

**SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS JARAK SIAR DILATASI  
ANTAR 2 GEDUNG BAJA IREGULAR YANG  
MENGALAMI PUNTIR**



**WILSON KRISTANTO  
NPM: 2016410088**

**PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor. 1788/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)  
BANDUNG  
DESEMBER 2019**

**SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS JARAK SIAR DILATASI  
ANTAR 2 GEDUNG BAJA IREGULAR YANG  
MENGALAMI PUNTIR**



**WILSON KRISTANTO  
NPM: 2016410088**

**BANDUNG, DESEMBER 2019**

**PEMBIMBING:**

**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor. 1788/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)  
BANDUNG  
DESEMBER 2019**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Wilson Kristanto

NPM : 2016410088

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “*Studi Analisis Jarak Sjar Dilatasi Antar 2 Gedung Baja Iregular yang Mengalami Puntir*” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Desember 2019



Wilson Kristanto

NPM: 2016410088

# **STUDI ANALISIS JARAK SIAR DILATASI ANTAR 2 GEDUNG BAJA IREGULAR YANG MENGALAMI PUNTIR**

**Wilson Kristanto**  
**NPM: 2016410088**

**Pembimbing : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor. 1788/SK/BAN PT/Akred/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**DESEMBER 2019**

## **ABSTRAK**

Dua buah bangunan berdekatan dapat memiliki sistem struktur, kekakuan, dan periode getar berbeda, bila mengalami beban lateral dengan besaran dan arah sama, kedua bangunan tersebut dapat memiliki respon peralihan dengan besaran dan bergerak dalam arah yang saling berlawanan dalam fungsi waktu. Dua bangunan yang berdekatan perlu memiliki siar dilatasi yang cukup, agar ketika bangunan mengalami beban lateral, bangunan tidak mengalami *pounding*.

Penelitian pada skripsi ini menganalisis peralihan antara titik-titik kritis struktur gedung baja untuk menghitung besar jarak siar dilatasi aman agar tidak mengalami *pounding* saat mengalami puntir. Jarak pemisah atau siar dilatasi yang memenuhi syarat dihitung berdasarkan analisis respon spektrum dan analisis riwayat waktu dengan perangkat lunak ETABS 2016. Bangunan berada di kota Bandung dengan kelas situs tanah sedang. Hasil analisis respon spektrum digunakan untuk menghitung jarak siar dilatasi dengan metode yang dianjurkan dalam SNI 1726:2012; sedangkan hasil analisis riwayat waktu digunakan untuk mencari jarak siar dilatasi dengan cara grafis dengan memplot peralihan antara titik-titik kritis terhadap waktu. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa besar siar dilatasi hasil analisis respon spektrum lebih besar hingga dua kali jarak siar dilatasi hasil analisis riwayat waktu.

**Kata kunci:** siar dilatasi, pemisahan struktur, peralihan, analisis respon spektrum, analisis riwayat waktu.

# **ANALYTICAL STUDY OF DILATATION BETWEEN TWO IRREGULAR STEEL BUILDINGS AFFECTED BY TORSION**

**Wilson Kristanto**  
**NPM: 2016410088**

**Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL**  
**ENGINEERING**  
(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN PT/Akred/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**DECEMBER 2019**

## **ABSTRACT**

Two adjacent building could have different properties such as structural systems, effective building stiffness, and fundamental period. When experienced earthquake or lateral loads with the same magnitude, two buildings could respond with a different behavior, such as displacements move in the opposite directions in the function of time. Therefore, these two adjacent buildings need to have sufficient dilatation, thus when building experiences lateral load, the building could respond without pounding.

The research focus on analyzes the displacement between several critical points of steel structures that experienced torsion to calculate the distance of dilatation to avoid pounding. Dilatation distance calculated based on the response spectrum analysis and time history analysis using software ETABS 2016. Building on Bandung city with a medium soil site class. The results of the response spectrum analysis are used to calculate the dilatation distance using the method that recommended by SNI 1726: 2012; while the results of time history analysis are used to calculate the dilatation distance using a graphical method by plotting the displacement between two critical points by the function of time. This research concluded that the dilatation distance calculated by response spectrum analysis more than twice than dilatation distance resulted from time history analysis.

Keywords: dilatation distance, displacement, response spectrum analysis, time history analysis.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi analisis jarak siar dilatasi antar 2 gedung iregular yang mengalami puntir”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan strata-1 di program studi teknik sipil Univeritas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis mendapat banyak pengetahuan, pelajaran, dan dukungan dari banyak pihak sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak tuntunan, ilmu pengetahuan, saran dan kritik, serta membimbing dengan penuh kesabaran dalam segala proses penulisan skripsi ini;
2. Keluarga yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa, yakni Bapak Moelyono Kristanto Tan, Ibu Ingrid Tania Setiani Hartanto, dan Finna Setiani Kristanto, S.T.;
3. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya dan Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan kepada penulis.
4. Bapak Wisena Perceka, Ph.D., Bapak Liyanto Eddy, Ph.D., dan Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran kepada penulis dalam seminar isi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik;
5. Glennardi Pranata, Josephine Wijaya, Iola Novianti, Karmelia Cynthia, Laurentius Andhika, Nicholas Gabrielle, dan Rendy Asali selaku teman seperjuangan dalam menyusun skripsi, yang senantiasa membantu dan saling mendukung;
6. Teman-teman seperjuangan skripsi KBI Teknik Struktur yang telah memberikan semangat serta dukungan kepada penulis;

7. Seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan, khususnya program studi teknik sipil.

Penulis menyadari akan kekurangan dan ketidaksempurnaan yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis membutuhkan kritik dan saran yang membangun agar kedepannya menjadi lebih baik lagi. Terima kasih.

Bandung, Desember 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wilson Kristanto', with a stylized flourish at the end.

Wilson Kristanto

2016410088

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang.....	1-1
1.2    Inti Permasalahan .....	1-2
1.3    Tujuan Penulisan .....	1-3
1.4    Pembatasan Masalah .....	1-3
1.5    Metode Penelitian.....	1-6
1.6    Diagram Alir.....	1-7
1.7    Sistematika Penulisan.....	1-8
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1    SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung .....	2-1
2.1.1    Gempa Rencana.....	2-1
2.1.2    Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Struktur Bangunan .....	2-1
2.1.3    Klasifikasi Situs.....	2-2
2.1.4    Wilayah Gempa dan Spektrum Respon.....	2-3
2.1.4.1    Parameter Percepatan Gempa.....	2-3
2.1.4.2    Kelas Situs .....	2-3
2.1.4.3    Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ).....	2-3
2.1.4.4    Parameter Percepatan Spektral Desain .....	2-5
2.1.4.5    Spektrum Respon Desain .....	2-5



2.1.4.6	Kategori Desain Seismik.....	2-6
2.1.5	Pemilihan Sistem Struktur .....	2-7
2.1.6	Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan.....	2-8
2.1.7	Kombinasi Beban Metoda Ultimit .....	2-10
2.1.7.1	Pengaruh Beban Gempa.....	2-10
2.1.7.2	Pengaruh Beban Gempa Horisontal.....	2-11
2.1.7.3	Pengaruh Beban Gempa Vertikal.....	2-12
2.1.7.4	Kombinasi Beban Gempa .....	2-13
2.1.8	Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen .....	2-13
2.1.8.1	Geser Dasar Seismik .....	2-13
2.1.8.2	Penghitungan Koefisien Resons Seismik.....	2-13
2.1.8.3	Penentuan Periode.....	2-14
2.1.8.4	Penskalaan Gaya .....	2-15
2.1.9	Simpangan Antar Lantai Tingkat dan Deformasi .....	2-16
2.1.9.1	Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	2-16
2.1.9.2	Batasan Simpangan Antar Lantai Tingkat .....	2-16
2.1.10	Pemisahan Struktur .....	2-17
2.1.11.1	Peningkatan Gaya Akibat Ketidakteraturan Untuk Kategori Desain Seismik D Hingga F.....	2-18
2.2	SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.....	2-21
2.2.1	Beban Mati.....	2-21
2.2.2	Beban Hidup .....	2-21
2.3	SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.....	2-22
2.3.1	Dasar Desain .....	2-22
2.3.2	Persyaratan Stabilitas Umum.....	2-23
2.3.3	Persyaratan Analisis Umum.....	2-24
2.4	SNI 7860: 2015 Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung.....	2-24
2.4.1	Persyaratann Komponen Struktur .....	2-24

2.4.2	Pembatasan Lebar terhadap Tebal dari Baja .....	2-26
2.5	Analisis Dinamik: Analisis Riwayat Waktu.....	2-26
2.6	Respon Inelastis.....	2-27
<b>BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR</b>		
3.1	Data Bangunan Gedung.....	3-1
3.1.1	Data Gedung .....	3-1
3.1.2	Data Material .....	3-2
3.1.3	Data Elemen Struktur .....	3-2
3.1.4	Elemen Pelat .....	3-4
3.2	Pembebanan.....	3-4
3.2.1	Beban Mati .....	3-4
3.2.2	Beban Mati Tambahan .....	3-4
3.2.3	Beban Hidup .....	3-4
3.2.4	Beban Gempa .....	3-5
3.2.5	Kombinasi Pembebanan .....	3-6
3.3	Ketentuan Pemodelan Tambahan .....	3-7
3.3.1	Sumber Massa .....	3-7
3.3.2	Tipe Perletakan dan Pengaruh P-delta.....	3-7
3.3.3	Hubungan Bagian Ujung Elemen Baja dan Breis Lateral .....	3-7
3.4	Analisis Riwayat Waktu .....	3-7
3.5	Perhitungan dan Pemeriksaan Model .....	3-11
3.5.1	Model Struktur A.....	3-11
3.5.2	Model Struktur B .....	3-15
<b>BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Analisis Elastik .....	4-1
4.1.1	Perpindahan Elastik .....	4-1
4.1.3	Jarak Pemisah Minimum .....	4-4
4.2	Hasil Analisis Riwayat Waktu.....	4-5
4.2.1	Perpindahan Inelastik .....	4-5
4.2.2	Jarak Pemisah Minimum .....	4-42
4.2.3	Data Pembanding.....	4-51

4.2.4	Koefisien Reduksi .....	4-54
4.3	Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih .....	4-55
4.4	Faktor Perbesaran Defleksi .....	4-55
4.5	Koefisien Modifikasi Respon .....	4-56
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-2
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>xxi</b>
<b>LAMPIRAN 1 .....</b>		<b>L1-1</b>
<b>LAMPIRAN 2 .....</b>		<b>L2-1</b>
<b>LAMPIRAN 3 .....</b>		<b>L3-1</b>
<b>LAMPIRAN 4 .....</b>		<b>L4-1</b>
<b>LAMPIRAN 5 .....</b>		<b>L5-1</b>

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$\Delta$	: Simpangan antar lantai tingkat desain
$\Delta_a$	: Simpangan antar lantai tingkat ijin
$\mu$	: Rasio Poisson
$A_x$	: Faktor perbesaran torsi
$C_d$	: Faktor perbesaran defleksi
$C_s$	: Koefisien respons seismik
D	: Dead load / beban mati
DFBK	: Desain Faktor Beban dan Ketahanan
DKI	: Desain Kekuatan Izin
E	: Earthquake / beban gempa
$E_h$	: Pengaruh beban gempa horizontal
$E_s$	: Modulus elastisitas
$E_v$	: Pengaruh beban gempa vertikal
$F_a$	: Koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)
$f_c'$	: Kuat karakteristik mutu beton
$f_u$	: Tegangan ultimit
$F_v$	: Koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik)
$f_y$	: Kuat leleh baja
hn	: Ketinggian struktur (meter)
$I_e$	: Faktor keutamaan gempa
KDS	: Kategori desain seismik
L	: Live load / beban hidup
$L_r$	: Live roof / beban atap
N	: Tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan 30 m paling atas
$N_{ch}$	: Tahanan penetrasi standar rata-rata tanah non kohesif dalam lapisan 30 m teratas
$\nu_s$	: Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata pada regangan geser yang kecil di dalam lapisan 30 m teratas
PI	: Indeks plastisitas

$Q_E$	: Pengaruh gaya gempa horisontal dari $V$ atau $F$
$R$	: Koefisien modifikasi respons
$r$	: Radius
$S_1$	: Parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik
$S_a$	: Spektrum respons percepatan desain
$SD1$	: Parameter percepatan spektrum respons desain untuk perioda 1 detik
$SDS$	: Parameter percepatan spektrum respons desain untuk perioda pendek
$SM1$	: Percepatan percepatan respons spektral pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$SMS$	: Parameter percepatan respons spectral pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$SNI$	: Standar Nasional Indonesia
$S_s$	: Parameter percepatan respons spektral dari peta gempa pada periode pendek
$S_u$	: Kuat geser niralir rata-rata di dalam lapisan 30 m paling atas
$T$	: Periode fundamental struktur
$T_a$	: Perioda fundamental pendekatan
$T_o$	: Nilai $0,2 \times SD1/SDS$
$T_s$	: Nilai $SD1/SDS$
$w$	: Kadar air tanah (persen)
$W$	: Wind load / beban angin
$WF$	: Wide flange
$\gamma$	: Berat jenis
$\delta_M$	: Perpindahan respons inelastik maksimum
$\delta_{M1}$	: Perpindahan respons inelastik maksimum pada struktur 1
$\delta_{M2}$	: Perpindahan respons inelastik maksimum pada struktur 2
$\delta_{max}$	: Perpindahan elastik maksimum pada lokasi kritis
$\delta_{MT}$	: Besar pemisahan struktur yang dianjurkan
$\delta_X$	: Defleksi pusat massa di tingkat $x$
$\rho$	: Faktor redundansi
$\Omega_0$	: Faktor kuat lebih sistem

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak 3 Dimensi Model Struktur A.....	1-5
Gambar 1.2 Tampak 3 Dimensi Model Struktur B .....	1-5
Gambar 1.3 Titik Kritis Ditinjau.....	1-6
Gambar 1.4 Diagram Alir Penelitian .....	1-7
Gambar 2.1. Spektrum Respons Desain.....	2-6
Gambar 3.1 Notasi Profil Baja WF .....	3-3
Gambar 3.2 Kurva Spektrum Respons Desain Elastik.....	3-6
Gambar 3.3 Penempatan Sendi Plastis pada Model Struktur.....	3-8
Gambar 3.4 Rekaman Gempa El Centro 1940 N-S .....	3-9
Gambar 3.5 Rekaman Gempa Denpasar 1979 T-B.....	3-9
Gambar 3.6 Rekaman Gempa Flores 1992 .....	3-10
Gambar 3.7 Rekaman Gempa El Centro Hasil Penyesuaian (Garis Merah) Terhadap Respon Spektrum Bandung (Garis Biru) .....	3-10
Gambar 3.8 Rekaman Gempa Denasar Hasil Penyesuaian (Garis Merah) Terhadap Respon Spektrum Bandung (Garis Biru) .....	3-10
Gambar 3.9 Rekaman Gempa Flores Hasil Penyesuaian (Garis Merah) Terhadap Respon Spektrum Bandung (Garis Biru) .....	3-11
Gambar 3.10 Grafik Simpangan antar Lantai arah X Model Struktur A.....	3-13
Gambar 3.11 Grafik Simpangan antar Lantai arah Y Model Struktur A.....	3-14
Gambar 3.12 Grafik Simpangan antar Lantai arah X Model Struktur B .....	3-17
Gambar 3.13 Grafik Simpangan antar Lantai arah Y Model Struktur B .....	3-18
Gambar 4.1 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 1 Gempa El-Centro.....	4-6
Gambar 4.2 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 1 Gempa El-Centro.....	4-6
Gambar 4.3 Grafik Perpindahan arah X Struktur A Lantai 2 Gempa El-Centro .	4-7
Gambar 4.4 Grafik Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 2 Gempa El-Centro .	4-7
Gambar 4.5 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 3 Gempa El-Centro.....	4-8
Gambar 4.6 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 3 Gempa El-Centro.....	4-8
Gambar 4.7 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 4 Gempa El-Centro.....	4-9
Gambar 4.8 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 4 Gempa El-Centro.....	4-9

Gambar 4.9 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 5 Gempa El-Centro .....	4-10
Gambar 4.10 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 5 Gempa El-Centro .....	4-10
Gambar 4.11 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 6 Gempa El-Centro .....	4-11
Gambar 4.12 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 6 Gempa El-Centro .....	4-11
Gambar 4.13 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 1 Gempa El-Centro .....	4-12
Gambar 4.14 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 1 Gempa El-Centro .....	4-12
Gambar 4.15 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 2 Gempa El-Centro .....	4-13
Gambar 4.16 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 2 Gempa El-Centro .....	4-13
Gambar 4.17 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 3 Gempa El-Centro .....	4-14
Gambar 4.18 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 3 Gempa El-Centro .....	4-14
Gambar 4.19 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 4 Gempa El-Centro .....	4-15
Gambar 4.20 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 4 Gempa El-Centro .....	4-15
Gambar 4.21 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 5 Gempa El-Centro .....	4-16
Gambar 4.22 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 5 Gempa El-Centro .....	4-16
Gambar 4.23 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 6 Gempa El-Centro .....	4-17
Gambar 4.24 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 6 Gempa El-Centro .....	4-17
Gambar 4.25 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 1 Gempa Denpasar.....	4-18
Gambar 4.26 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 1 Gempa Denpasar.....	4-18
Gambar 4.27 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 2 Gempa Denpasar.....	4-19
Gambar 4.28 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 2 Gempa Denpasar.....	4-19
Gambar 4.29 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 3 Gempa Denpasar.....	4-20
Gambar 4.30 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 3 Gempa Denpasar.....	4-20
Gambar 4.31 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 4 Gempa Denpasar.....	4-21
Gambar 4.32 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 4 Gempa Denpasar.....	4-21
Gambar 4.33 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 5 Gempa Denpasar.....	4-22
Gambar 4.34 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 5 Gempa Denpasar.....	4-22
Gambar 4.35 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 6 Gempa Denpasar.....	4-23
Gambar 4.36 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 6 Gempa Denpasar.....	4-23
Gambar 4.37 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 1 Gempa Denpasar.....	4-24
Gambar 4.38 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 1 Gempa Denpasar.....	4-24
Gambar 4.39 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 2 Gempa Denpasar.....	4-25

Gambar 4.40 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 2 Gempa Denpasar .....	4-25
Gambar 4.41 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 3 Gempa Denpasar .....	4-26
Gambar 4.42 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 3 Gempa Denpasar .....	4-26
Gambar 4.43 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 4 Gempa Denpasar .....	4-27
Gambar 4.44 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 4 Gempa Denpasar .....	4-27
Gambar 4.45 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 5 Gempa Denpasar .....	4-28
Gambar 4.46 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 5 Gempa Denpasar .....	4-28
Gambar 4.47 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 6 Gempa Denpasar .....	4-29
Gambar 4.48 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 6 Gempa Denpasar .....	4-29
Gambar 4.49 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 1 Gempa Flores .....	4-30
Gambar 4.50 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 1 Gempa Flores .....	4-30
Gambar 4.51 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 2 Gempa Flores .....	4-31
Gambar 4.52 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 2 Gempa Flores .....	4-31
Gambar 4.53 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 3 Gempa Flores .....	4-32
Gambar 4.54 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 3 Gempa Flores .....	4-32
Gambar 4.55 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 4 Gempa Flores .....	4-33
Gambar 4.56 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 4 Gempa Flores .....	4-33
Gambar 4.57 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 5 Gempa Flores .....	4-34
Gambar 4.58 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 5 Gempa Flores .....	4-34
Gambar 4.59 Perpindahan arah X Struktur A Lantai 6 Gempa Flores .....	4-35
Gambar 4.60 Perpindahan arah Y Struktur A Lantai 6 Gempa Flores .....	4-35
Gambar 4.61 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 1 Gempa Flores.....	4-36
Gambar 4.62 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 1 Gempa Flores.....	4-36
Gambar 4.63 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 2 Gempa Flores.....	4-37
Gambar 4.64 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 2 Gempa Flores.....	4-37
Gambar 4.65 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 3 Gempa Flores.....	4-38
Gambar 4.66 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 3 Gempa Flores.....	4-38
Gambar 4.67 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 4 Gempa Flores.....	4-39
Gambar 4.68 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 4 Gempa Flores.....	4-39
Gambar 4.69 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 5 Gempa Flores.....	4-40
Gambar 4.70 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 5 Gempa Flores.....	4-40



Gambar 4.71 Perpindahan arah X Struktur B Lantai 6 Gempa Flores .....	4-41
Gambar 4.72 Perpindahan arah Y Struktur B Lantai 6 Gempa Flores .....	4-41
Gambar 4.73 Koordinat titik kritis pada Lantai 6 Akibat Gempa Denpasar time step 273 siar 120 mm.....	4-43
Gambar 4.74 Koordinat titik kritis pada Lantai 6 Akibat Gempa Denpasar time step 274 siar 120 mm.....	4-43
Gambar 4.75 Koordinat titik kritis pada Lantai 6 Akibat Gempa Denpasar time step 275 siar 120 mm.....	4-43
Gambar 4.76 Koordinat titik kritis pada Lantai 6 Akibat Gempa Denpasar time step 276 siar 120 mm.....	4-43
Gambar 4.77 Koordinat titik kritis pada Lantai 6 Akibat Gempa Denpasar time step 277 siar 120 mm.....	4-44
Gambar 4.78 Koordinat titik kritis pada Lantai 6 Akibat Gempa Denpasar time step 278 siar 120 mm.....	4-44
Gambar 4.79 Grafik Peralihan Joint 24 dan Joint 129 Lantai 6 dengan Siar 60 mm – El Centro.....	4-46
Gambar 4.80 Grafik Peralihan Joint 27 dan Joint 33 Lantai 6 dengan Siar 60 mm – El Centro.....	4-46
Gambar 4.81 Grafik Peralihan Joint 31 dan Joint 113 Lantai 6 dengan Siar 60 mm – El Centro.....	4-47
Gambar 4.82 Grafik Peralihan Joint 24 dan Joint 129 Lantai 6 dengan Siar 120 mm – Denpasar.....	4-47
Gambar 4.83 Grafik Peralihan Joint 27 dan Joint 33 Lantai 6 dengan Siar 120 mm – Denpasar .....	4-48
Gambar 4.84 Grafik Peralihan Joint 31 dan Joint 113 Lantai 6 dengan Siar 120 mm – Denpasar.....	4-48
Gambar 4.85 Grafik Peralihan Joint 24 dan Joint 129 Lantai 6 dengan Siar 90 mm – Flores .....	4-49
Gambar 4.86 Grafik Peralihan Joint 27 dan Joint 33 Lantai 6 dengan Siar 90 mm – Flores .....	4-49

Gambar 4.87 Grafik Peralihan Joint 31 dan Joint 113 Lantai 6 dengan Siar 90 mm – Flores.....	4-50
Gambar 4.88 Grafik Peralihan Joint 27 Struktur A dan Joint 6 Struktur R Lantai 6 dengan Siar 240 mm – Flores .....	4-52
Gambar 4.89 Grafik Peralihan Joint 24 Struktur A dan Joint 2 Struktur R Lantai 6 dengan Siar 240 mm – Flores .....	4-52
Gambar 4.90 Grafik Peralihan Joint 26 Struktur A dan Joint 4 Struktur L Lantai 6 dengan Siar 330 mm – Flores .....	4-53
Gambar 4.91 Grafik Peralihan Joint 24 Struktur A dan Joint 1 Struktur L Lantai 6 dengan Siar 330 mm – Flores .....	4-53
Gambar 4.92 Plot Nilai Rasio terhadap T2/T1.....	4-54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kategori Risiko.....	2-1
Tabel 2.2. Faktor Keutamaan Gempa.....	2-2
Tabel 2.3. Klasifikasi Situs.....	2-2
Tabel 2.4. Koefisien Situs, $F_a$ .....	2-4
Tabel 2.5. Koefisien Situs, $F_v$ .....	2-4
Tabel 2.6. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (SNI 1726-2012) .....	2-6
Tabel 2.7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (SNI 1726-2012) .....	2-7
Tabel 2.8. Faktor $R$ , $\Omega_0$ , dan $C_d$ Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726-2012).....	2-7
Tabel 2.9 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur.....	2-8
Tabel 2.10 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur.....	2-9
Tabel 2.11 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung .....	2-14
Tabel 2.12 Nilai Parameter Periode Pendetakan $C_t$ dan $x$ .....	2-15
Tabel 2.13. Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta_a^{a,b}$ .....	2-16
Tabel 2.14. Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan.....	2-19
Tabel 2.15 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum .....	2-22
Tabel 2.16 Batasan Rasio Lebar-terhadap-Tebal untuk Elemen Tekan Untuk Komponen Struktur Daktil Tinggi.....	2-26
Tabel 3.1 Profil Baja untuk Balok .....	3-3
Tabel 3.2 Profil Baja untuk Kolom .....	3-3
Tabel 3.3 Penggunaan Profil Baja .....	3-3
Tabel 3.4 Parameter Respons Spektra .....	3-5
Tabel 3.5. Kombinasi Pembebanan .....	3-7
Tabel 3.6 Pembebanan Gravitasi Nonlinier Statis.....	3-9
Tabel 3.7 Massa dan Tinggi Model Struktur A.....	3-11
Tabel 3.8 Ragam Getar dan Rasio Partisipasi Massa Model Struktur A.....	3-12
Tabel 3.9 Sumbu Utama Model Struktur A.....	3-12

Tabel 3.10 Pemeriksaan Story Drift arah X Model Struktur A.....	3-13
Tabel 3.11 Pemeriksaan Story Drift arah Y Model Struktur A.....	3-13
Tabel 3.12 Skala Gaya Beban Gempa Model Struktur A .....	3-14
Tabel 3.13 Ketidakberaturan Horisontal Model Struktur A.....	3-15
Tabel 3.14 Ketidakberaturan Vertikal Model Struktur A .....	3-15
Tabel 3.15 Massa dan Tinggi Model Struktur A.....	3-15
Tabel 3.16 Ragam Getar dan Rasio Partisipasi Massa Model Struktur B .....	3-16
Tabel 3.17 Sumbu Utama Model Struktur B .....	3-17
Tabel 3.18 Pemeriksaan Story Drift Arah X Model Struktur B.....	3-17
Tabel 3.19 Pemeriksaan Story Drift Arah Y Model Struktur B.....	3-18
Tabel 3.20 Skala Gaya Beban Gempa Model Struktur B .....	3-18
Tabel 3.21 Ketidakberaturan Horisontal Model Struktur B.....	3-19
Tabel 3.22 Ketidakberaturan Vertikal Model Struktur B.....	3-19
Tabel 4.1 Perpindahan Elastik Struktur A Pada Titik Kritis.....	4-1
Tabel 4.2 Perpindahan Elastik Struktur B Pada Titik Kritis .....	4-2
Tabel 4.3 Perpindahan Inelastik Hasil Perbesaran Elastik.....	4-3
Tabel 4.4 Perpindahan Inelastik Hasil Perbesaran Elastik.....	4-3
Tabel 4.5 Perhitungan Jarak Minimum antara Joint 31 dan Joint 113.....	4-4
Tabel 4.6 Perhitungan Jarak Minimum antara Joint 27 dan Joint 33.....	4-4
Tabel 4.7 Perhitungan Jarak Minimum antara Joint 24 dan Joint 129.....	4-5
Tabel 4.8 Tabel Hasil Analisis untuk Gempa El Centro.....	4-44
Tabel 4.9 Tabel Hasil Analisis untuk Gempa Denpasar .....	4-44
Tabel 4.10 Tabel Hasil Analisis untuk Gempa Flores .....	4-45
Tabel 4.11 Perhitungan Rasio Koefisien Reduksi.....	4-54
Tabel 4.12 Nilai Faktor Kuat Lebih Sistem Struktur A .....	4-55
Tabel 4.13 Nilai Faktor Kuat Lebih Sistem Struktur B .....	4-55
Tabel 4.14 Nilai Faktor Perbesaran Defleksi Struktur A .....	4-55
Tabel 4.15 Nilai Faktor Perbesaran Defleksi Struktur B .....	4-55
Tabel 4.16 Nilai Koefisien Modifikasi Respon Struktur A.....	4-56
Tabel 4.17 Nilai Koefisien Modifikasi Respon Struktur B.....	4-56

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1: PERHITUNGAN BEBAN GEMPA

LAMPIRAN 2: PERHITUNGAN FAKTOR SKALA

LAMPIRAN 3: PERHITUNGAN BALOK DAN KOLOM

LAMPIRAN 4: KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL DAN VERTIKAL

LAMPIRAN 5: FAKTOR KUAT LEBIH DAN FAKTOR PERBESARAN  
DEFLEKSI

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan tingginya jumlah penduduk di Indonesia yang telah melebihi angka 260 juta jiwa, dengan kepadatan penduduk di area perkotaan mencapai 19.500 jiwa/km<sup>2</sup> tentu saja diikuti oleh peningkatan permintaan akan ruang tinggal dan ruang beraktifitas. Tingginya permintaan ini menimbulkan tantangan besar khususnya bagi daerah perkotaan untuk memanfaatkan area semaksimal mungkin agar mampu menyediakan ruang sebanyak-banyaknya dari ketersediaan lahan yang ada. Untuk menjawab tantangan tersebut, pembangunan akan ruang perlu dibangun vertikal yang berarti bangunan gedung bertingkat sudah dan akan terus bertambah jumlahnya. Selain memanfaatkan ruang secara vertikal, seringkali pemanfaat ruang secara horisontal juga dilakukan yakni dengan membangun bangunan saling berdekatan dengan maksud memanfaatkan semaksimal mungkin seluruh ruang yang ada.

Di sisi lain, Indonesia berada di antara beberapa lempeng benua yang senantiasa bergerak. Wilayah Indonesia juga terletak pada cincin api pasifik. Kondisi geografis ini membuat Indonesia rawan mengalami bencana letusan gunung api, gempa bumi, hingga tsunami. Menurut Badan Meterologi, Klimatologi, dan Geofisika, gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya lapisan dasar bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Lapisan batuan yang patah melepaskan energi yang telah terakumulasi akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang terlepas merambat ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan hingga di permukaan bumi. Energi yang dilepaskan pada peristiwa gempa bumi diteruskan dalam bentuk gelombang getar oleh lapis permukaan batuan bumi dimana bangunan-bangunan berada. Bangunan yang mengalami gempa bumi seakan-akan menerima beban lateral pada dasar pondasi untuk kemudian diteruskan ke seluruh struktur bangunan. Pada saat gempa

terjadi, jika antar dua bangunan yang berdekatan tidak dipisahkan dengan jarak yang cukup, maka antar bangunan dapat terjadi tumbukan karena perbedaan arah gerakan atau peralihan lateral yang merupakan respon dari kedua bangunan.

Menurut NZSEE dalam *preliminary report, Mexico Earthquake 2017*, dua dari beberapa penyebab kegagalan struktural yang terjadi pada peristiwa gempa bumi di Mexico tahun 2017 adalah kerusakan struktur akibat hantaman antar bangunan yang berdekatan dan torsi yang muncul akibat eksentrisitas pada struktur dengan perbedaan kekakuan khususnya pada ujung bangunan. Maka dalam mendesain struktur bangunan, fenomena gempa bumi harus ikut dipertimbangkan yakni dengan memperhitungkan gempa bumi sebagai beban lateral. Akibat menerima beban lateral, tubuh bangunan dapat mengalami pergerakan dengan periode getar tertentu. Bangunan dapat bergerak secara translasi murni maupun translasi yang disertai puntir terhadap sumbu gravitasi. Terjadinya puntir pada struktur bangunan ditimbulkan oleh efek torsi pada bangunan yang memiliki eksentrisitas. Struktur bangunan dapat memiliki eksentrisitas ketika pusat kekakuan dan pusat massa bangunan tidak berada pada satu titik yang sama sehingga saat bangunan menerima beban lateral akan mengalami gaya torsi. Puntir yang terjadi tersebut dapat memperbesar peralihan lateral bangunan.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Bila dua atau lebih bangunan yang bersebelahan dengan kekakuan dan periode getar yang sama mengalami beban lateral dengan besaran dan arah sama, maka tiap bangunan akan merespon dengan bergerak pada arah dan besaran dalam fungsi waktu yang sama pula. Namun antar bangunan bersebelahan dapat memiliki sistem struktur, kekakuan, hingga periode getar berbeda, yang dimana bila mengalami beban lateral dengan besaran dan arah sama, bangunan yang bersebelahan dapat memiliki respon gerak dengan besaran dan arah yang berbeda dalam fungsi waktu. Maka dari itu, dua atau lebih struktur bangunan yang saling bersebelahan perlu memiliki ruang pemisah yang cukup, agar ketika bangunan mengalami beban lateral, bangunan dapat bergerak bebas. Bila ruang pemisah tidak cukup lebar untuk mengakomodasi pergerakan, maka antar bangunan dapat saling berbenturan dan menimbulkan kerusakan.

Pemisahan struktur bangunan telah diatur dalam SNI 1726:2012 dengan memperhitungkan besar pemisahan berdasarkan perpindahan respons inelastik maksimum pada struktur bangunan yang nilainya didapat berdasarkan perpindahan elastik maksimum yang diperbesar pada lokasi kritis. Penelitian ini menganalisa dan membandingkan besar jarak pemisah minimum ( $\delta_{MT}$ ) yang didapat berdasarkan nilai perpindahan respons elastik yang diperbesar; dengan besar jarak pemisah minimum ( $\delta_{MT}$ ) yang didapat berdasarkan perpindahan respons inelastik.

### 1.3 Tujuan Penulisan

Berdasarkan inti permasalahan yang telah dijabarkan, tujuan dilakukannya penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dan membandingkan perilaku inelastik struktur gedung irregular (peralihan pada titik kritis) hasil modal analisis dengan hasil analisis riwayat waktu;
2. Mengetahui jarak minimum aman antar gedung irregular berdasar perpindahan elastik maksimum ( $\delta_{max}$ ) yang diperbesar;
3. Membandingkan syarat minimum pemisahan struktur pada SNI 1726 yang didapat dari hasil modal analisis dengan hasil analisis riwayat waktu pada gedung irregular;
4. Mendapatkan nilai koefisien reduksi siar dilatasi aman untuk analisis elastik.

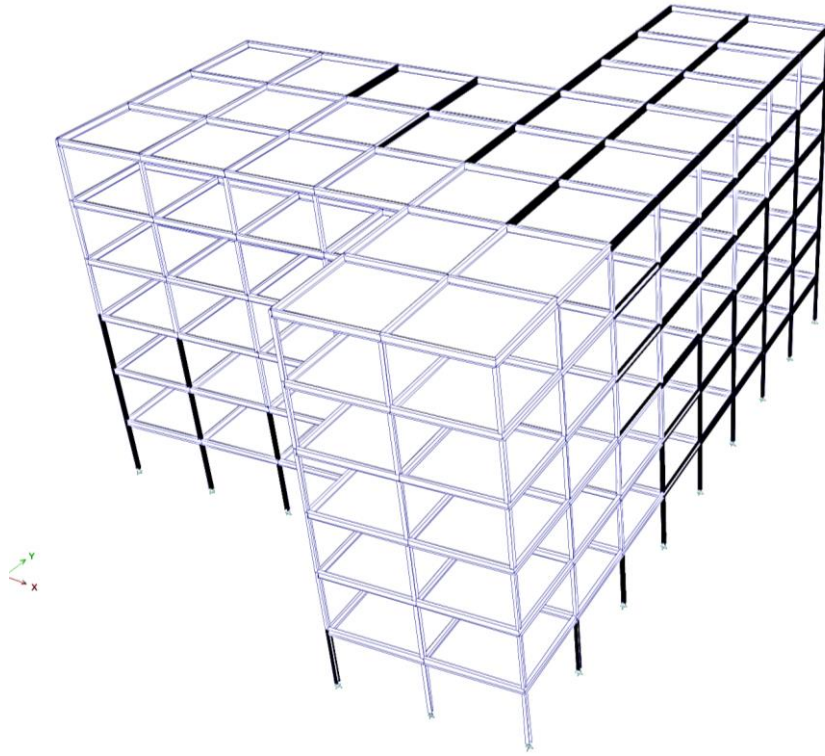
### 1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

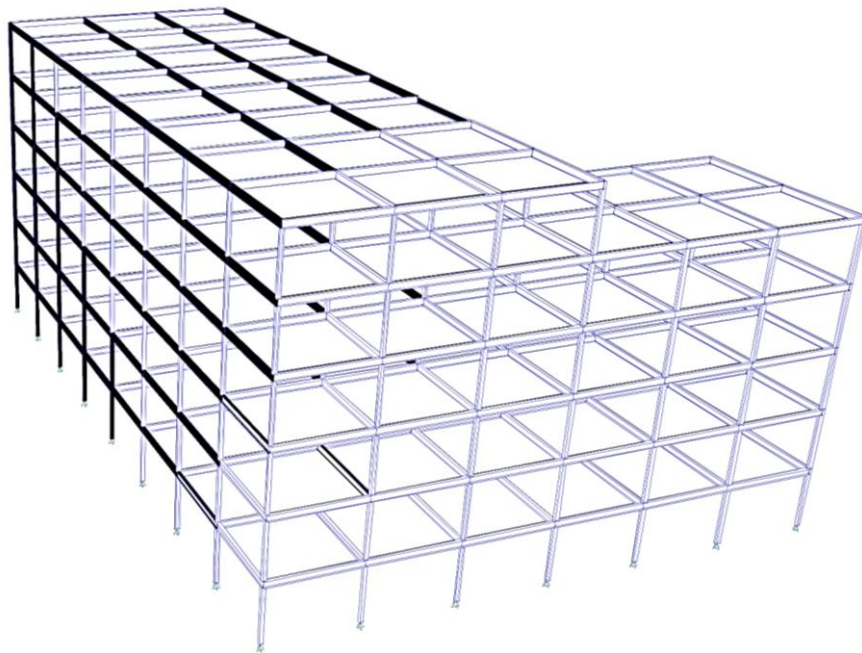
1. Struktur yang dianalisis terdiri atas struktur A dengan satu kepemilikan yang karena satu dan lain hal melakukan penambahan ruang dengan membangun struktur B yang direncanakan akan dibangun tepat disamping struktur A;
2. Model struktur A adalah gedung perkantoran dan *mix used* bentuk denah T dengan struktur rangka baja 6 lantai, ketinggian tiap lantai 4 meter;
3. Model struktur B adalah gedung perkantoran bentuk denah L dengan struktur rangka baja 6 lantai, ketinggian tiap lantai 4 meter;
4. Pelat lantai komposit menggunakan metal deck dengan ketebalan pelat 12 cm;



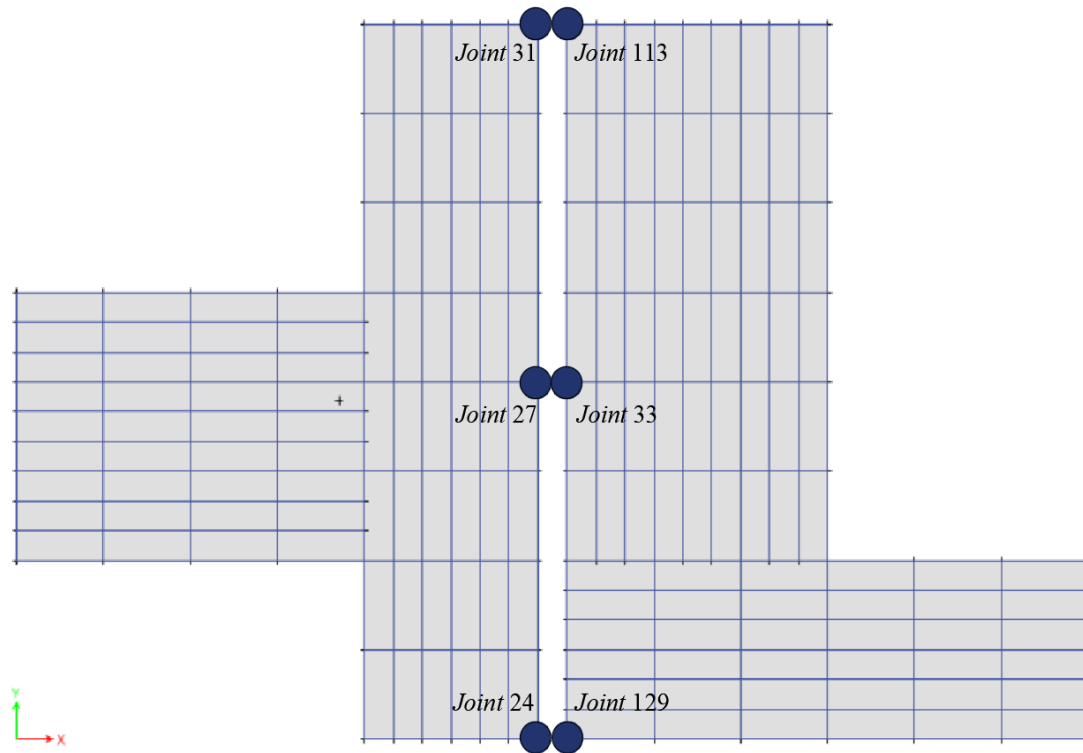
5. Dilakukan penyederhanaan pada model yakni tidak diperhitungkan bukaan tangga atau lift;
6. Komponen struktur balok induk, balok anak, dan kolom menggunakan material baja dengan mutu BJ-37;  $f_y = 240$  Mpa;  $f_u = 370$  Mpa;
7. Profil baja yang digunakan mengacu pada katalog produk PT Gunung Garuda dan JIS G Metric Series;
8. Masing-masing model struktur A dan B dianalisis menggunakan modal analisis dan analisis riwayat waktu untuk mengetahui grafik peralihan dalam fungsi waktu;
9. Peralihan yang dianalisis hanya pada titik-titik kritis seperti yang ditentukan seperti pada gambar 1.3;
10. Bangunan terletak di wilayah kota Bandung dengan kelas situs SD (tanah sedang) dan parameter percepatan gempa  $S_s = 1,50$  dan  $S_1 = 0,47$ ;
11. Analisis dinamik menggunakan riwayat waktu menggunakan 3 rekaman percepatan tanah akibat gempa El Centro 1940, gempa Denpasar 1979, dan gempa Flores 1992;
12. Studi menggunakan data sekunder dari penelitian lain;
13. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah:
  - SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung;
  - SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain;
  - SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural;
  - SNI 7860:2015 Ketentuan seismik untuk struktur baja bangunan gedung.



**Gambar 1.1** Tampak 3 Dimensi Model Struktur A



**Gambar 1.2** Tampak 3 Dimensi Model Struktur B



**Gambar 1.3** Titik Kritis Ditinjau

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

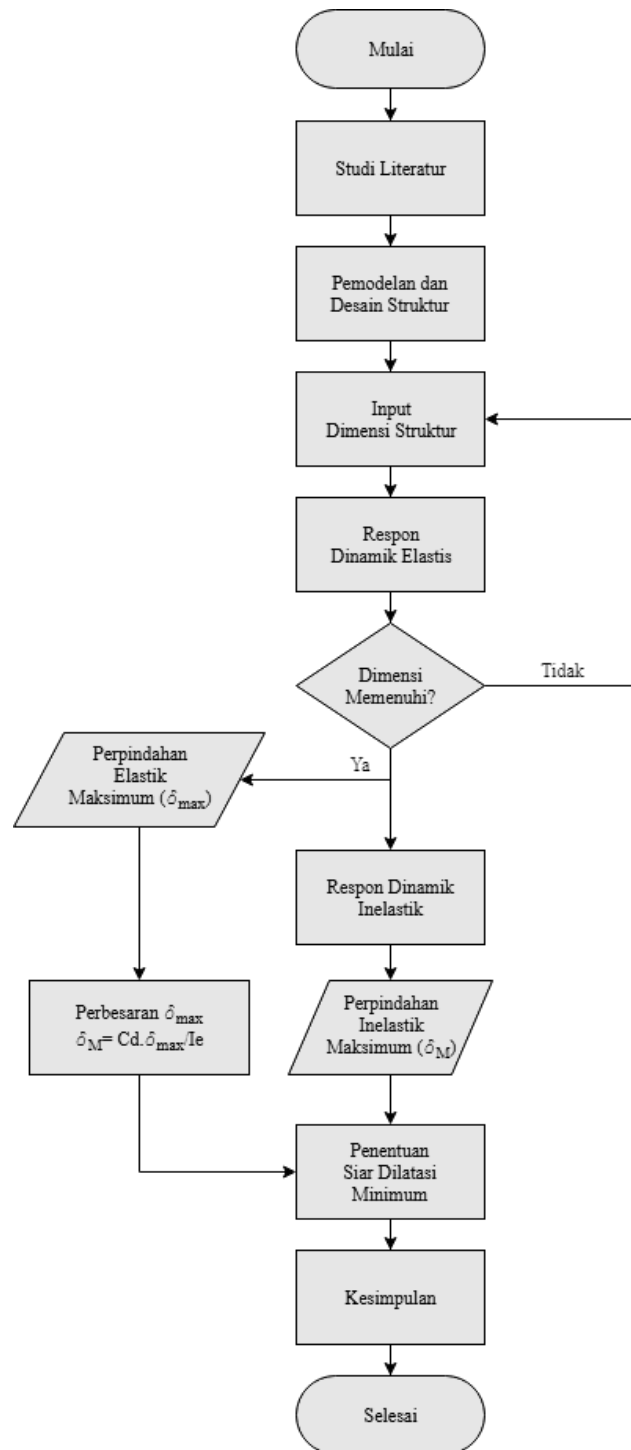
1. Studi Pustaka

Penelitian ini menggunakan teori (dan fakta) berdasarkan buku, jurnal, penelitian lain, dan dokumen standarisasi nasional yang terkait dengan penelitian.

2. Studi Analisis

Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS untuk melakukan pemodelan dan analisis terhadap struktur gedung. Selain itu juga menggunakan perangkat lunak Microsoft Word, Microsoft Excel, dan Mathcad sebagai alat bantu penghitungan dan penyusunan laporan penelitian

## 1.6 Diagram Alir



Gambar 1.4 Diagram Alir Penelitian

## **1.7 Sistematika Penulisan**

### **BAB 1 Pendahuluan**

Bab ini berisi latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

### **BAB 2 Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi dasar-dasar teori dan standar yang dijadikan acuan dalam proses pemodelan dan analisis pada skripsi ini.

### **BAB 3 Pemodelan Struktur**

Bab ini berisi pemodelan struktur serta spesifikasi material yang digunakan dalam analisis struktur dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 2016.

### **BAB 4 Analisis dan Pembahasan**

Bab ini berisi hasil analisis riwayat waktu struktur berupa perilaku inelastik struktur dan hasil modal analisis dari perangkat lunak ETABS 2016, juga berisi hasil analisis serta pembahasan terkait penelitian yang dilakukan.

### **BAB 5 Kesimpulan dan Saran**

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil analisis yang menjawab rumusan masalah, juga saran penulis terkait studi selanjutnya yang berkaitan dengan topik penelitian ini.