

SKRIPSI

**STUDI PERILAKU GEDUNG STRUKTUR RANGKA
BETON BERTULANG PEMIKUL MOMEN KHUSUS
ASIMETRIS BERBENTUK L DENGAN SAMBUNGAN
DILATASI ELASTIS**



**YEREMIA VERREL SUSANTO
NPM : 6101901003**

PEMBIMBING: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T

KO-PEMBIMBING: Liyanto Eddy, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

SKRIPSI

**STUDI PERILAKU GEDUNG STRUKTUR RANGKA
BETON BERTULANG PEMIKUL MOMEN KHUSUS
ASIMETRIS BERBENTUK L DENGAN SAMBUNGAN
DILATASI ELASTIS**



**YEREMIA VERREL SUSANTO
NPM : 6101901003**

**PEMBIMBING: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T
KO-PEMBIMBING: Liyanto Eddy, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023
SKRIPSI**

**STUDI PERILAKU GEDUNG STRUKTUR RANGKA
BETON BERTULANG PEMIKUL MOMEN KHUSUS
ASIMETRIS BERBENTUK L DENGAN SAMBUNGAN
DILATASI ELASTIS**



**YEREMIA VERREL SUSANTO
NPM : 6101901003**

BANDUNG, 16 JANUARI 2023

PEMBIMBING:

KO-PEMBIMBING:

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Lidya Fransisca Tjong".

**Lidya Fransisca Tjong, Ir.,
M.T.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Liyanto Eddy".

Liyanto Eddy, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023
SKRIPSI**

**STUDI PERILAKU GEDUNG STRUKTUR RANGKA
BETON BERTULANG PEMIKUL MOMEN KHUSUS
ASIMETRIS BERBENTUK L DENGAN SAMBUNGAN
DILATASI ELASTIS**



**YEREMIA VERREL SUSANTO
NPM : 6101901003**

PEMBIMBING: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T

**KO-
PEMBIMBING: Liyanto Eddy, Ph.D.**

PENGUJI 1: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PENGUJI 2: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

LEMBAR PERNYATAAN

Rev.28.04.20

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Yeremia Verrel Susanto
NPM : 6101901003
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi dengan judul:
STUDI PERILAKU GEDUNG STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG PEMIKUL MOMEN KHUSUS ASIMETRIS BERBENTUK L DENGAN SAMBUNGAN DILATASI ELASTIS adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 5 Januari 2023



STUDI PERILAKU GEDUNG STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG PEMIKUL MOMEN KHUSUS ASIMETRIS BERBENTUK L DENGAN SAMBUNGAN DILATASI ELASTIS

**Yeremia Verrel Susanto
NPM: 6101901003**

**Pembimbing: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T
Ko-Pembimbing: Liyanto Eddy, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

ABSTRAK

Lokasi geografis Indonesia dengan intensitas gempa yang tinggi menjadi tantangan besar dalam pembangunan infrastruktur gedung. Pada pembangunan gedung hotel, apartemen, atau mall ada bentuk-bentuk khusus yang ingin ditampilkan seperti bentuk denah yang asimetris. Idealnya bentuk denah gedung lebih baik dibuat simetris untuk menghindari eksentrisitas pusat massa dan kekakuan yang mengakibatkan gedung mengalami gerak rotasi saat terjadi gempa. Penggunaan sistem dilatasi bertujuan untuk memisahkan bangunan asimetris menjadi beberapa bagian yang simetris. Pada penelitian ini meninjau apakah gedung dengan model asimetris berbentuk L yang didilatasi dengan sambungan elastis masih berperilaku baik saat terjadi gempa. Sambungan elastis pada celah dilatasi dapat menyerap energi benturan lalu mentransfer dalam bentuk gaya dalam pada elemen struktur.

Pada analisis riwayat waktu nonlinier pada model menunjukkan bahwa kinerja struktur dengan 3 buah rekaman gempa yakni Gempa Landers, USA 1992, Gempa Taiwan 1986, dan Gempa Chi Chi menghasilkan kinerja yang sangat beragam. Kinerja struktur model terhadap Gempa Taiwan menghasilkan kinerja paling buruk dengan indikasi adanya kegagalan sendi plastis pada kolom dengan status *Collaps Prevention* (CP), disusul dengan Gempa Landers dengan status kinerja *Life Safety* (LS). Kinerja struktur paling baik terhadap rekaman Gempa Chi Chi dengan status kinerja *Immediate Occupancy* (IO). Jarak celah dilatasi pada model sangat mengakomodasi perpindahan inelastik antar pertemuan struktur sehingga potensi *pounding* tidak terjadi.

Kata Kunci: Gedung Asimetris, Dilatasi, Rotasi, Sambungan Elastis, Kinerja Struktur

STUDY BEHAVIOUR OF SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME STRUCTURE IN L-SHAPED WITH ELASTIC DILATED JOINTS

**Yeremia Verrel Susanto
NPM: 6101901003**

**Advisor: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T
Co-Advisor: Liyanto Eddy, Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number : 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

ABSTRACT

Indonesia's geographical location with high earthquake intensity is a big challenge in building infrastructure development. There are specific forms to be achieved such as asymmetrical floor plan in hotel, apartment, or mall buildings. Ideally, it is better to make the building plan symmetrical to avoid eccentricity of the center of mass and stiffness which causes the building to experience rotational motion during an earthquake. The use of the dilation system aims to change the asymmetric building into several symmetrical parts. This study examines whether buildings with an asymmetrical L-shaped model made with dilation elastic joints still behave well during an earthquake. The elastic connection in the dilation gap can absorb impact energy then transfer the energy into internal force to the structural elements.

The nonlinear time history analysis of the model shows that the performance of structures with 3 earthquake records, namely the 1992 Landers Earthquake, the 1986 Taiwan Earthquake, and the Chi Chi Earthquake produced very diverse performances. The structural performance of the model against the Taiwan Earthquake produced the worst performance with indications of plastic hinge failure in the column with Collapse Prevention (CP) status, followed by Earthquake Landers with Life Safety (LS) performance status. The best structural performance against Chi Chi Earthquake records with Immediate Occupancy (IO) performance status. The spacing of the dilation gaps in the model accommodates inelastic displacement between the adjacent structure so that the potential for pounding does not occur

Keywords: asymmetric building, dilation, rotation motion, elastic joints, performance level

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan studi skripsi ini yang berjudul Studi Perilaku Gedung Struktur Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus Asimetris Berbentuk L Dengan Sambungan Dilatasi Elastis ini dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penelitian skripsi ini penulis mengalami banyak hambatan dan rintangan baik dari segi fisik maupun mental. Namun, penulis sangat bersyukur atas dukungan dan bimbingan dari orang-orang yang berperan pada kesuksesan penelitian skripsi ini. Maka dari itu penulis ingin memberikan ucapan terima kasih kepada :

1. Seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan dalam bentuk doa, kasih sayang, dan nasihat bagi penulis sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.
2. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T., selaku dosen pembimbing dan Bapak Liyanto Eddy, Ph.D selaku dosen ko-pembimbing yang dengan sabar membimbing, meluangkan waktu, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro dan Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang berguna dalam memperbaiki skripsi ini agar menjadi lebih baik.
4. Seluruh dosen dan asisten dosen Program Studi Sarjana Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan berlangsung.
5. Teman-teman Unpar Semarang yang selalu memberikan semangat dan hiburan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Alberto Richard Goenawan dan Celia Monica yang telah menjadi teman seperjuangan dan teman diskusi bersama selama penulisan skripsi ini berlangsung.

7. Teman-teman angkatan 2019 yang telah membantu dan memberikan dukungan selama masa perkuliahan di Program Studi Teknik Sipil Unpar.

Bandung, 16 Januari 2023



Yeremia Verrel Susanto

6101901003



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-2
1.5 Metode Penelitian.....	1-5
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-6
BAB 2 DASAR TEORI.....	2-1
2.1 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 Bangunan Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa...2-1	
2.1.3 Kombinasi Pembebanan	2-2
2.1.4 Klasifikasi Situs.....	2-3

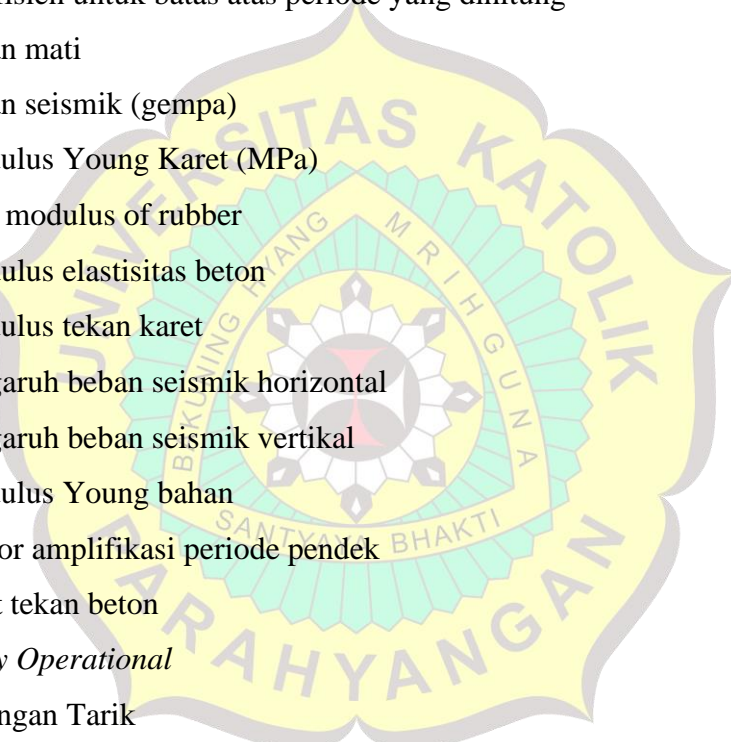
2.1.5 Koefisien Situs dan Parameter – Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko – Tertarget (MCER).....	2-4
2.1.6 Parameter Percepatan Spektral Desain.....	2-6
2.1.7 Kategori Desain Seismik.....	2-8
2.1.8 Sistem Struktur.....	2-9
2.1.9 Faktor Redundansi	2-9
2.1.10 Periode Fundamental.....	2-10
2.1.11 Koefisien Respons Seismik (Cs).....	2-11
2.1.12 Berat Seismik Efektif (W).....	2-12
2.1.13 Gaya Geser Dasar Seismik (V)	2-12
2.1.14 Analisis Spektrum Respons Ragam	2-12
2.1.15 Simpangan Antar Tingkat	2-13
2.1.16 Fleksibilitas Diafragma.....	2-14
2.1.17 Ketidakberaturan	2-16
2.1.18 Pembesaran Torsi Tak Terduga	2-21
2.2 Struktur <i>Pounding</i>	2-21
2.3 Dilatasi Pada Bangunan	2-22
2.3.2 Jenis Jenis Dilatasi	2-24
2.3.3 Jarak Siar Dilatasi	2-26
2.3.4 Sambungan Lentur/Elastis	2-27
2.4 Analisis Riwayat Waktu.....	2-30
2.5 Rekaman Percepatan Gempa.....	2-30
2.5.2 Sendi Plastis	2-32
2.5.3 Tingkat Kinerja Struktur	2-33
BAB 3 PERMODELAN BANGUNAN	3-1

3.1 Model Gedung	3-1
3.1.1 Data Bangunan	3-1
3.1.2 Data Material	3-2
3.1.3 Data Elemen Struktur	3-2
3.1.4 Permodelan Bangunan tanpa Dilatasi	3-3
3.1.5 Permodelan Bangunan dengan Dilatasi	3-3
3.2 Pembebanan.....	3-5
3.2.1 Beban Mati (DL)	3-5
3.2.2 Beban Mati Tambahan (SIDL)	3-6
3.2.3 Beban Hidup	3-6
3.2.4 Beban Gempa	3-6
3.3 Kombinasi Pembebanan	3-7
3.4 Desain Penulangan	3-8
3.5 Desain Sambungan lentur/Elastis	3-9
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1 Analisis Respon Spektrum Gedung pada Struktur Parsial	4-1
4.1.1 Ragam Gerak Struktur	4-1
4.1.2 Pengecekan Simpangan antar Tingkat.....	4-2
4.1.3 Perhitungan Jarak Dilatasi	4-6
4.1.4 Pengecekan Syarat <i>Strong Column-Weak Beam</i>	4-13
4.1.5 Nilai <i>PMM Ratio</i> Kolom pada Struktur Bagian	4-14
4.2 Analisis Respons Spektrum Struktur Gabungan	4-17
4.2.1 Pola Ragam Gerak Struktur Gabungan	4-18
4.2.2 Periode Alami dan Partisipasi Massa	4-21
4.2.3 Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal	4-22
4.2.4 Ketidakberaturan Vertikal	4-25

1. Ketidakberaturan Tipe 1 Kekakuan Tingkat Lunak dan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan.....	4-25
2. Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Ketidakberaturan Massa	4-27
3. Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3 Ketidakberaturan Geometri Vertikal	4-27
4. Ketidakberaturan Vertikal Tipe 4 Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral	4-28
4.2.5 Gaya Geser Dasar.....	4-29
4.2.6 Simpangan Antar Lantai	4-29
4.2.7 Pengecekan Nilai <i>PMM-Ratio</i>	4-30
4.3 Analisis Riwayat Waktu Nonlinier Gedung Struktur Gabungan	4-33
4.3.1 Sendi Plastis	4-34
4.3.2 Respon Struktur Terhadap Beban Riwayat Waktu	4-35
4.3.2.1 Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum.....	4-36
4.3.2.2 Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan <i>Roof Drift Ratio</i>	4-37
4.3.2.3 Peralihan Lantai Maksimum.....	4-38
4.3.3 Pengecekan Potensi <i>Pounding</i> antar Struktur pada Struktur Gabungan	4-40
4.4 Analisis Riwayat Waktu Nonlinier Gedung Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-43
4.4.1 Sendi Plastis	4-44
4.4.2 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-45
4.4.3 Peralihan Lantai Maksimum pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-46
4.4.4 Defomasi Maksimum Aksial Tekan pada Elemen Link Gap Tebal Sambungan Baru	4-47

4.4.5 Pola Ragam Gerak Dominan pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
4.4 Kesimpulan	5-1
4.5 Saran	5-3
DAFTAR PUSTAKA.....	xxii
LAMPIRAN 1 PRELIMINARY DESIGN	1-1
LAMPIRAN 2 FAKTOR SKALA	2-1
LAMPIRAN 3 PENULANGAN KOLOM	3-4
LAMPIRAN 4 PENULANGAN BALOK	4-1
LAMPIRAN 5 DESAIN SAMBUNGAN ELASTIS <i>RUBBER SHEETS</i>	5-1
LAMPIRAN 6 ANALISIS KEKUATAN KARET	6-1
LAMPIRAN 7 DESAIN SAMBUNGAN KARET BARU	7-1
LAMPIRAN 8 ANALISIS KEKUATAN KARET BARU	8-1
LAMPIRAN 9 SENDI PLASTIS.....	9-1
LAMPIRAN 10 KATALOG NATURAL RUBBER SHEETS	10-1

DAFTAR NOTASI



A	: Luas penampang karet
A_x	: Faktor pembesaran torsi
C_d	: Faktor pembesaran defleksi
CP	: <i>Collapse Prevention</i>
C_s	: koefisien respons seismik
$C_{s\min}$: koefisien respons seismik minimum
C_t	: parameter periode pendekatan periode fundamental struktur
C_u	: Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung
D	: beban mati
E	: beban seismik (gempa)
E_r	: Modulus Young Karet (MPa)
E_b	: bulk modulus of rubber
E_c	: Modulus elastisitas beton
E_c'	: Modulus tekan karet
E_h	: pengaruh beban seismik horizontal
E_v	: pengaruh beban seismik vertikal
E_0	: Modulus Young bahan
F_a	: Faktor amplifikasi periode pendek
F'_c	: Kuat tekan beton
FO	: <i>Fully Operational</i>
F_u	:Tegangan Tarik
F_v	: Faktor amplifikasi periode 1 detik
F_y	: Tegangan leleh
h_n	: ketinggian struktur dasar sampai tingkat tertinggi struktur.
I_e	: faktor keutamaan gempa
IO	: <i>Immediate Occupancy</i>
k	: faktor modifikasi
K_v	: Kekakuan aksial efektif karet
L	: beban hidup
L_r	: beban hidup atap

LS : *Life Safety*
 NR : Polimer karet *natural rubber*
 Q_E : adalah pengaruh gaya seismik secara serentak dalam dua arah
 R : koefisien modifikasi respons
 S : *ASTM D2240 Type A durometer hardness (Shore)*
 S_a : Spektrum respons percepatan desain
 S_{DS} : Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek
 S_{D1} : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
 S_i : shape factor
 S_{MS} : Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek
 S_{M1} : Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
 S_s : Percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek
 S_1 : Percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik
 T : Periode fundamental struktur
 T_a : Periode fundamental pendekatan
 T_L : peta transisi periode panjang
 V : gaya geser dasar seismik
 V_{CQC} : Resultan gaya geser dasar dinamik
 V_t : gaya geser dasar hasil analisis ragam
 V_x : Gaya geser dasar dinamik arah x
 V_y : Gaya geser dasar dinamik arah y
 W : berat seismik efektif
 δ_{avg} : rata-rata perpindahan
 δ_M : perpindahan respons inelastik maksimum
 δ_{max} : perpindahan maksimum di tingkat
 δ_{MT} : Jarak minimum pemisah struktur
 δ_x : perpindahan inelastik yang dihitung pada tingkat – x
 δ_{xe} : perpindahan elastik yang dihitung pada tingkat – x
 Δ : Penentuan simpangan antar tingkat desain
 Δ_a : Simpangan antar tingkat izin
 γ_c : Berat jenis beton
 Ω_0 : Faktor kuat lebih sistem

ρ : faktor redundansi



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Permodelan Struktur 3 Dimensi	1-3
Gambar 1.2 Denah Struktur pada Lantai 8	1-4
Gambar 1.3 Potongan pada Elevasi-1	1-4
Gambar 1.4 Potongan pada Elevasi-5	1-5
Gambar 1.5 Permodelan Posisi Dilatasi.....	1-5
Gambar 2.1 Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %) (sumber Gambar 15 SNI 1726:2019)	2-6
Gambar 2.2 Parameter gerak tanah, S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %) (sumber Gambar 16 SNI 1726:2019)	2-6
Gambar 2.3 Kurva Respon Spektra	2-8
Gambar 2.4 Penentuan simpangan antar tingkat.....	2-13
Gambar 2.5 Diafragma fleksibel.....	2-16
Gambar 2.6 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal (sumber Gambar 5 SNI 1726:2019).....	2-18
Gambar 2.7 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal (sumber Gambar 6 SNI 1726:2019).....	2-20
Gambar 2.8 Macam Mekanisme Pounding pada Struktur (Sumber : Miari,M, 2019).....	2-22
Gambar 2.9 Pemisah Bangunan (Sumber Juwana,Jimmy S).....	2-23
Gambar 2.10 Denah Bangunan Baik dan Kurang Baik (Sumber Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, 2006)	2-23
Gambar 2.11 Dilatasi dengan Dua Kolom	2-24
Gambar 2.12 Dilatasi dengan Balok Kantilever	2-25
Gambar 2.13 Dilatasi Balok Gerber.....	2-25
Gambar 2.14 Dilatasi dengan Konsol	2-26
Gambar 2.15 Model Elemen Gap	2-27
Gambar 2.16 Rekaman Gempa Terskala Taiwan 1986 Arah Horizontal	2-31
Gambar 2.17 Rekaman Gempa Terskala Taiwan 1986 Arah Vertikal	2-31

Gambar 2.18 Rekaman Gempa Terskala Landers, USA 1992 Arah Horizontal..	2-32
Gambar 2.19 Rekaman Gempa Terskala Landers, USA 1992 Arah Vetikal ...	2-32
Gambar 2.20 Rekaman Gempa Terskala Chi-Chi, Taiwan 1999Arah Horizontal2-	32
Gambar 2.21 Rekaman Gempa Terskala Chi-Chi, Taiwan 1999Arah Vertikal2-	32
Gambar 2.22 Tingkat Kinerja Struktur.....	2-34
Gambar 3.1 Model Dengan Dilatasi	3-4
Gambar 3.2 Letak Sambungan Dilatasi.....	3-5
Gambar 3.3 Respon Spektrum kota Jakarta dengan situs tanah lunak	3-7
Gambar 3.4 Tributary Area untuk perhitungan kekakuan elemen link gap	3-10
Gambar 3.5 Input Elemen Gap pada Tepi	3-10
Gambar 3.6 Input Elemen Gap pada Interior	3-11
Gambar 3.7 Hubungan Gaya-Deformasi pada Karet.....	3-11
Gambar 4.1 Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur A	4-3
Gambar 4.2 Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur B.....	4-4
Gambar 4.3 Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur C.....	4-5
Gambar 4.4 Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur D	4-6
Gambar 4.5 Lokasi Kritis yang Digunakan Pada Perhitungan Dilatasi	4-7
Gambar 4.6 Nodal yang ditinjau pada Struktur D dan Struktur C	4-8
Gambar 4.7 Nodal yang ditinjau pada Struktur C dan Struktur B.....	4-8
Gambar 4.8 Nodal yang ditinjau pada Struktur B dan Struktur A	4-9
Gambar 4.9 Pengecekan <i>strong column-weak beam</i> Struktur A (Elevasi 2)....	4-13
Gambar 4.10 Pengecekan <i>strong column-weak beam</i> Struktur B (Elevasi 1)..	4-13
Gambar 4.11 Pengecekan <i>strong column-weak beam</i> Struktur C (Elevasi D).	4-14
Gambar 4.12 Pengecekan <i>strong column-weak beam</i> Struktur D (Elevasi B).	4-14
Gambar 4.13 <i>PMM-Ratio</i> maksimum lantai 1-4 dan lantai 5-8 pada Struktur A (Elevasi J).....	4-15
Gambar 4.14 <i>PMM-Ratio</i> maksimum lantai 1-4 dan lantai 5-8 pada Struktur B (Elevasi E).....	4-16
Gambar 4.15 <i>PMM-Ratio</i> maksimum lantai 1-4 dan lantai 5-8 pada Struktur C (Elevasi D)	4-16

Gambar 4.16 <i>PMM-Ratio</i> maksimum lantai 1-4 dan lantai 5-8 pada Struktur D (Elevasi 10).....	4-17
Gambar 4.17 Tampak Atas Ragam Gerak Pertama Struktur Gabungan.....	4-19
Gambar 4.18 Tampak Atas Ragam Gerak Kedua Struktur Gabungan	4-19
Gambar 4.19 Tampak Atas Ragam Gerak Ketiga Struktur Gabungan	4-20
Gambar 4.20 Tampak Atas Ragam Gerak Keempat Struktur Gabungan	4-20
Gambar 4.21 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2.....	4-25
Gambar 4.22 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Gabungan	4-30
Gambar 4.23 <i>P-M-M Ratio Column</i> Struktur Gabungan (Elevasi J).....	4-31
Gambar 4.24 <i>P-M-M Ratio Column</i> Struktur Gabungan (Elevasi D).....	4-31
Gambar 4.25 <i>P-M-M Ratio Column</i> Struktur Gabungan (Elevasi D).....	4-32
Gambar 4.26 <i>P-M-M Ratio Column</i> Struktur Gabungan (Elevasi 10).....	4-32
Gambar 4.27 Sendi Plastis Gempa Taiwan Elevasi A ($t = 45$ detik).....	4-35
Gambar 4.28 Grafik Simpangan Antar Tingkat (Arah X)	4-36
Gambar 4.29 Grafik Simpangan Antar Tingkat (Arah Y)	4-37
Gambar 4.30 Grafik Peralihan Lantai Maksimum Arah X.....	4-39
Gambar 4.31 Grafik Peralihan Lantai Maksimum (Arah Y)	4-39
Gambar 4.32 Grafik Peralihan Arah X pada Struktur B dan Struktur A saat Gempa Landers ($t=42,5$).....	4-41
Gambar 4.33 Grafik Peralihan Arah X pada Struktur B dan Struktur A saat Gempa Taiwan ($t=33.1$).....	4-42
Gambar 4.34 Grafik Peralihan Arah Y pada Struktur D dan Struktur C saat Gempa Chi Chi ($t=10$).....	4-43
Gambar 4.35 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu X dan Y pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-45
Gambar 4.36 Grafik Peralihan Lantai Maksimum pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru.....	4-46
Gambar 4.37 Grafik Peralihan Arah X pada Struktur C dan Struktur B saat Gempa Taiwan ($t=33.2$).....	4-48

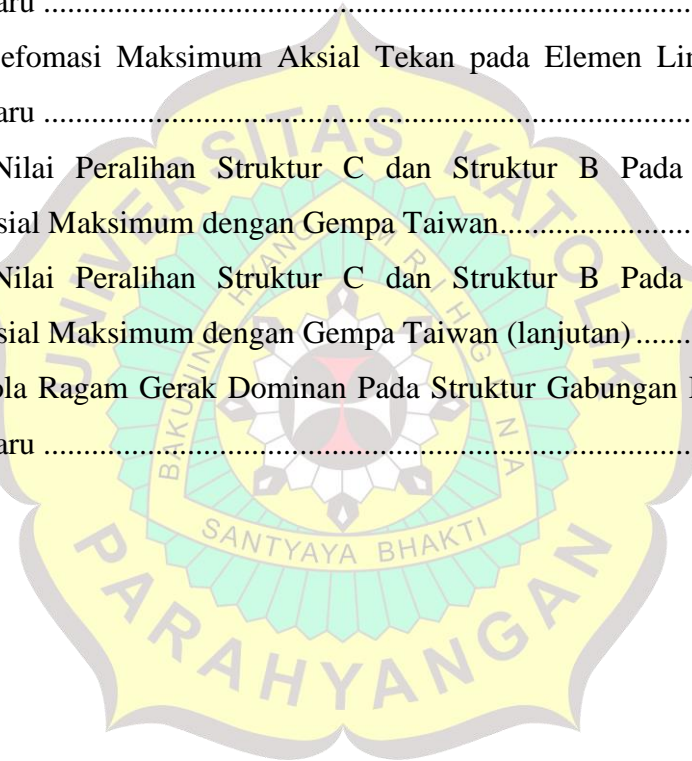
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (sumber Tabel 3 SNI 1726:2019).....	2-1
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa (sumber Tabel 4 SNI 1726:2019).....	2-2
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs (Sumber Tabel 5 SNI 1726:2019).....	2-4
Tabel 2.4 Koefisien Situs F_a (sumber Tabel 6 SNI 1726:2019).....	2-4
Tabel 2.4 Koefisien Situs F_a (sumber Tabel 6 SNI 1726:2019) (lanjutan).....	2-5
Tabel 2.5 Koefisien Situs F_v (sumber Tabel 6 SNI 1726:2019).....	2-5
Tabel 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek (SDS) (sumber Tabel 8 SNI 1726:2019)2-8	8
Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik (SD1) (sumber Tabel 9 SNI 1726:2019) 2-8	8
Tabel 2.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (sumber Tabel 12 SNI 1726:2019).....	2-9
TB : Tidak Dibatasi.....	2-9
Tabel 2.9 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x (sumber Tabel 18 SNI 1726:2019)	2-10
Tabel 2.10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (sumber Tabel 17 SNI 1726:2019).....	2-11
Tabel 2.11 Simpangan antar tingkat izin, Δ_a (sumber Tabel 20 SNI 1726:2019). 2-14	14
Tabel 2.12 Ketidakberaturan horizontal pada struktur (sumber Tabel 13 SNI 1726:2019)	2-16
Tabel 2.12 Ketidakberaturan horizontal pada struktur (sumber Tabel 13 SNI 1726:2019) (lanjutan).....	2-17
Tabel 2.13 Ketidakberaturan vertikal pada struktur (sumber Tabel 14 SNI 1726:2019)	2-19
Tabel 2.14 Spesifikasi Karet	2-29

Tabel 2.15 Gerak tanah yang diseleksi dan diskalakan untuk mendapatkan respons spektrum rata-rata cocok dengan target respons spektrum (sumber Tabel A SNI 8899:2020)	2-30
Tabel 2.16 Batasan Performance Level berdasarkan <i>Roof Drift Ratio</i> (sumber : Tabel C1-3 – FEMA 356).....	2-34
Tabel 3.1 Dimensi Elemen Struktur pada Permodelan.....	3-2
Tabel 3.2 Ragam Gerak Dominan Model Gedung	3-3
Tabel 3.3 Beban SIDL	3-6
Tabel 3.4 Konfigurasi Penulangan Kolom.....	3-8
Tabel 3.5 Konfigurasi Penulangan Balok.....	3-8
Tabel 3.6 Tabel Spesifikasi Sambungan Elastis	3-9
Tabel 4.1 Pola Ragam Gerak Struktur A	4-1
Tabel 4.2 Pola Ragam Gerak Struktur B	4-1
Tabel 4.3 Pola Ragam Gerak Struktur C	4-2
Tabel 4.4 Pola Ragam Gerak Struktur D.....	4-2
Tabel 4.5 Pengecekan Story Drift pada Struktur A	4-2
Tabel 4.6 Pengecekan Story Drift pada Struktur B.....	4-3
Tabel 4.7 Pengecekan Story Drift pada Struktur C.....	4-4
Tabel 4.8 Pengecekan Story Drift pada Struktur D	4-5
Tabel 4.9 Tabel Perhitungan Jarak Dilatasi Struktur A dan Struktur B.....	4-9
Tabel 4.9 Tabel Perhitungan Jarak Dilatasi Struktur A dan Struktur B (lanjutan)	4-10
Tabel 4.10 Tabel Perhitungan Jarak Dilatasi Struktur B dan Struktur C.....	4-10
Tabel 4.10 Tabel Perhitungan Jarak Dilatasi Struktur B dan Struktur C (lanjutan)	4-11
Tabel 4.11 Tabel Perhitungan Jarak Dilatasi Struktur C dan Struktur D.....	4-11
Tabel 4.11 Tabel Perhitungan Jarak Dilatasi Struktur C dan Struktur D (lanjutan)	4-12
Tabel 4.12 Nilai <i>PMM Ratio</i> Maksimum Pada Kolom Struktur Parsial	4-15
Tabel 4.13 Pola Ragam Gerak Struktur Gabungan.....	4-18
Tabel 4.14 Periode Getar Alami dan Partisipasi Massa Struktur Gabungan....	4-21

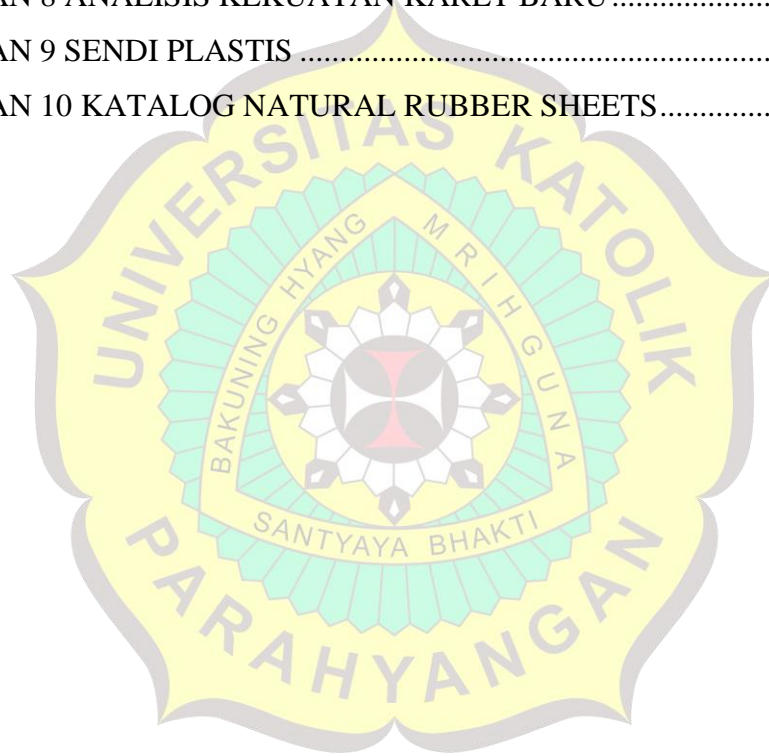
Tabel 4.14 Periode Getar Alami dan Partisipasi Massa Struktur Gabungan (lanjutan)	4-22
Tabel 4.15 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b Arah X .	4-23
Tabel 4.16 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b Arah Y .	4-23
Tabel 4.17 Faktor Perbesaran Torsi Tak Terduga Arah X	4-24
Tabel 4.18 Faktor Perbesaran Torsi Tak Terduga Arah Y	4-24
Tabel 4.19 Pengecekan Ketidakberaturan Sudut Dalam	4-24
Tabel 4.20 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X	4-25
Tabel 4.21 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah X.....	4-26
Tabel 4.22 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah Y	4-26
Tabel 4.23 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah Y	4-26
Tabel 4.24 Pengecekan Ketidakberaturan Massa.....	4-27
Tabel 4.25 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal	4-27
Tabel 4.26 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b arah X	4-28
Tabel 4.27 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b arah Y	4-28
Tabel 4.28 Gaya Geser Dasar Dinamik Struktur Gabungan	4-29
Tabel 4.29 Pengecekan Simpangan Antar Lantai Struktur Gabungan	4-29
Tabel 4.30 Perbandingan nilai PMM Ratio maksimum pada Analisis Parsial dan Analisis Gabungan Model 1	4-33
Tabel 4.31 Sendi Plastis yang Terjadi pada Struktur Gabungan	4-34
Tabel 4.32 Rasio Simpangan Antar Tingkat Arah X	4-36
Tabel 4.33 Rasio Simpangan Antar Tingkat Arah Y	4-37
Tabel 4.34 Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan <i>Roof Drift Ratio</i>	4-38
Tabel 4.35 Peralihan Lantai Maksimum Arah X	4-38
Tabel 4.36 Peralihan Lantai Maksimum Arah Y	4-39
Tabel 4.37 Deformasi Maksimum Aksial Tekan pada Elemen Link Gap	4-40
Tabel 4.38 Nilai Peralihan Struktur B dan Struktur A Pada Saat Terjadi Deformasi Aksial Maksimum dengan Gempa Landers	4-40
Tabel 4.38 Nilai Peralihan Struktur B dan Struktur A Pada Saat Terjadi Deformasi Aksial Maksimum dengan Gempa Landers (lanjutan).....	4-41
Tabel 4.39 Nilai Peralihan Struktur B dan Struktur A Pada Saat Terjadi Deformasi Aksial Maksimum dengan Gempa Taiwan	4-41

Tabel 4.40 Nilai Peralihan Struktur C dan Struktur D Pada Saat Terjadi Deformasi Aksial Maksimum dengan Gempa Chi Chi.....	4-42
Tabel 4.41 Spesifikasi Sambungan Karet Dimensi Baru.....	4-43
Tabel 4.41 Spesifikasi Sambungan Karet Dimensi Baru (lanjutan)	4-44
Tabel 4.42 Sendi Plastis yang Terjadi pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-44
Tabel 4.43 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu X dan Y pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-45
Tabel 4.44 Peralihan Lantai Maksimum pada Struktur Gabungan dengan Tebal Sambungan Baru	4-46
Tabel 4.45 Defomasi Maksimum Aksial Tekan pada Elemen Link Gap Tebal Sambungan Baru	4-47
Tabel 4.46 Nilai Peralihan Struktur C dan Struktur B Pada Saat Terjadi Deformasi Aksial Maksimum dengan Gempa Taiwan.....	4-47
Tabel 4.46 Nilai Peralihan Struktur C dan Struktur B Pada Saat Terjadi Deformasi Aksial Maksimum dengan Gempa Taiwan (lanjutan).....	4-48
Tabel 4.47 Pola Ragam Gerak Dominan Pada Struktur Gabungan Dengan Tebal Sambungan Baru	4-48



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PRELIMINARY DESIGN	L1-1
LAMPIRAN 2 FAKTOR SKALA.....	L2-1
LAMPIRAN 3 PENULANGAN KOLOM.....	L3-4
LAMPIRAN 4 PENULANGAN BALOK.....	L4-1
LAMPIRAN 5 DESAIN SAMBUNGAN ELASTIS <i>RUBBER SHEETS</i>	L5-1
LAMPIRAN 6 ANALISIS KEKUATAN KARET	L6-1
LAMPIRAN 7 DESAIN SAMBUNGAN KARET BARU	L7-1
LAMPIRAN 8 ANALISIS KEKUATAN KARET BARU	L8-1
LAMPIRAN 9 SENDI PLASTIS	L9-1
LAMPIRAN 10 KATALOG NATURAL RUBBER SHEETS.....	L10-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki populasi penduduk terbanyak di Asia Tenggara, maka pembangunan infrastuktur di kota-kota besar menjadi peran yang sangat penting untuk mengakomodasi kebutuhan masyarakat. Pembangunan infrastruktur yang berkembang akan menjadi tantangan besar untuk pembangunan di Indonesia. Padatnya populasi penduduk di kota-kota besar mengakibatkan lahan yang ada menjadi terbatas, sehingga perencanaan gedung memiliki keterbatasan bentuk lahan karena menyesuaikan lokasi pembangunan yang terbatas. Letak geografis Indonesia juga menjadi tantangan besar untuk pembangunan infrastruktur gedung karena Indonesia terletak pada zona dengan intensitas gempa yang cukup tinggi.

Perencanaan suatu gedung bangunan harus memperhatikan pada sistem struktur tahan gempa pada bangunan. Besarnya gaya gempa pada gedung dipengaruhi oleh beberapa banyak faktor, yakni berat dan kekakuan material struktur, konfigurasi dan sistem struktur, periode atau waktu getar struktur, kondisi tanah dasar, wilayah kegempaan, dan perilaku gempa yang terjadi. Maka perencanaan struktur harus dengan perencanaan kapasitas yang baik dan pendetailan elemen struktur yang tepat. Apabila persyaratan-persyaratan di atas dipenuhi maka diharapkan gedung dapat berperilaku baik pada saat terjadi gempa tanpa mengalami kegagalan struktur yang tidak diinginkan.

Sebuah gedung yang memiliki struktur tahan gempa idealnya memiliki bentuk yang beraturan dan simetris agar menghindari ragam getar torsi. Pada pembangunan gedung hotel, apartemen, atau mall ada bentuk-bentuk khusus yang ingin dicapai karena keterbatasan lahan yang ada. Perancangan denah bangunan gedung yang berada pada daerah rawan gempa lebih baik dibuat beraturan, sederhana, simetris, persegi, dan tidak terlalu panjang. Oleh karena itu, pembangunan gedung yang memiliki bentuk model yang tidak beraturan, asimetris, dan terlalu panjang harus didesain khusus, yakni dengan cara

memisahkan bangunan utama dengan memberikan dilatasi pada bangunan agar tidak terjadi ragam getar torsi yang nantinya akan berpotensi terjadinya kegagalan struktur saat terjadi gempa.

1.2 Inti Permasalahan

Pada denah bangunan gedung yang memiliki bentuk asimetris dan dimensi yang sangat panjang seringkali berpotensi mengalami ragam getar yang dominan adalah rotasi. Ragam getar rotasi tidak diharapkan pada ragam getar awal karena akan mengakibatkan gedung mengalami puntir. Sambungan dilatasi biasanya digunakan pada kasus ini, sehingga bangunan setelah dipisah memiliki ragam getar yang dominan adalah translasi. Dilatasi menggunakan material penyerap energi berupa karet dengan sifat elastis (*elastomeric rubber*). Sambungan dilatasi ini dapat mentransfer gaya gempa antara kedua bangunan yang didilatasi. Studi ini dilakukan untuk meninjau apakah gedung bangunan yang didilatasi dengan sambungan elastis masih berperilaku dengan baik saat terjadi gempa.

1.3 Tujuan Penelitian

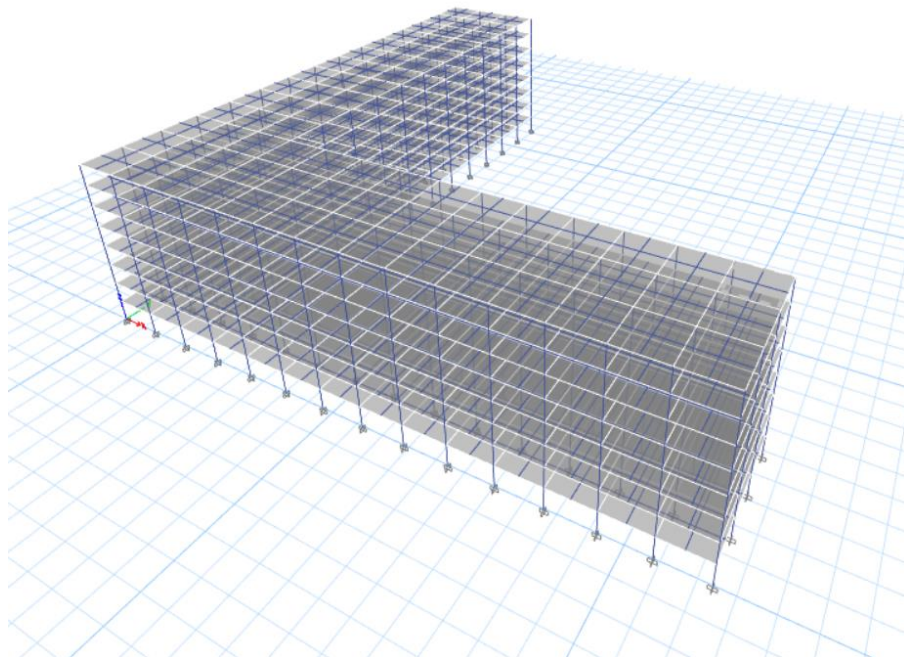
Tujuan penelitian studi perilaku ini untuk menganalisis respon dinamik struktur dengan dilatasi sambungan lentur jenis *Natural Rubber Sheets* serta kinerja struktur pada gedung dengan dilatasi Analisis Nonlinier Riwayat waktu

1.4 Pembatasan Masalah

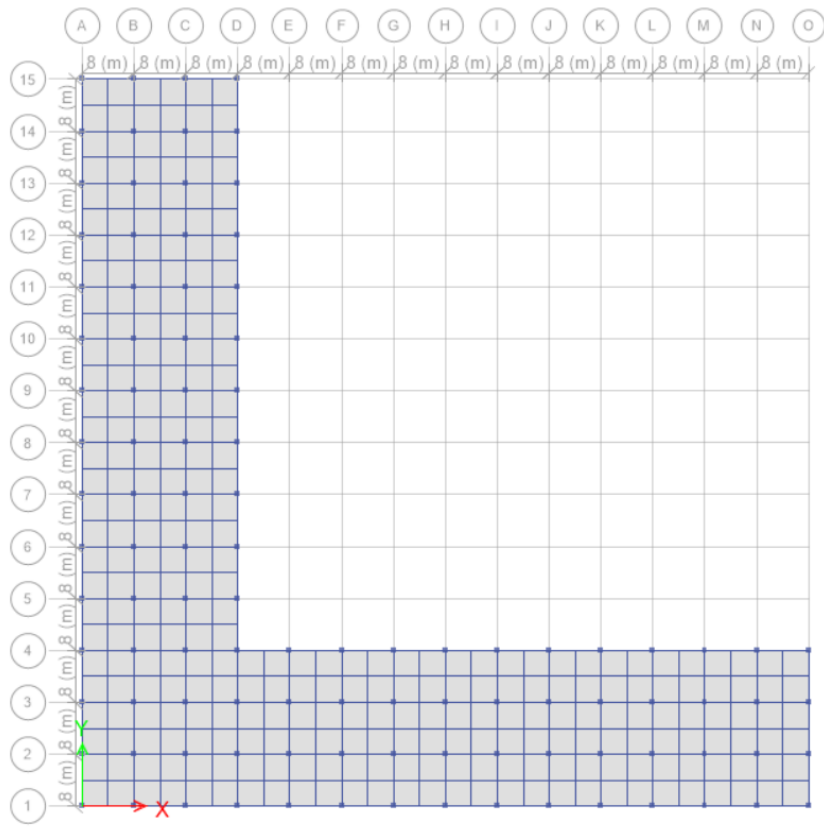
Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Denah gedung ber-*layout* L seperti pada gambar dibawah dengan tinggi bangunan 8 lantai dengan tinggi tiap lantai 4 meter serta tidak terdapat basement seperti pada **Gambar 1.1**.
2. Fungsi gedung apartemen yang berlokasi di Jakarta dengan kategori desain seismik D.
3. Struktur gedung beton bertulang dengan mutu beton yang digunakan adalah 28 MPa dan mutu baja tulangan yang digunakan adalah 420 MPa.
4. Sambungan lentur pada dilatasi gedung menggunakan karet *Natural Rubber Sheets*.

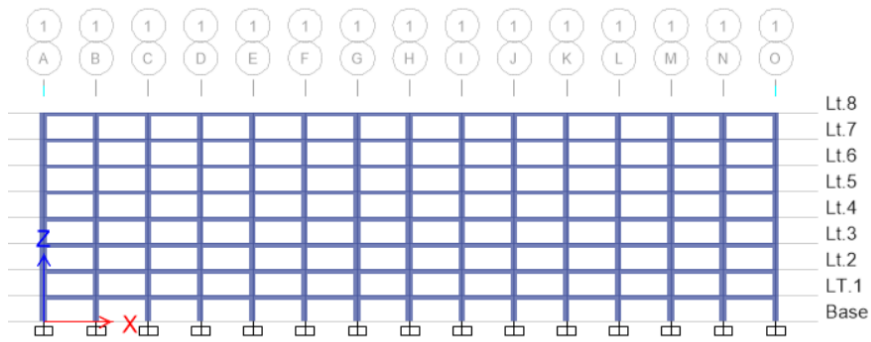
5. Sistem struktur direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.
6. Analisis struktur ditinjau dalam 3 dimensi menggunakan bantuan program ETABS.
7. Struktur bawah tidak direncanakan/ diperhitungkan dalam skripsi ini.
8. Perencanaan struktur gedung berpedoman pada :
 - a. SNI 1726:2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
 - b. SNI 1727:2020. Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
 - c. SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
 - d. SNI 8899:2020. Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia



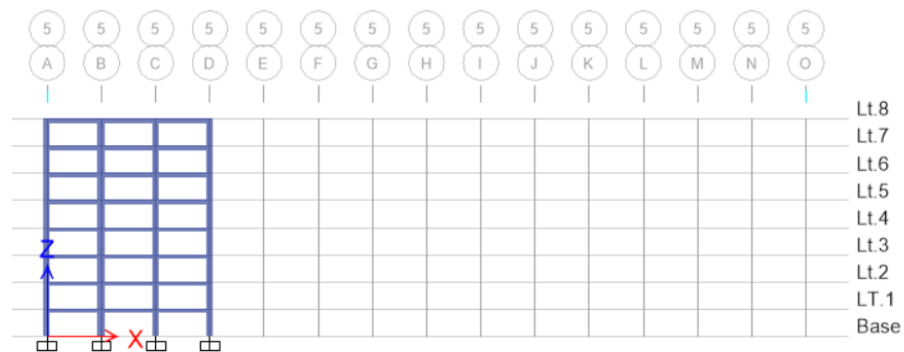
Gambar 1.1 Permodelan Struktur 3 Dimensi



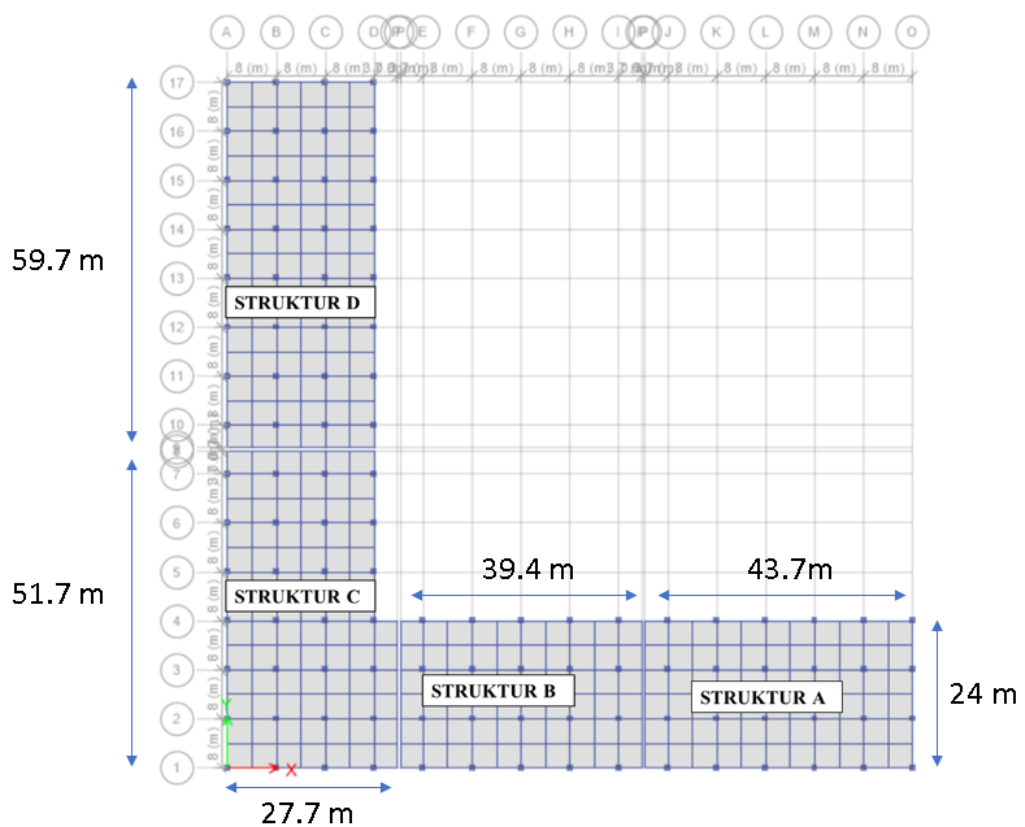
Gambar 1.2 Denah Struktur pada Lantai 8



Gambar 1.3 Potongan pada Elevasi-1



Gambar 1.4 Potongan pada Elevasi-5



Gambar 1.5 Permodelan Posisi Dilatasi

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini dibuat dengan 2 metode, yakni :

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh konsep dan gambaran mengenai penelitian ini dari referensi yang ada.

Referensi yang diambil bersumber dari jurnal, skripsi, buku, dan peraturan-peraturan SNI. Dengan metode studi literatur diharapkan dapat mendukung pemahaman konsep dari perilaku dilatasi bangunan dan dapat mendukung tahap analisis penelitian ini.

2. Studi Analisis

Permodelan struktur dan analisis struktur dari gedung menggunakan program ETABS untuk membantu tahapan – tahapan studi penelitian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab I ini terdiri dari latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang studi literatur dari landasan teori yang berkaitan dengan topik dilatasi yang akan dibahas pada penelitian ini.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang permodelan struktur gedung beton bertulang dengan denah gedung asimetris serta desain detail dan jarak dilatasi pada sambungan lentur dengan jenis *Natural Rubber Sheets*. Permodelan ini dimodelkan 3 dimensi dengan menggunakan program ETABS.

4. BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang analisis data untuk membandingkan respon peralihan struktur dan gaya dalam struktur pada sambungan lentur dengan jenis *Natural Rubber Sheets* dan sambungan kaku serta mengetahui kinerja struktur pada gedung dengan dilatasi akibat beban riwayat waktu

5. BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari studi perilaku gedung yang ditinjau pada tujuan penelitian ini.