

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN GEDUNG DENGAN  
IREGULARITAS HORIZONTAL MENGGUNAKAN *BASE  
ISOLATION* DAN TANPA *BASE ISOLATION***



**MARCELLINO ARIFIN  
NPM: 2015410024**

**PEMBIMBING : Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.  
KO-PEMBIMBING: Altho Sagara, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN PT/Akred/S/VII/2018)**

**MEI  
2019**

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN GEDUNG DENGAN  
IREGULARITAS HORIZONTAL MENGGUNAKAN *BASE  
ISOLATION* DAN TANPA *BASE ISOLATION***



**MARCELLINO ARIFIN  
NPM: 2015410024**

**KO-PEMBIMBING:**

**PEMBIMBING:**

**Altho Sagara, S.T., M.T.**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**MEI  
2019**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Marcellino Arifin

NPM : 2015410024

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Perbandingan Gedung Dengan Iregularitas Horizontal Menggunakan Base Isolation Dan Tanpa Base Isolation* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Mei 2019



Marcellino Arifin

2015410024

# **STUDI PERBANDINGAN GEDUNG DENGAN IREGULARITAS HORIZONTAL MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* DAN TANPA *BASE ISOLATION***

**Marcellino Arifin  
NPM: 2015410024**

**Pembimbing: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T  
Ko-Pembimbing: Altho Sagara, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNI 2019**

## **ABSTRAK**

Jumlah penduduk yang terus bertambah menyebabkan peningkatan kebutuhan penduduk, salah satunya yaitu rumah tinggal ataupun bangunan dengan fungsi lainnya. Adanya keterbatasan lahan mengakibatkan pembangunan gedung bertingkat semakin berkembang. Dalam mendesain, tentunya suatu gedung harus mampu menahan beban lateral akibat gempa. Dewasa ini, dilakukan suatu pendekatan untuk mengurangi gaya lateral dengan menggunakan *base isolation*. Prinsipnya adalah memisahkan struktur bangunan dengan tanah sehingga ketika gempa terjadi, tanah akan tetap mengalami pergerakan tetapi struktur bangunan akan tetap mempertahankan posisinya. Pada skripsi ini, dilakukan analisis perbandingan gedung yang menggunakan *base isolation* (khususnya *lead rubber bearing*) dan *fixed base*. Berdasarkan analisis respons spektrum, penggunaan *base isolation* dapat mereduksi gaya geser dasar pada gedung sebesar 29.47% pada arah x dan 29.19% pada arah y, tetapi menyebabkan gedung menjadi lebih fleksibel pada arah horizontal sehingga gedung memiliki periode dan perpindahan lantai yang lebih besar. Kekakuan horizontal dan kekakuan vertikal yang dimiliki *base isolation* tidak mampu menahan momen pada dasar gedung sehingga terjadi distribusi momen ke tingkat di atasnya dan meningkatkan kebutuhan tulangan longitudinal balok induk sebesar 3.2%. Berbeda halnya dengan kolom, penggunaan *base isolation* meningkatkan kekuatan kolom sehingga dimensi dapat diperkecil dan kebutuhan tulangan longitudinal berkurang masing-masing sebesar 25% dan 24.52% pada lantai 1-5 dan 28.57% dan 25% pada lantai 6-10. Dalam analisis riwayat waktu digunakan tiga rekaman gempa yaitu El Centro, Denpasar dan Flores. Berdasarkan analisis riwayat waktu, penggunaan *base isolation* meningkatkan kekuatan elemen struktur sehingga tidak terjadi sendi plastis pada kolom. Selain itu, penggunaan *base isolation* meningkatkan tingkat kinerja struktur. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil analisis riwayat waktu dengan rekaman gempa Flores, tingkat kinerja struktur pada gedung yang menggunakan *base isolation* adalah *immediate occupancy*, sedangkan gedung dengan *fixed base* memiliki tingkat kinerja struktur *life safety*.

Kata kunci: *Base Isolation*, *Lead Rubber Bearing*, Analisis Respons Spektrum, Analisis Riwayat Waktu

# **COMPARATIVE STUDY OF A HORIZONTALLY IRREGULAR BUILDING WITH BASE ISOLATION AND WITHOUT BASE ISOLATION**

**Marcellino Arifin  
NPM: 2015410024**

**Advisor: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.  
Co-Advisor: Altho Sagara, S.T., M.T.**

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

## **ABSTRACT**

As human population grows, so is human needs, one of which is a place to live or other functional buildings. Due to limited land use, multi-storey buildings growth began to rise. In the design process, a multi-storey building must be able to withstand lateral loads caused by earthquakes. Reducing lateral loads can be done by an approach using base isolation. The principle is to separate the structure from the ground so that when an earthquake occurs, the movement created in the ground would not affect the position of the building's structure. In this study, a comparison between buildings using base isolation, especially the lead rubber bearing, and fixed base is carried out. Based on response spectrum analysis, the use of base isolation can reduce the base shear of the building by 29.47% in x direction and 29.19% in y direction, thus creating a horizontally more flexible building that has a larger period and displacement. The application of base isolation on the building increases the column strength's, so the column's dimension and longitudinal reinforcement can be reduced by 25% and 24.52% respectively on the 1st to 5th floor, and 28.57% and 25% respectively on the 6th to 10th floor. However, horizontal and vertical stiffness of the base isolation alone are not able to resist the torsion moment created that it was distributed to the levels above the ground level, which leads to the need to increase the beam's longitudinal reinforcement by 3.2%. On time history analysis, three earthquake accelerations are used, namely El Centro, Denpasar and Flores. According to the analysis, besides increasing the strength of the building's structural elements so that plastic joints on columns do not occur, the use of base isolation also increases the performance level of the structure. This can be seen from the results of analysis with Flores earthquake acceleration whereas the structural performance level of the building using base isolation is immediate occupancy, while fixed base buildings' structural performance level is life safety.

Keywords: Base Isolation, Lead Rubber Bearing, Response Spectrum Analysis, Time History Analysis

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Perbandingan Gedung Dengan Iregularitas Horizontal Menggunakan *Base Isolation* Dan Tanpa *Base Isolation*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat lulus program sarjana di program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penulisan skripsi ini, banyak sekali hambatan baik itu yang bersifat fisik maupun emosional dalam skala yang besar ataupun kecil yang dialami oleh penulis. Namun, penulis sangat bersyukur atas hadirnya orang-orang yang sangat membantu penulis untuk mengatasi berbagai hambatan tersebut. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang tersebut, yaitu:

1. Erwin Arifin, Stephanie Christy, dan Reynaldi Arifin selaku keluarga inti yang selalu memberi dukungan dalam berbagai bentuk dan dalam berbagai situasi dan kondisi.
2. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mendampingi penulis dalam segala proses penulisan skripsi hingga penyempurnaan penulisan skripsi penulis.
3. Bapak Altho Sagara, S.T.,M.T., selaku ko-pembimbing yang selalu membantu dan memberi semangat kepada penulis ketika mengalami kesulitan.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar KBI Struktur Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk segala kritik, masukan, dan sarannya.
5. Maura Adisti mahasiswi Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan yang selalu menemani di saat suka maupun duka serta pembuat *layout* PPT.
6. Louis dan Raissa selaku teman yang berjuang bersama dan saling membantu ketika mengalami kesulitan dalam menganalisis.
7. David Christian dan Ivonne selaku teman penulis yang sudah lulus namun tetap membantu dalam proses analisis.

8. Agung, Alvin Yo, Ardianto, Kevin Arya, Ega, Fawwaz, Franklin, Gilbert Akira, Galdo, Jevon, Meyer, Hansel, Vincent J.W, Vito, dan Yosua Margon selaku teman baik penulis selama berkuliah di Universitas Katolik Parahyangan yang selalu memberikan semangat positif kepada penulis.
9. Alia Azzahra dan Nabila Qolbi selaku teman penulis yang mendukung secara moral.
10. Sipil Unpar 2015 dan Masyarakat Sipil yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

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

Bandung, Mei 2019



Marcellino Arifin

2015410024

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xxi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah .....	1-2
1.5 Metode Penelitian .....	1-7
1.6 Diagram Alir Penelitian .....	1-8
<b>BAB 2 DASAR TEORI</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 <i>Base Isolation</i> .....	2-1
2.1.1 <i>Tipe Base Isolation</i> .....	2-1
2.1.2 <i>Pemodelan Base Isolation</i> .....	2-6
2.2 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung Berdasarkan SNI 1726:2012 .....	2-7
2.2.1 Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa .....	2-7
2.2.2 Kombinasi Pembebanan.....	2-8
2.2.3 Pengaruh Beban Gempa dan Kombinasi Beban Gempa.....	2-9
2.2.4 Faktor Redudansi .....	2-10
2.2.5 Klasifikasi Situs .....	2-10
2.2.6 Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ).....	2-11
2.2.7 Parameter Percepatan Sepktral Desain .....	2-13
2.2.8 Spektrum Respons Desain.....	2-14
2.2.9 Kategori Desain Seismik .....	2-14
2.2.10 Sistem Struktur .....	2-15
2.2.11 Gaya Lateral Ekuivalen.....	2-17



2.2.12 Analisis Spektrum Respons Ragam.....	2-20
2.2.13 Simpangan Antar Lantai .....	2-20
2.2.14 Ketidakberaturan Horizontal .....	2-21
2.2.15 Ketidakberaturan Vertikal .....	2-24
2.2.16 Peningkatan Gaya Akibat Ketidakberaturan Untuk Kategori Desain Seismik D Sampai Dengan F.....	2-26
2.2.17 Diafragma, Kord dan Kolektor .....	2-27
2.3 Analisis Riwayat Waktu .....	2-27
2.3.1 Persyaratan Analisis Riwayat Waktu Nonlinier .....	2-28
2.3.2 Sendi Plastis.....	2-28
2.3.3 Tingkat Kinerja Struktur .....	2-29
<b>BAB 3 STUDI KASUS.....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Model Gedung .....	3-1
3.2 Data Gedung .....	3-2
3.3 Data Material .....	3-2
3.4 Pembebanan.....	3-3
3.4.1 Beban Mati (DL).....	3-3
3.4.2 Beban Mati Tambahan (SIDL) .....	3-3
3.4.3 Beban Hidup (LL).....	3-4
3.4.4 Beban Gempa .....	3-4
3.5 Kombinasi Pembebanan .....	3-4
3.6 Elemen Struktur .....	3-5
3.7 Data <i>Base Isolation: Lead Rubber Bearing</i> .....	3-6
3.8 Data Rekaman Gempa.....	3-6
<b>BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Analisis Respons Spektrum Gedung Tanpa <i>Base Isolation (Fixed Base)</i> ....	4-1
4.1.1 Gerak Dominan Gedung.....	4-1
4.1.2 Ragam Getar dan Periode Getar .....	4-1
4.1.3 Gaya Geser Dasar .....	4-2
4.1.4 Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ).....	4-3
4.1.5 Ketidakberaturan Horizontal .....	4-4
4.1.6 Ketidakberaturan Vertikal .....	4-7
4.2 Analisis Respons Spektrum Gedung Dengan <i>Base Isolation</i> .....	4-12
4.2.1 Gerak Dominan Gedung.....	4-12
4.2.2 Ragam Getar dan Periode Getar .....	4-12
4.2.3 Gaya Geser Dasar .....	4-13

4.2.4 Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ) .....	4-14
4.2.5 Ketidakberaturan Horizontal .....	4-15
4.2.6 Ketidakberaturan Vertikal .....	4-20
4.3 Perbandingan Model Gedung Dengan Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-24
4.3.1 Simpangan Lantai ( <i>Displacement</i> ).....	4-24
4.3.2 Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ) .....	4-26
4.3.3 Gaya Geser Tiap Lantai ( <i>Story Shear</i> ).....	4-28
4.4 Peningkatan Gaya Akibat Ketidakberaturan Untuk Kategori Desain D .....	4-30
4.5 Pengaruh Penggunaan <i>Base Isolation</i> pada Elemen Struktur.....	4-32
4.6 Analisis Riwayat Waktu.....	4-37
4.6.1 Sendi Plastis.....	4-37
4.6.2 Tingkat Kinerja Struktur .....	4-42
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran.....	5-2
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>xxiii</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

$A_{LRB}$	:	<i>Area of bearing</i>
$B$	:	<i>Rubber diameter</i>
$C$	:	<i>Base shear coefficient</i>
$C_d$	:	Koefisien amplifikasi defleksi
$CP$	:	<i>Collapse Prevention</i>
$C_s$	:	Koefisien respons seismik
$C_t$	:	Parameter untuk periode fundamental pendekatan
$C_u$	:	Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung
$D$	:	Beban mati
$D_y$	:	<i>Yield displacement</i>
$E$	:	Beban gempa
$E_x$	:	Beban gempa arah x
$E_y$	:	Beban gempa arah y
$E_c$	:	<i>Compression modulus</i>
$F_a$	:	Koefisien situs untuk periode 0.2 detik
$F_i$	:	Gaya desain yang diterapkan di tingkat i
$F_{px}$	:	Gaya desain diafragma
$F_v$	:	Koefisien situs untuk periode 1 detik
$g$	:	<i>Gravitational acceleration</i>
$I_e$	:	Faktor keutamaan gempa
$IO$	:	<i>Immediate Occupancy</i>
$K$	:	Kekakuan struktur pada suatu tingkat
$K_d$	:	<i>Pre yield in rubber</i>
$K_u$	:	<i>Post yield stiffness</i>
$h_{sx}$	:	Tinggi tingkat di bawah tingkat x
$L$	:	Beban hidup
$L_r$	:	Beban hidup pada atap
$LS$	:	<i>Life safety</i>
$L_x$	:	Panjang model gedung arah x
$L_y$	:	Panjang model gedung arah y

$m$	:	Massa struktur pada suatu tingkat
$n$	:	<i>Post yield stiffness to pre yield stiffness ratio of rubber</i>
$Q_{do}$	:	<i>Force at design displacement</i>
$R$	:	Koefisien modifikasi respons
$S_{M1}$	:	Parameter spektral respons percepatan pada periode 0.2 detik
$S_{MS}$	:	Parameter spektral respons percepatan pada periode 1 detik
$S_1$	:	Parameter percepatan gempa pada periode 1 detik
$S_{D1}$	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
$S_{DS}$	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0.2 detik
$S_s$	:	Parameter percepatan gempa pada periode 0.2 detik
$T$	:	Periode fundamental struktur
$T_a$	:	Periode fundamental pendekatan
$T_D$	:	<i>Time design</i>
$t_r$	:	<i>Total thickness of rubber</i>
$V_s$	:	Gaya lateral statik
$V$	:	Gaya lateral dinamik
$W$	:	<i>Maximum vertical load</i>
$W$	:	Berat seismik efektif
$W_i$	:	Tributary berat sampai tingkat $i$
$W_{px}$	:	Tributary berat sampai diafragma di tingkat $x$
$x$	:	Parameter untuk periode fundamental pendekatan
$\rho$	:	Faktor reduksi
$\Omega_0$	:	Faktor kuat lebih
$\Delta_a$	:	Simpangan izin antar lantai
$\theta$	:	Faktor dalam Metode Wilson

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Model Gedung Tiga Dimensi .....	1-4
Gambar 1.2 Tampak Denah Tipikal Lantai 1 - 10.....	1-4
Gambar 1.3 Pemasangan <i>Base Isolation</i> pada Dasar Struktur .....	1-5
Gambar 1.4 Potongan Model As-A Sampai Dengan As-C.....	1-5
Gambar 1.5 Potongan Model As-D Sampai Dengan As-H.....	1-6
Gambar 1.6 Potongan Model As-1 Sampai Dengan As-4 .....	1-6
Gambar 1.7 Potongan Model As-5 Sampai Dengan As-7 .....	1-7
Gambar 1.8 Diagram Alir Penelitian .....	1-8
Gambar 2.1 Cara Kerja <i>Base Isolation</i> (sumber: <a href="http://did.org.tr">http://did.org.tr</a> ) .....	2-1
Gambar 2.2 <i>Roller and Ball Bearings</i> (sumber: <a href="https://civildigital.com">https://civildigital.com</a> ) .....	2-2
Gambar 2.3 Komponen <i>Flat Slider Bearing</i> (sumber: Higashino, Hamaguchi, Minewaki, Aizawa: <i>Basic Characteristics and Durability of 97 Low- Friction Sliding Bearings for Base Isolation</i> ).....	2-3
Gambar 2.4 <i>Flat Slider Bearing</i> (sumber: <a href="http://www.fipindustriale.it">www.fipindustriale.it</a> ) .....	2-3
Gambar 2.5 <i>Friction Pendulum Bearing</i> (sumber: Maher Elabd, <a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a> ).....	2-4
Gambar 2.6 Cara Kerja <i>Friction Pendulum Bearing</i> (sumber: <a href="https://openbuilds.com">https://openbuilds.com</a> ) .....	2-4
Gambar 2.7 <i>Lead Rubber Bearing</i> (sumber: <a href="https://www.bridgebearing.org">https://www.bridgebearing.org</a> ).....	2-5
Gambar 2.8 <i>High Damping Rubber Bearing</i> (sumber: <a href="https://www.bridgebearing.org">https://www.bridgebearing.org</a> ) .....	2-6
Gambar 2.9 $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ) .....	2-13
Gambar 2.10 $S_1$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ) .....	2-13
Gambar 2.11 Kurva Spektrum Respons Desain .....	2-14
Gambar 3.1 Model Gedung Tiga Dimensi .....	3-1
Gambar 3.2 Model Jenis Perletakan <i>Fixed Base</i> .....	3-1
Gambar 3.3 Model Jenis Perletakan <i>Base Isolation</i> .....	3-2
Gambar 3.4 Rekaman Gempa El Centro 1940 .....	3-6

Gambar 3.5 Rekaman Gempa Denpasar 1980 .....	3-7
Gambar 3.6 Rekaman Gempa Flores 1992 .....	3-7
Gambar 4.1 Denah Model Gedung – <i>Fixed Base</i> .....	4-5
Gambar 4.2 Denah Model Gedung – <i>Base Isolation</i> .....	4-16
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Simpangan Tiap Lantai Arah X pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-25
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Simpangan Lantai Arah Y pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-26
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-27
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-28
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Gaya Geser Tiap Lantai Arah X pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-29
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Gaya Geser Tiap Lantai Arah Y pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-30
Gambar 4.9 Diagram Momen pada Model Gedung dengan <i>Fixed Base</i> .....	4-35
Gambar 4.10 Diagram Momen pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> ....	4-35
Gambar 4.11 D/C <i>Ratio</i> Kolom pada Gambar 4.12 D/C <i>Ratio</i> Kolom pada...	4-36
Gambar 4.13 Potongan 1, Awal Sendi Plastis Model Gedung – <i>Fixed Base</i> (4.6 Detik) .....	4-37
Gambar 4.14 Potongan 1, Akhir Sendi Plastis Model Gedung – <i>Fixed Base</i> (5.7 Detik) .....	4-38
Gambar 4.15 Potongan 1, Awal Sendi Plastis Model Gedung – <i>Base Isolation</i> (4.6 Detik) .....	4-38
Gambar 4.16 Potongan 1, Akhir Sendi Plastis Model Gedung – <i>Base Isolation</i> (5.7 Detik).....	4-39
Gambar 4.17 Potongan A, Awal Sendi Plastis Model Gedung – <i>Fixed Base</i> (4.6 Detik) .....	4-39
Gambar 4.18 Potongan A, Akhir Sendi Plastis Model Gedung – <i>Fixed Base</i> (5.7 Detik) .....	4-40

Gambar 4.19 Potongan A, Awal Sendi Plastis Model Gedung – <i>Base Isolation</i> (4.6 Detik) .....	4-40
Gambar 4.20 Potongan A, Akhir Sendi Plastis Model Gedung – <i>Base Isolation</i> (4.9 Detik) .....	4-41





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa .....	2-8
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa .....	2-8
Tabel 2.3 Persyaratan Masing-Masing Tingkat yang Menahan Lebih dari 35 Persen Gaya Geser Dasar .....	2-10
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs .....	2-11
Tabel 2.5 Koefisien Situs, $F_a$ .....	2-12
Tabel 2.6 Koefisien Situs, $F_v$ .....	2-12
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	2-15
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik .....	2-15
Tabel 2.9 Faktor $R$ , $C_d$ dan $\Omega_0$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	2-16
Tabel 2.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	2-18
Tabel 2.11 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung .....	2-18
Tabel 2.12 Simpangan Izin Antar Lantai .....	2-21
Tabel 2.13 Uraian Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur .....	2-21
Tabel 2.14 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur Menurut FEMA 451 .....	2-23
Tabel 2.15 Uraian Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur .....	2-24
Tabel 2.16 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur Menurut FEMA 451 .....	2-25
Tabel 2.17 Perbandingan Tingkat Kinerja Struktur Menurut FEMA 356 .....	2-29
Tabel 2.18 Persyaratan <i>Roof Drift Ratio</i> Menurut FEMA 356 .....	2-29
Tabel 3.1 SIDL pada Pelat Lantai dan Atap Gedung .....	3-3
Tabel 3.2 SIDL pada Balok .....	3-4
Tabel 3.3 LL pada Pelat Lantai dan Atap Gedung .....	3-4
Tabel 3.4 Dimensi Penampang Elemen Struktur .....	3-5
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Base Isolation: Lead Rubber Bearing</i> .....	3-6
Tabel 4.1 Pola Gerak Dominan pada Model Gedung .....	4-1

Tabel 4.2 Ragam Getar dan Periode Getar pada Model Gedung .....	4-1
Tabel 4.3 Gaya Geser Dasar pada Model Gedung .....	4-3
Tabel 4.4 Simpangan Antar Lantai Arah X pada Model Gedung .....	4-3
Tabel 4.5 Simpangan Antar Lantai Arah Y pada Model Gedung .....	4-3
Tabel 4.6 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B pada Arah X.....	4-4
Tabel 4.7 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B pada Arah Y.....	4-4
Tabel 4.8 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B Arah X Berdasarkan Dua Titik Ujung .....	4-6
Tabel 4.9 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B Arah Y Berdasarkan Dua Titik Ujung .....	4-6
Tabel 4.10 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 pada Arah X .....	4-7
Tabel 4.11 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 pada Arah Y .....	4-7
Tabel 4.12 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A pada Arah X .....	4-8
Tabel 4.13 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1B pada Arah X .....	4-8
Tabel 4.14 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A pada Arah Y .....	4-8
Tabel 4.15 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1B pada Arah Y .....	4-9
Tabel 4.16 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2.....	4-10
Tabel 4.17 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B pada Arah X.....	4-11
Tabel 4.18 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B pada Arah Y.....	4-11
Tabel 4.19 Pola Gerak Dominan pada Model Gedung .....	4-12
Tabel 4.20 Ragam Getar dan Periode Getar pada Model Gedung .....	4-12
Tabel 4.21 Gaya Geser dasar Pada Model Gedung .....	4-14

Tabel 4.22 Simpangan Antar Lantai Arah X pada Model Gedung .....	4-14
Tabel 4.23 Simpangan Antar Lantai Arah Y pada Model Gedung .....	4-14
Tabel 4.24 Pengecekan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B pada Arah X .....	4-15
Tabel 4.25 Pengecekan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B pada Arah Y .....	4-15
Tabel 4.26 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B Arah X Berdasarkan Dua Titik Ujung .....	4-17
Tabel 4.27 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B Arah Y Berdasarkan Dua Titik Ujung .....	4-17
Tabel 4.28 Pengecekan Terhadap Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B pada Dasar Gedung .....	4-18
Tabel 4.29 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A pada Arah X .....	4-20
Tabel 4.30 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1B pada Arah X .....	4-21
Tabel 4.31 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A pada Arah Y .....	4-21
Tabel 4.32 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1B pada Arah Y .....	4-22
Tabel 4.33 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B pada Arah X .....	4-22
Tabel 4.34 Pemeriksaan Terhadap Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B pada Arah Y .....	4-23
Tabel 4.35 Perbandingan Simpangan Tiap Lantai Arah X pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-24
Tabel 4.36 Perbandingan Simpangan Lantai Arah Y pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-25
Tabel 4.37 Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-26
Tabel 4.38 Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-27

Tabel 4.39 Perbandingan Gaya Geser Tiap Lantai Arah X pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-28
Tabel 4.40 Perbandingan Gaya Geser Tiap Lantai Arah Y pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-29
Tabel 4.41 Massa dan Gaya Tiap Lantai.....	4-30
Tabel 4.42 Perhitungan Gaya Desain Diafragma .....	4-31
Tabel 4.43 Luas Tulangan Longitudinal pada Balok Induk Berdasarkan Kebutuhan Tiap Lantai .....	4-33
Tabel 4.44 Selisih Kebutuhan Tulangan Longitudinal Balok Induk pada Tiap Lantai .....	4-33
Tabel 4.45 Perbandingan Dimensi Kolom pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-36
Tabel 4.46 Perbandingan Tulangan Longitudinal Kolom pada Model Gedung yang Menggunakan <i>Base Isolation</i> dan <i>Fixed Base</i> .....	4-36
Tabel 4.47 Periode Awal dan Akhir Terjadinya Sendi Plastis pada Model Gedung <i>Fixed Base</i> .....	4-41
Tabel 4.48 Periode Awal dan Akhir Terjadinya Sendi Plastis pada Model Gedung <i>Base Isolation</i> .....	4-42
Tabel 4.49 Perbandingan Kinerja Struktur Model Gedung dengan <i>Fixed Base</i> dan <i>Base Isolation</i> .....	4-42

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1</b> <i>PRELIMINARY DESIGN</i> .....	L1-1
<b>LAMPIRAN 2</b> <i>DESIGN OF BASE ISOLATION</i> .....	L2-1
<b>LAMPIRAN 3</b> <i>SPESIFIKASI BASE ISOLATION</i> .....	L3-1
<b>LAMPIRAN 4</b> <i>FAKTOR SKALA</i> .....	L4-1
<b>LAMPIRAN 5</b> <i>SENDI PLASTIS</i> .....	L5-1

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Dewasa ini, Indonesia sering kali dilanda bencana alam yang salah satunya adalah gempa bumi. Menurut *Global Seismic Hazard Map* yang dirilis oleh United Nation dalam *International Decade of Natural Disaster Reduction*, Indonesia merupakan negara di mana tiga pelat tektonik bertemu (Eurasia, Australia, dan Pasifik) yang menyebabkan banyaknya aktivitas seismik yang terasa hingga permukaan tanah.

Di sisi lain, kebutuhan akan infrastruktur di Indonesia semakin tinggi. Hal ini didukung oleh faktor pertumbuhan penduduk. Berdasarkan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional jumlah penduduk dari tahun 2018 sampai dengan Januari 2019 meningkat sebanyak 2 juta penduduk. Dapat dilihat dari data tersebut, seiring dengan pertumbuhan penduduk menyebabkan meningkatnya permintaan akan kebutuhan masyarakat namun tidak sebanding dengan ketersediaan lahan yang ada di Indonesia. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dibangunlah gedung bertingkat tinggi. Akan tetapi, banyaknya gedung bertingkat terkadang menimbulkan masalah yang baru yaitu kerusakan bangunan yang terjadi akibat bencana alam, salah satunya gempa bumi.

Filosofi bangunan tahan gempa adalah bangunan yang tetap menjaga keselamatan penggunanya ketika terjadi gempa bumi, namun tidak berarti bangunan tersebut tidak boleh mengalami kerusakan. Berikut adalah penjelasan mengenai filosofi bangunan tahan gempa :

- Pada gempa kecil (*light* atau *minor earthquake*) yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil yang masih dapat ditoleransi pada elemen non-struktur masih dibolehkan,
- Pada gempa menengah (*moderate earthquake*) yang relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/retak ringan tetapi masih dapat/ekonomis untuk diperbaiki. Elemen non-struktur dapat saja rusak tetapi masih dapat diganti dengan yang baru,

- Pada gempa kuat (*strong earthquake*) yang jarang terjadi, maka struktur bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*totally collapse*). Kondisi seperti ini juga diharapkan pada gempa besar (*great earthquake*), yang tujuannya adalah melindungi manusia/penghuni bangunan secara maksimum.

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam merencanakan bangunan tahan gempa, telah dikembangkan suatu pendekatan alternatif untuk mengurangi risiko kerusakan pada bangunan yaitu dengan cara mereduksi gaya gempa yang terjadi. Salah satu konsep perencanaan yang telah digunakan yaitu dengan menggunakan *base isolaton*. Konsep dasar pada *base isolation* adalah memisahkan bangunan dengan pondasi sehingga bangunan dapat mempertahankan posisinya dan menghindari kerusakan akibat gempa bumi. Beberapa tipe base isolation diantaranya; *roller and ball bearing*, *spring isolator*, *sliding bearing*, dan *elastomeric rubber bearing*. Pada skripsi ini akan dibahas lebih lanjut mengenai *elastomeric rubber bearing*. Hal ini dikarenakan sifat elastis yang dimiliki *elastomeric rubber bearing* sehingga mampu mempertahankan posisi gedung ketika gempa terjadi.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah menganalisis akibat penambahan *base isolation* khususnya *lead rubber bearing* pada bangunan bertingkat dengan iregularitas horizontal.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

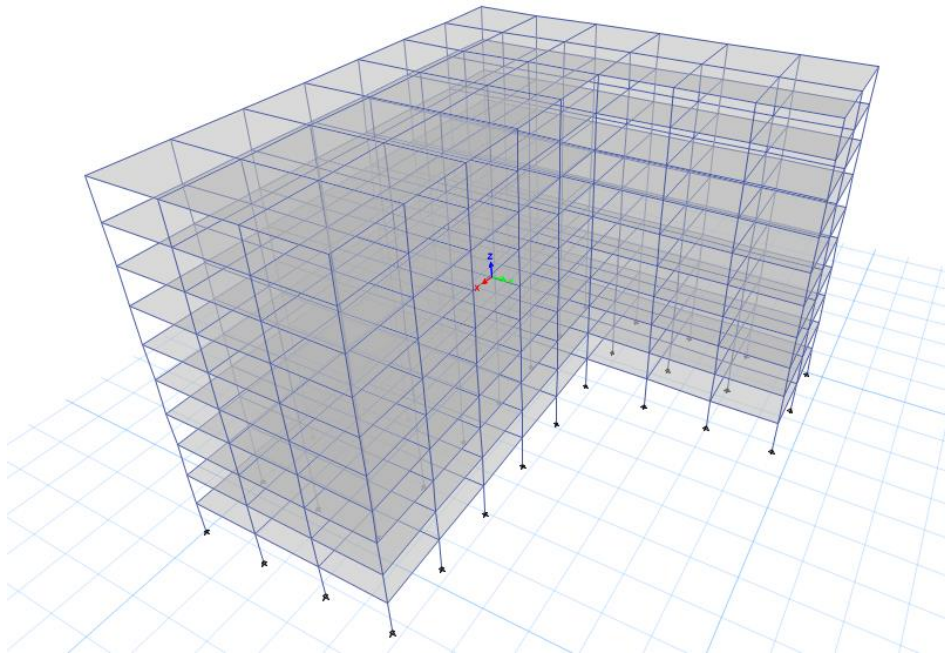
Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah melakukan analisis dan mendesain ulang komponen struktur pada gedung bertingkat yang menggunakan *base isolation* dengan iregularitas horizontal serta membandingkan kinerja struktur gedung yang menggunakan *base isolation* dan tanpa *base isolation*

## **1.4 Pembatasan Masalah**

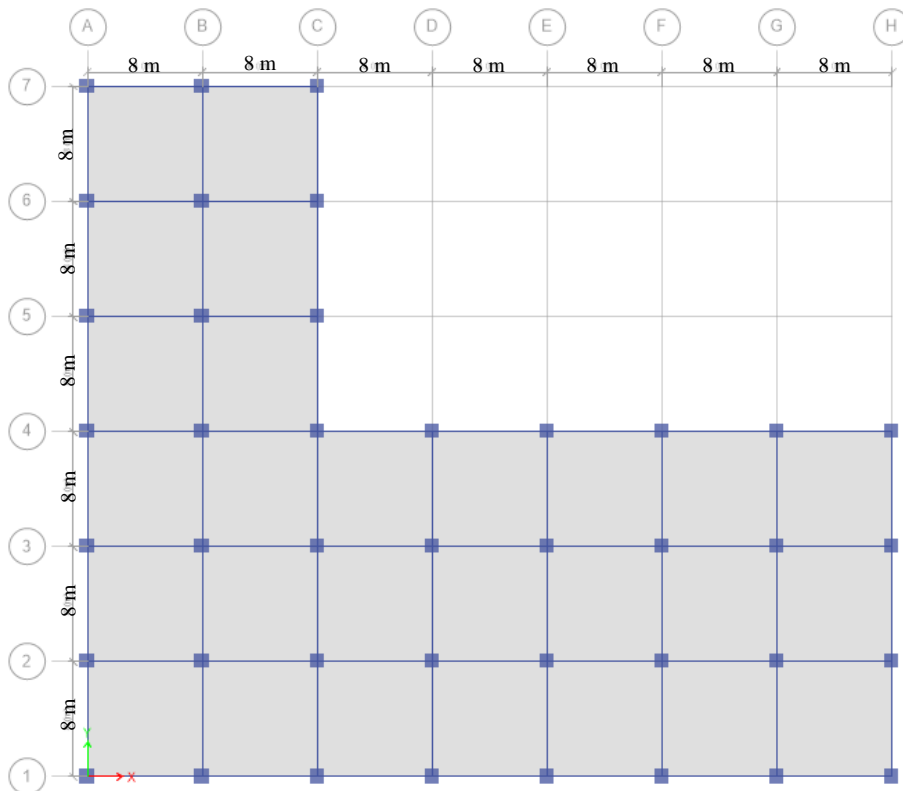
Pada penulisan skripsi ini, masalah yang dibatasi adalah:

1. Gedung beton bertulang 10 lantai dengan denah berbentuk L berdimensi 56 m x 48 m dengan tinggi antar lantai adalah 3.2 m. Pemodelan gedung terdapat pada **Gambar 1.1** sampai dengan **Gambar 1.7**.
2. *Base isolation* terdapat pada dasar gedung.
3. Fungsi gedung adalah sebagai perkantoran.
4. Gedung terletak di Mataram dengan kondisi tanah sedang.
5. Mutu beton yang digunakan adalah  $f_c' = 30$  MPa dan mutu tulangan baja yang digunakan adalah  $f_y = 400$  MPa.
6. Sistem penahan gaya gempa menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
7. Gedung dianalisis menggunakan analisis respons spektrum (*response spectrum analysis*) dan analisis riwayat waktu (*time history analysis*).
8. Perhitungan dan desain pondasi tidak dilakukan.
9. Peraturan yang digunakan adalah :
  - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012.
  - Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013.
  - *International Building Codes 2000*.
  - FEMA 356 *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*

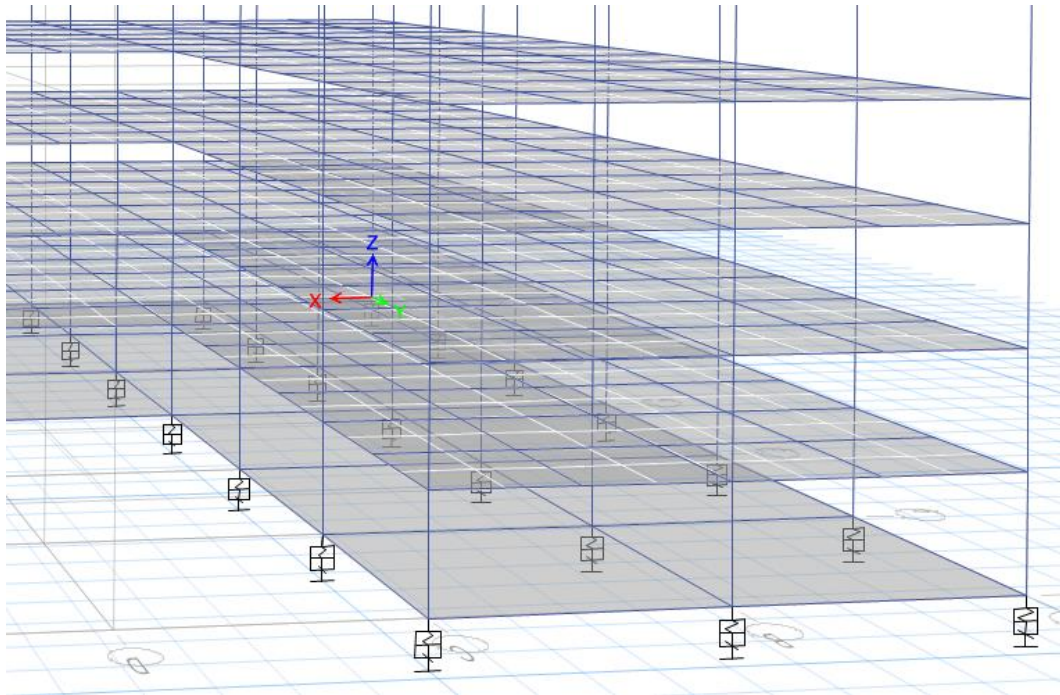




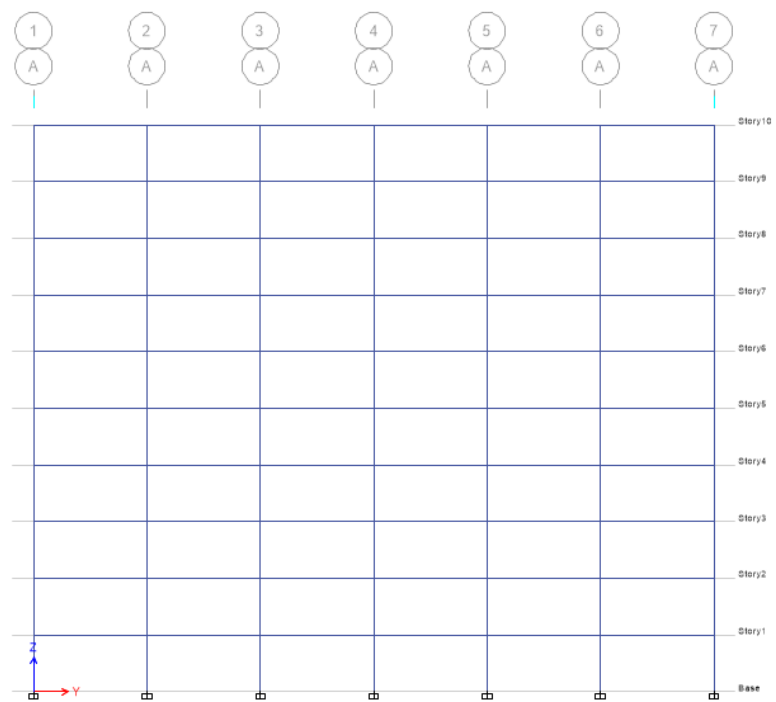
**Gambar 1.1** Model Gedung Tiga Dimensi



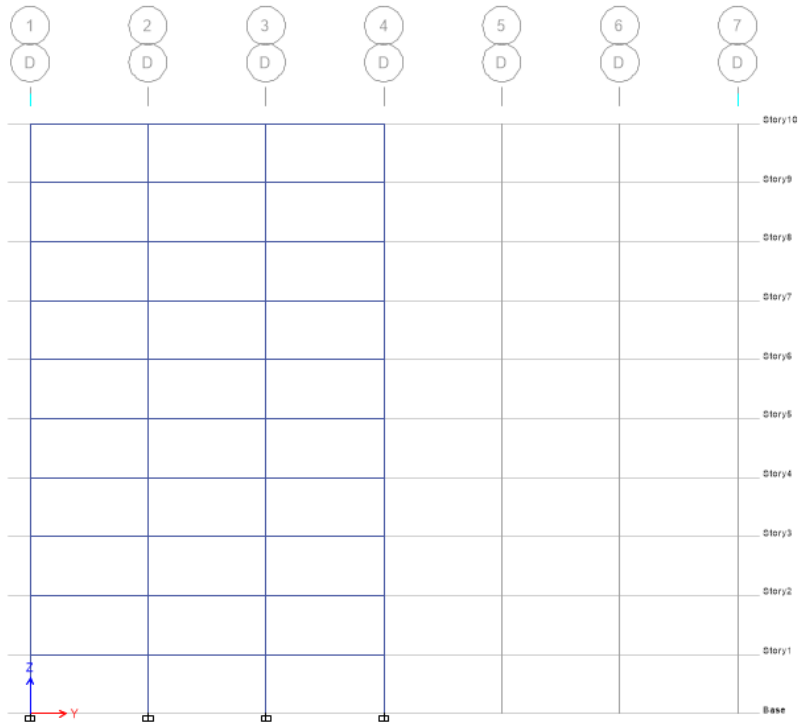
**Gambar 1.2** Tampak Denah Tipikal Lantai 1 - 10



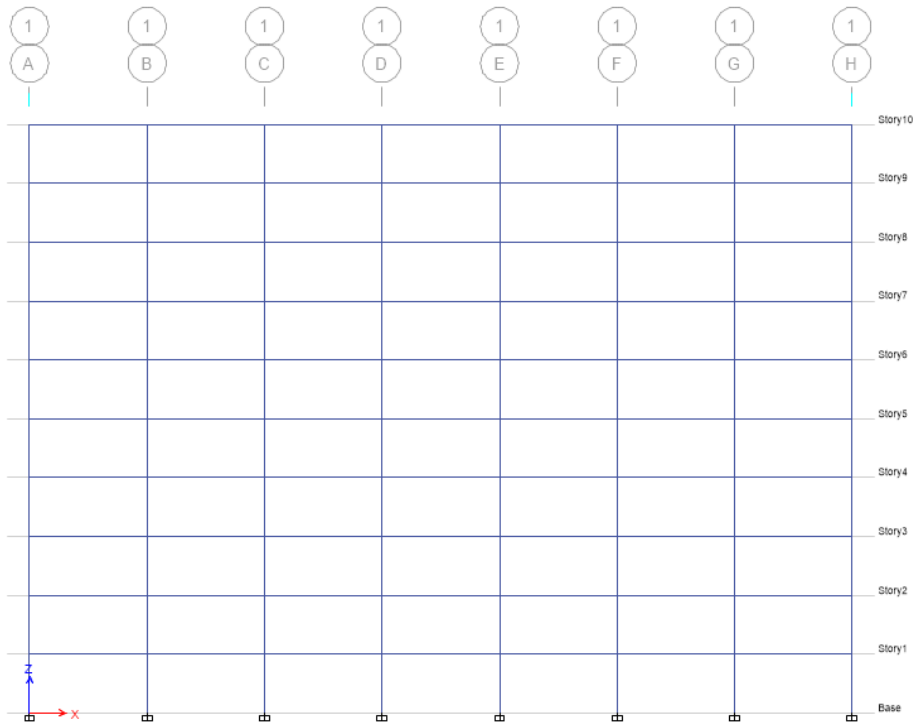
**Gambar 1.3** Pemasangan *Base Isolation* pada Dasar Struktur



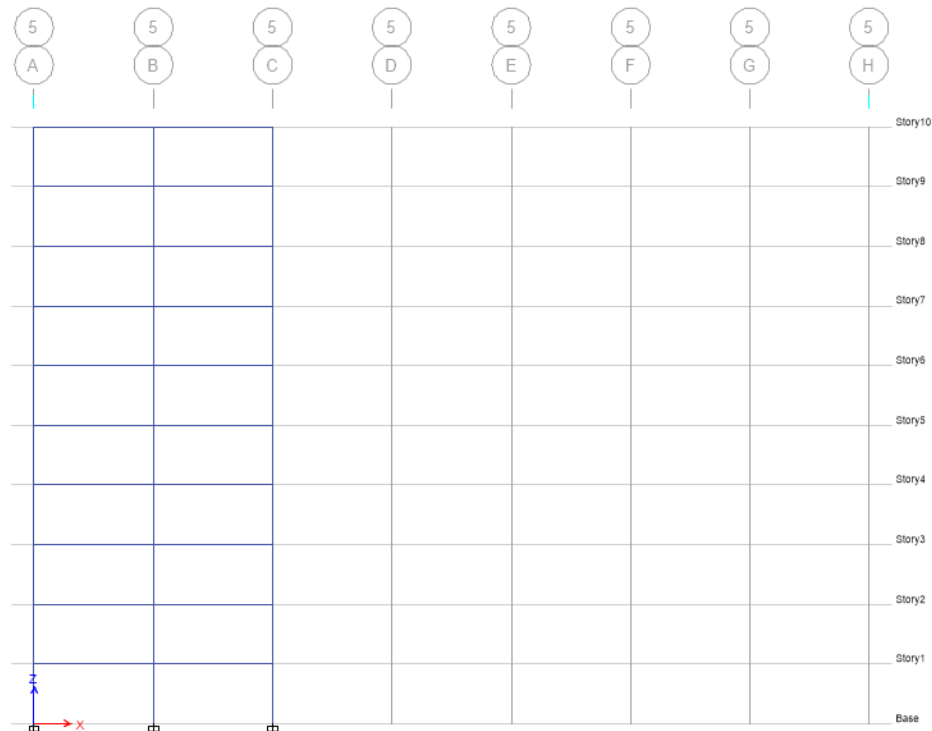
**Gambar 1.4** Potongan Model As-A Sampai Dengan As-C



**Gambar 1.5** Potongan Model As-D Sampai Dengan As-H



**Gambar 1.6** Potongan Model As-1 Sampai Dengan As-4



**Gambar 1.7** Potongan Model As-5 Sampai Dengan As-7

## 1.5 Metode Penelitian

Langkah-langkah penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

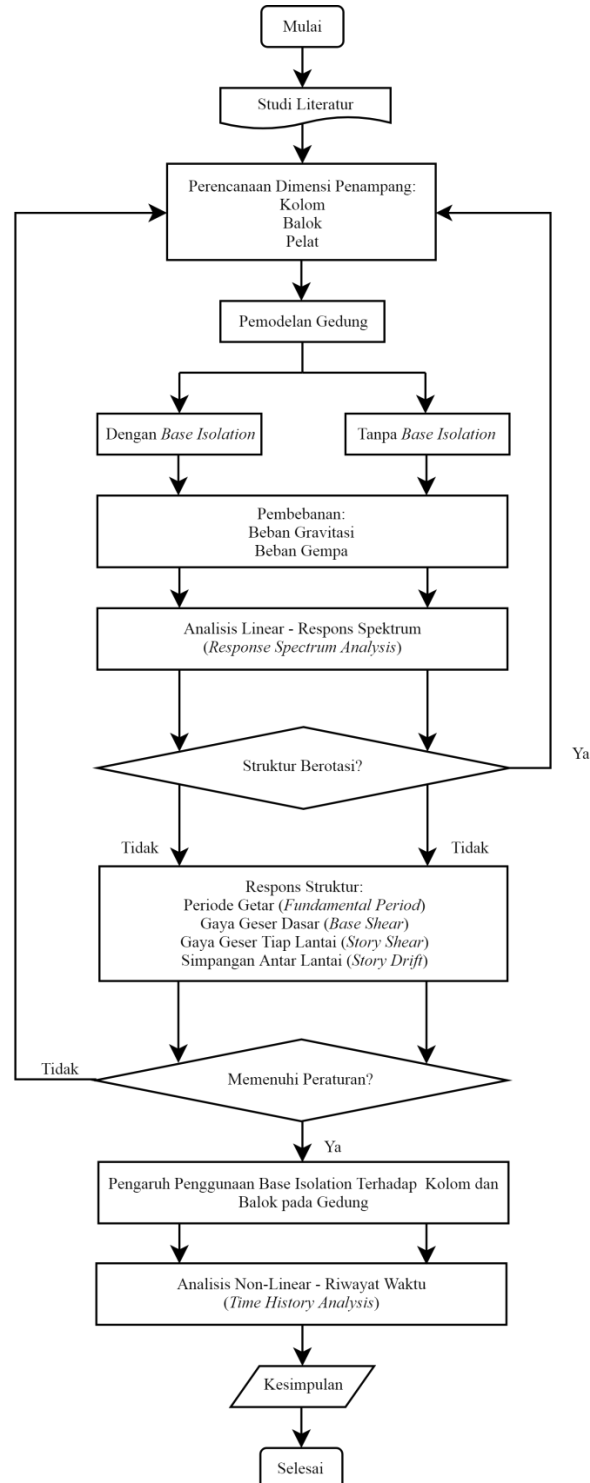
Studi literatur dilakukan untuk memperoleh konsep-konsep yang berhubungan dengan topik pembahasan dan berguna sebagai pendukung analisis. Sumber-sumber penulisan yang digunakan berasal dari buku-buku, jurnal, dan peraturan atau standar yang berlaku, serta artikel atau tulisan yang terdapat di internet.

### 2. Studi Analisis

Studi analisis dilakukan untuk membantu proses desain terhadap bangunan yang sedang diteliti. Program yang digunakan untuk pemodelan, analisis, dan desain struktur bangunan adalah ETABS, Matchcad, dan Microsoft Excel.

## 1.6 Diagram Alir Penelitian

Pembuatan diagram alir penelitian bertujuan untuk menunjukkan proses penelitian yang akan dilakukan dalam menyelesaikan skripsi ini. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1.8**.



**Gambar 1.8** Diagram Alir Penelitian