0 \text{ (mm)}, \Phi (= 0,9) 0,6F_y d_c t_p (4.4 -1)$$
 # 24

$$\Phi R_{(v, wp, \text{ diag.st})} = 0 \text{ kN} = (0,85) * 235 \text{ (N / mm}^2\text{)} * 0 \text{ (mm)} * \cos 0,832, \Phi (= 0,85) F_y A_{stiff} \cos \theta$$

$$\Phi R_{(n, wp, \text{ tot})} = 512,1 \text{ kN} = 512,1 \text{ (kN)} + 0 \text{ (kN)} + 0 \text{ (kN)}, V_{(n, wp)} + V_{(n, wp, \text{ tambahkan})} + V_{(n, wp, \text{ diag.st})}$$

$$V_{(u, wp)} = 0 \text{ kN} = | (0 \text{ (kN * m)}) / (280 \text{ (mm)}) |, | M_{uc} || / (d-t_{fb}) (3.11) # 23$$

Geser web Col: ok 0% =  $(0 \text{ (kN)}) / (512,1 \text{ (kN)})$ ,  $V_{(wp, Ed)} / V_{(wp, tot, Rd)}$

Pengaku min.

Trans.stiff.min.thk\_ = 0 mm Balok; antara baris 6-7

Pengaku min.thk: \_ = 8,638 mm Balok; antara baris 6-7

Web kaku. min. terima kasih

Geser min.thk\_ = 10 mm = 10 (mm),  $t_w$

Ketegangan web kolom:

$F_{(fu)} = 0 \text{ kN} = |(0 \text{ (kN * m)}) / (280 \text{ (mm)}) + \text{maks } \{0,0 \text{ (kN)} |$

ok 0%  $(0 \text{ (kN)}) / (512,3 \text{ (kN)})$ ,  $F_{fu} / (\Phi R_{(n, c, wc, tot)})$

$\Phi R_{(n, t, wc \text{ stiff})} = 0 \text{ kN}$

$= (0,9) * 0, \Phi (= 0,9) 2t_{(wc, stiff)} f_y (b_{stiff-r}) (4.3-1) \# 24 \Phi R_{(n, t, wc)} = 662,7$

$\text{kN} (1) * 1 * 282 \text{ (mm)} * 235 \text{ (N / mm}^2) * 10 \text{ (mm)}, (2.2-10.2.2-11) \# 23 \Phi R_{(n, t,$

$wc, tot) = 662,7 \text{ kN} = 662,7 \text{ (kN)} + 0 \text{ (kN)}, \phi R_{(n, t, wc)} + \phi R_{(n, t, wc, kaku)}$

Bantalan piring

Kasus: a

Tot.ref.thk = \_ = 25 mm

$s_{(min.)} = 53,34 \text{ mm}$

$e_{(1, mnt.)} = 26 \text{ mm}$

$g_{(min.)} = 53,34 \text{ mm}$

$e_{(2, mnt.)} = 26 \text{ mm}$

$s_{(opt.)} = 60 \text{ mm}$

$e_{(1, pilih.)} = 60 \text{ mm}$

$g_{(opt.)} = 60 \text{ mm}$

$e_{(2, pilih.)} = 30 \text{ mm}$

Kekuatan horisontal

$s_{(hpl)} = 130 \text{ mm ok}$

$e_{(1, hpl)} = 50 \text{ mm ok}$

$g_{(hpl)} = 81 \text{ mm ok}$

$e_{(2, hpl)} = 190 \text{ mm ok}$

Kekuatan vertikal

$s_{(vpl)} = 81 \text{ mm ok}$

$e_{(1, vpl)} = 190 \text{ mm ok}$

$g_{(vpl)} = 130 \text{ mm ok}$

$e_{(2, vpl)} = 50 \text{ mm ok}$

$\Phi R_{(n, h, pl)} = 315,9 \text{ kN} = (0,75) * \min (1,2 * (39 \text{ (mm)}), 2,4 * 20 \text{ (mm)}) * 25 \text{ (mm)}$   
 $* 360 \text{ ( N / mm}^2\text{)}, \Phi (= 0,75) \text{ mnt } (1,2l_c tF_u, 2,4dtF_u)$  # 20

$R_{(u, h, pl)} = 0 \text{ kN}$  Baut 16

$\Phi R_{(n, v, pl)} = 324 \text{ kN} = (0,75) * \min (1,2 * (59 \text{ (mm)}), 2,4 * 20 \text{ (mm)}) * 25 \text{ (mm)}$   
 $360 \text{ (N / mm}^2\text{)}, \Phi (= 0,75) \text{ mnt } (1,2l_c tF_u, 2,4dtF_u)$  # 20

$R_{(u, v, pl)} = 0 \text{ kN}$  Baut 16

Piring beruang. h .: ok 0%

Piring beruang. v .: ok 0%

Pengelasan

Kasus: a

Lasan web

Tidak diperlukan cek untuk pena lengkap. las

Lasan flensa

Tidak diperlukan cek untuk pena lengkap. Las

## References

#20: AISC 360-10: 2010, Specifications for Structural Steel Buildings

#23: AISC Design Guide 4 - 2nd ed.

#24: AISC Design Guide 13

#26: AISC Steel Construction Manual

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI

Nama : Joni Miswanto  
TempatTanggalLahir : Medan, 15 Maret 1995  
Agama : Islam  
Alamat : Kampung Tengah II  
No HP : 081377313648

### RIWAYAT PENDIDIKAN

NomorPokokMahasiswa : 1307210141  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
PerguruanTinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<b>N O</b>	<b>TINGKAT PENDIDIKAN</b>	<b>LOKASI</b>	<b>TAHUN KELULUSAN</b>
1	SD Negeri 11892 Bilah Hilir	Tj.Haloban	(2001-2007)
2	SMP Negeri 2 Bilah Hilir	Tj.Haloban	(2007-2010)
3	SMA Negeri 1 Rantau Selatan	Rantau Selatan	(2010-2013)
4	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Medan	(2013-Sekarang)