

SKRIPSI

PERILAKU DINAMIK STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* TIPE *LEAD RUBBER BEARING*



YITZHAK EVAN ANDANA

NPM : 2017410020

PEMBIMBING : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO – PEMBIMBING : Liyanto Eddy, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021**

SKRIPSI
PERILAKU DINAMIK STRUKTUR BETON
BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN *BASE*
ISOLATION* TIPE *LEAD RUBBER BEARING



NAMA: YITZHAK EVAN ANDANA
NPM: 2017410020

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

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

PENGUJI 1: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

PENGUJI 2: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

SKRIPSI
PERILAKU DINAMIK STRUKTUR BETON
BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN *BASE*
ISOLATION* TIPE *LEAD RUBBER BEARING



NAMA: YITZHAK EVAN ANDANA
NPM: 2017410020

BANDUNG, AGUSTUS 2021

PEMBIMBING :

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO – PEMBIMBING :

Liyanto Eddy, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

PERNYATAAN

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

Nama : Yitzhak Evan Andana

NPM : 2017410020

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**PERILAKU DINAMIK STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION TIPE LEAD RUBBER BEARING** 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: 4 Agustus 2021



Yitzhak Evan Andana

2017410020

PERILAKU DINAMIK STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* TIPE *LEAD RUBBER BEARING*

Yitzhak Evan Andana
NPM: 2017410020

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

Ko - Pembimbing: Liyanto Eddy, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan yang rentan terhadap bencana gempa bumi karena letak geografisnya yaitu berada di titik pertemuan antara tiga lempeng. Salah satu tindakan preventif untuk meminimalisir kerusakan bangunan gedung akibat gempa adalah dengan memperkuat sistem struktur yang menerima gaya gempa. Pada kenyataannya, metode ini masih belum menjadi solusi yang terbaik sehingga metode alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan meredam energi gempa, yaitu dengan menggunakan *base isolation*. Cara kerja dari sistem ini adalah memisahkan interaksi antara struktur dengan pergerakan tanah yang terjadi akibat gempa, dengan cara menempatkan elemen struktural dengan kekakuan yang lebih rendah diantara struktur dan pondasi. Pada skripsi ini, dilakukan analisis perbandingan bangunan gedung *fixed base* dan yang menggunakan *base isolation* (khususnya *lead rubber bearing*) dengan 2 nilai koefisien modifikasi respons yang berbeda yaitu 2 dan 8. Percepatan rekaman gempa yang digunakan adalah gempa El Centro N-S tahun 1940, gempa Denpasar B-T tahun 1979, dan gempa Flores tahun 1992. Berdasarkan hasil analisis riwayat respons non linier diketahui bahwa penggunaan *base isolation* dapat mereduksi gaya geser dasar rata-rata sebesar 45.236% tetapi gedung menjadi lebih fleksibel sehingga periode getar dan perpindahan lantai menjadi semakin besar. Selain itu, penggunaan *base isolation* meningkatkan kinerja elemen struktur dimana gedung yang menggunakan *base isolation* tidak terdapat sendi plastis. Nilai koefisien modifikasi respons (R) mempengaruhi respons dari model gedung dimana semakin kecil nilai koefisien modifikasi respons maka gaya geser dasar, simpangan antar tingkat, perpindahan lantai, dan kebutuhan tulangan longitudinal akan menjadi semakin besar.

Kata kunci: *Base isolation*, *Lead rubber Bearing*, Analisis Modal dengan Respon Spektrum, Analisis Riwayat respons Non Linier

DYNAMIC BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES USING LEAD RUBBER BEARING BASE ISOLATION

**Yitzhak Evan Andana
NPM: 2017410020**

**Advisor : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co - Advisor : Liyanto Eddy, Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING**

**(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021**

ABSTRACT

Indonesia is an archipelagic country that is vulnerable to earthquakes because of its geographical location, which is at the meeting point of three major tectonic plates. One of the preventive measures to minimize damage to buildings due to earthquakes is to strengthen structural systems that receive earthquake forces. In fact, this method is still not the best solution so an alternative method that can be done is to reduce earthquake energy through base isolation. This system separates the interaction between the structure and the ground motion caused by the earthquake, by placing structural elements with low stiffness between the structure and the foundation. In this study, a comparative analysis between fixed base buildings and buildings using base isolation (especially lead rubber bearing) with 2 different response modification coefficient values, 2 and 8. The ground accelerations records used are the El Centro 1940 N-S, Denpasar 1979 B-T, and Flores 1992 earthquakes. Based on nonlinear response history analysis, it is known that the use of base isolation can reduce the base shear of the building by an average of 45.236% but the buildings become more flexible. As a result, the period and displacement of the building is increased. Besides that, the use of base isolation improves the building's structural elements where plastic hinges in buildings that use base isolation do not occur. The values of response modification coefficient (R) affect the response of the building where the smaller response modification coefficient base shear, story drift, displacement, and the need of longitudinal reinforcement will be greater.

Keywords : Base isolation, Lead rubber bearing, Response spectrum analysis, Nonlinear response history analysis

PRAKATA

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia, berkat, dan anugerah-Nya yang senantiasa memberikan kesehatan, akal budi, dan pemahaman yang baik sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Perilaku Dinamik Struktur Beton Bertulang Dengan Menggunakan Base Isolation Tipe Lead Rubber Bearing*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis mengalami banyak hambatan baik yang bersifat fisik maupun emosional. Namun, penulis bersyukur karena mendapatkan banyak saran, kritik, doa, nasihat dan dorongan semangat dari banyak pihak sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Seluruh anggota keluarga yang selalu memberikan dukungan berupa doa, kasih sayang dan semangat bagi penulis sehingga skripsi ini dapat selesai di tengah masa pandemi;
2. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing dengan penuh kesabaran memberikan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini;
3. Liyanto Eddy, Ph.D selaku dosen ko-pembimbing dengan sabar meluangkan waktu untuk berdiskusi bersama, memberikan ilmu dan saran untuk penyusunan skripsi ini;
4. Dosen-dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis;
5. Bang Engel selaku pembimbing rohani yang selalu memberikan dukungan dalam masalah kerohanian dan menyemangati penulis untuk tidak menyerah dalam menyelesaikan skripsi ini;
6. Kenzo Evangelio, Ria Angelina, dan Angel Alisha Gulo selaku sahabat penulis yang telah meluangkan waktu untuk doa bersama, menghibur penulis ketika

mengalami hambatan dalam penyusunan skripsi, dan menjadi zona nyaman bagi penulis;

7. Charles Maxwelliem, Ary Yudhistira, Benjamin Soerja, Julianus Indrawan, Davit Milano, Kimi Daniel Samuel, Rio Samuel, Mikha Tjhai, Natanael Eduardo, Reggie Hariadi, Demo Maulana dan Benedictus Ivan selaku teman - teman dari kelompok 'Swiki Charlie' yang telah menjadi teman belajar dan bermain selama masa perkuliahan;
8. Michael Bertrand, Kevin Garcia dan Arganta Surbakti selaku teman main ketika penulis membutuhkan hiburan untuk melepaskan tekanan dalam menyusun skripsi;
9. Tan, Jason Tanujaya dan Budi Setiawan selaku teman – teman seperjuangan skripsi yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam penulisan skripsi;
10. Seluruh teman-teman Angsa 2017 atas kebersamaan, doa dan dukungannya;
11. Staff dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah menyediakan sarana dan prasana selama masa perkuliahan.
12. Semua pihak yang telah membantu, memberi dukungan dan semangat selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis. Oleh sebab itu, penulis bersedia untuk menerima saran dan kritik yang bersifat membangun agar dapat lebih baik lagi ke depannya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk mahasiswa Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan lain dan pembaca pada umumnya.

Bandung, Agustus 2021



Yitzhak Evan Andana

2017410020

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-3
1.3 Tujuan Penulisan.....	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-4
1.5 Metode Penelitian	1-5
1.6 Sistematika Penulisan	1-6
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-7
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Perbandingan Konsep Desain Konvensional dan <i>Base Isolation</i>	2-1
2.2 <i>Base Isolation</i>	2-1
2.3 Tipe Base Isolation.....	2-3
2.3.1 Elastomeric Isolation Systems	2-3
2.3.2 <i>Sliding Isolation Systems</i>	2-5
2.4 Pemodelan Base Isolation	2-6
2.4.1 Properti Histeresis <i>Rubber Isolator</i> dalam ETABS	2-7
2.4.2 Preliminary Desain awal <i>Lead Rubber Bearing (LRB)</i>	2-10

2.4.3 Preliminary Desain Lanjutan <i>Lead Rubber Bearing</i> (LRB)	2-13
2.5 SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan gedung Gedung dan Non Gedung.....	2-18
2.5.1 Kategori Risiko Bangunan gedung dan Faktor Keutamaan Gempa .	2-18
2.5.2 Kombinasi Pembebanan.....	2-19
2.5.3 Kombinasi Pembebanan dengan Pengaruh Beban Seismik dan Pengaruh Beban Gempa	2-19
2.5.4 Klasifikasi Situs	2-20
2.5.5 Koefisien Situs dan Parameter – Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko – Tertarget (MCE_R)...	2-21
2.5.6 Parameter Percepatan Spektral Desain.....	2-24
2.5.7 Spektrum Respons Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko – Tertarget (<i>Risk – Targeted Maximum Considered Earthquake / MCE_R</i>).	2-26
2.5.8 Kategori Desain Seismik.....	2-26
2.5.9 Sistem Struktur.....	2-27
2.5.10 Faktor Redundansi	2-28
2.5.11 Penentuan Periode.....	2-28
2.5.12 Simpangan Antar Tingkat	2-30
2.5.13 Jumlah Ragam.....	2-31
2.5.14 Penskalaan Gaya	2-31
2.6 Struktur dengan Isolasi Dasar	2-31
2.6.1 Faktor Keutamaan Gempa	2-31
2.6.2 Redundansi.....	2-31
2.6.3 Stabilitas Beban Vertikal	2-32
2.6.4 Pengaruh Beban Seismik dan Kombinasi Beban Vertikal Unit Isolasi	2-32
2.6.5 Properti Sistem Isolasi pada Perpindahan Maksimum.....	2-32

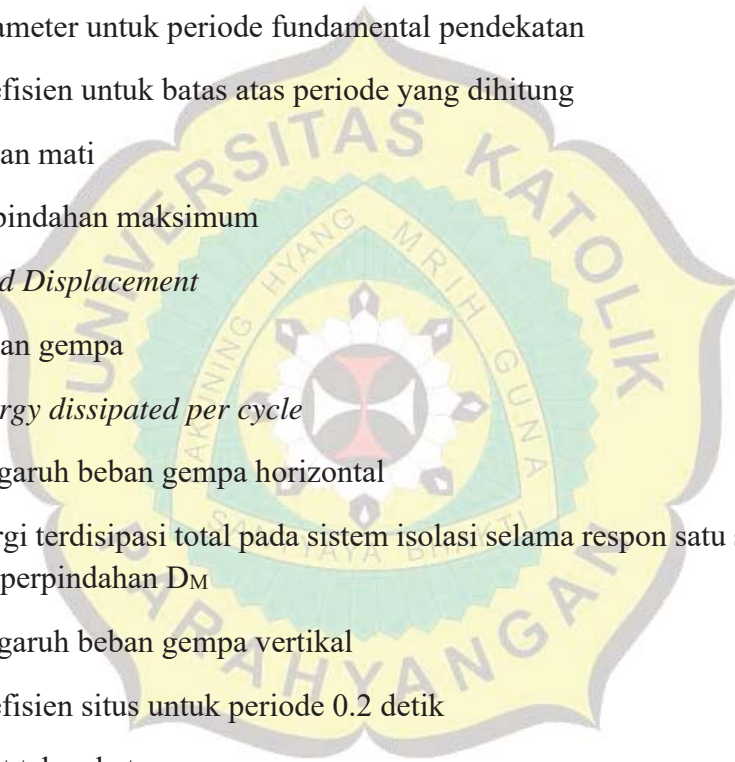
2.6.6 Bencana seismik spesifik situs	2-33
2.6.7 Respons Spektra dan Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R . 2-33	
2.6.8 Rekaman gerak tanah MCE_R	2-33
2.7 Pemilihan Prosedur Analisis untuk Struktur dengan Isolasi Dasar.....	2-33
2.7.1 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen.....	2-34
2.7.2 Prosedur Spektrum Respons	2-34
2.7.3 Prosedur Riwayat Respons.....	2-35
2.8 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen untuk Struktur dengan Isolasi Dasar	2-35
2.8.1 Perpindahan Maksimum	2-35
2.8.2 Periode Efektif pada Saat Perpindahan Maksimum.....	2-36
2.8.3 Perpindahan Maksimum Total	2-36
2.8.4 Gaya Lateral Minimum untuk Sistem Isolasi dan Elemen – Elemen Struktural di Bawah Tingkat Dasar.....	2-38
2.8.5 Gaya Lateral Minimum untuk Elemen Struktural di Atas Tingkat Dasar	2-38
2.8.6 Batas V_s	2-39
2.8.7 Batasan Simpangan antar Tingkat.....	2-40
2.9 Prosedur Analisis Dinamik	2-40
2.9.1 Sistem Isolasi dan Elemen – Elemen Struktural di Bawah Sistem Isolasi	2-40
2.9.2 Elemen – Elemen Struktural di Atas Tingkat Dasar	2-40
2.9.3 Batasan Simpangan antar Tingkat.....	2-41
2.10 Analisis Riwayat Respons.....	2-41
2.10.1 Rekaman Percepatan Gempa.....	2-41
2.10.2 Penskalaan Percepatan Gempa.....	2-42
2.10.3 Sendi Plastis	2-43

2.10.4 Tingkat Kinerja Struktur	2-45
BAB 3 STUDI KASUS.....	3-1
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).....	3-3
3.4.4 Beban Gempa.....	3-4
3.4.5 Kombinasi Pembebanan.....	3-4
3.5 Elemen Struktur	3-4
3.6 Data <i>Base Isolation Lead Rubber Bearing</i>	3-5
3.7 Analisis Riwayat Respons.....	3-7
3.7.1 Penskalaan Percepatan Rekaman Gempa	3-7
3.7.2 Beban Gravitasi.....	3-7
3.7.3 <i>Direct Integration Time History Analysis</i>	3-7
3.7.4 Pemodelan Sendi Plastis	3-8
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1 Analisis Modal dengan Respon Spektrum Gedung Tanpa <i>Base Isolation</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 Tingkat (<i>Story Drift</i>)	4-2
4.1.5 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	4-3

4.2 Analisis Modal dengan Respon Spektrum Gedung Dengan <i>Base Isolation</i>	4-4
4.2.1 Gerak Dominan Gedung	4-4
4.2.2 Ragam Getar dan Periode Getar.....	4-4
4.2.3 Gaya Geser Dasar.....	4-5
4.2.4 Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	4-5
4.2.5 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	4-6
4.3 Analisis Riwayat Respon Non Linier Gedung Tanpa <i>Base Isolation</i>	4-7
4.3.1 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih	4-7
4.3.2 Rasio Simpangan Antar Tingkat	4-8
4.3.3 Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	4-9
4.3.4 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	4-9
4.3.5 Sendi Plastis	4-10
4.3.6 Tingkat Kinerja Struktur	4-11
4.4 Analisis Riwayat Respon Non Linier Gedung Dengan <i>Base Isolation</i> ..	4-12
4.4.1 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih	4-12
4.4.2 Rasio Simpangan Antar Tingkat	4-13
4.4.3 Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	4-14
4.4.4 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	4-15
4.4.5 Kurva Histeresis <i>Base Isolation</i> tipe <i>Lead Rubber Bearing</i>	4-16
4.4.6 Sendi Plastis	4-19
4.5 Perbandingan Model Gedung <i>Fixed Base</i> dan Model Gedung Dengan <i>Base Isolation</i>	4-19
4.5.1 Periode Getar.....	4-19
4.5.2 Gaya Geser Dasar.....	4-20
4.5.3 Rasio Simpangan Antar Tingkat	4-21

4.5.4 Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	4-22
4.5.5 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	4-24
4.5.6 Sendi Plastis	4-25
4.6 Pengaruh Nilai Koefisien Modifikasi Respons (<i>R</i>) Pada Analisis Modal dengan Respon Spektrum.....	4-26
4.6.1 Gaya Geser Dasar.....	4-26
4.6.2 Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	4-27
4.6.3 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	4-28
4.7 Pengaruh Penggunaan <i>Base Isolation</i> Pada Elemen Struktur	4-29
4.8 Pengaruh Dimensi pada Model Gedung dengan Base Isolation	4-30
4.8.1 Ragam Getar dan Periode Getar.....	4-30
4.8.2 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih	4-31
4.8.3 Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	4-31
4.8.4 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	4-32
4.8.5 Kebutuhan Tulangan pada Elemen Struktur.....	4-33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....	xxiv
LAMPIRAN 1.....	L1-1
LAMPIRAN 2.....	L2-1
LAMPIRAN 3.....	L3-1
LAMPIRAN 4.....	L4-1
LAMPIRAN 5.....	L5-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



A_{LRB}	: Luas <i>lead rubber bearing</i>
A_p	: Luas <i>lead plug</i>
B_M	: Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum
C_d	: Koefisien amplifikasi defleksi
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_M	: Perpindahan maksimum
D_y	: <i>Yield Displacement</i>
E	: Beban gempa
EDC	: <i>Energy dissipated per cycle</i>
E_h	: Pengaruh beban gempa horizontal
E_M	: energi terdisipasi total pada sistem isolasi selama respon satu siklus penuh pada perpindahan D_M
E_v	: Pengaruh beban gempa vertikal
F_a	: Koefisien situs untuk periode 0.2 detik
f_c'	: Kuat tekan beton
F_v	: Koefisien situs untuk periode 1 detik
f_y	: Tegangan leleh material baja
F_y	: <i>Yield strength</i> dari <i>lead</i>
g	: Percepatan gravitasi
G	: <i>shear modulus</i> karet
I_e	: Faktor keutamaan gempa
IO	: <i>Immediate Occupancy</i>

- K_1 : Kekakuan awal *lead Rubber Bearing*
 K_2 : Kekakuan pasca leleh *lead rubber bearing*
 K_{eff} : Kekakuan efektif *lead rubber bearing*
 K_M : Kekakuan efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum
 K_{Mmax} : Kekakuan efektif maksimum sistem isolasi pada perpindahan maksimum
 K_{Mmin} : Kekakuan efektif minimum sistem isolasi pada perpindahan maksimum
 L : Beban hidup
 L_r : Beban hidup pada atap
 MCE_R : *Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake*
 n : *Post yield stiffness to pre yield stiffness ratio of rubber*
 Q_d : *Characteristic strength*
 R : Koefisien modifikasi respons
 S_a : Spektrum respons percepatan desain
 S_{D1} : Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen
 S_{DS} : Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen
 S_{M1} : Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
 S_{MS} : Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
 S_1 : Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen
 S_s : Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen
 T : Periode fundamental bangunan
 T_a : Periode fundamental pendekatan
 T_{eff} : Periode efektif
 T_M : Periode efektif struktur yang terisolasi pada saat perpindahan maksimum
 T_s, T_0 : Parameter periode untuk respons spektrum desain elastik

- t_r : Total thickness of rubber
- V : Gaya lateral dinamik
- W : Berat seismik efektif
- x : Parameter untuk perioda fundamental pendekatan
- β_{eff} : Redaman efektif *lead rubber bearing*
- β_M : Redaman efektif dari sistem isolasi pada perpindahan maksimum
- δ_x : Simpangan pusat massa di tingkat- x
- δ_{xe} : Simpangan di tingkat- x yang ditentukan dengan analisis elastik
- ρ : Faktor redudansi
- Ω_o : Faktor kuat lebih
- Δ_{izin} : Simpangan izin antar lantai



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Skema respon gaya gempa dari dua bangunan gedung; bangunan gedung (a) tidak menggunakan <i>base isolation</i> sedangkan bangunan gedung (b) dipasang sistem <i>base isolation</i>	1-2
Gambar 1. 2 <i>Lead Rubber Bearing</i> (Sumber: www.bridgestone.com).....	1-3
Gambar 1. 3 Tampak atas bangunan gedung	1-5
Gambar 1. 4 Tampak 3 Dimensi Gedung 6 Lantai	1-5
Gambar 1. 5 Diagram Alir Penelitian	1-8
Gambar 2. 1 Perbedaan perilaku bangunan gedung <i>fixed base</i> dan <i>base isolation</i> dalam menerima gaya gempa.....	2-2
Gambar 2. 2 <i>Period shift</i> dari bangunan gedung yang menggunakan <i>base isolation</i>	2-3
Gambar 2. 3 <i>Low Damping Natural Rubber Bearing</i>	2-4
Gambar 2. 4 <i>Lead Rubber Bearing</i>	2-4
Gambar 2. 5 <i>High Damping Natural Rubber</i>	2-5
Gambar 2. 6 <i>Friction Pendulum Systems</i>	2-6
Gambar 2. 7 Properti histeresis isolator untuk biaxial <i>shear deformation</i>	2-7
Gambar 2. 8 <i>Link Property Data</i> dalam Program ETABS	2-9
Gambar 2. 9 <i>Link/Support Directional Properties U1</i>	2-9
Gambar 2. 10 <i>Link/Support Directional Properties: (a) U2 (b) U3</i>	2-10
Gambar 2. 11 Properti nominal untuk isolator model gaya-perpindahan bilinear. 2-11	
Gambar 2. 12 Diagram Alir <i>Preliminary Design</i> Awal <i>Lead Rubber Bearing</i> .	2-16
Gambar 2. 13 Diagram Alir <i>Preliminary Design</i> Lanjutan <i>Lead Rubber Bearing</i>	2-17
Gambar 2. 14 Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tetarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%).....	2-23
Gambar 2. 15 Parameter gerak tanah S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tetarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%).....	2-24
Gambar 2. 16 Spektrum respons desain (sumber: Gambar 3 SNI 1726:2019)..	2-25

Gambar 2. 17 Penentuan simpangan antar tingkat.....	2-30
Gambar 2. 18 Rekaman Gempa El Centro 1940 N-S	2-42
Gambar 2. 19 Rekaman Gempa Denpasar 1979 B-T.....	2-42
Gambar 2. 20 Rekaman Gempa Flores 1992	2-42
Gambar 2. 21 Mekanisme Keruntuhan Ideal Suatu Struktur Gedung	2-44
Gambar 2. 22 Kinerja Struktur terhadap Gaya Geser dan Perpindahan	2-44
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 <i>Link Property Data</i> dalam Program ETABS	3-6
Gambar 3. 5 <i>Link/Support Directional Properties</i> U1	3-6
Gambar 3. 6 <i>Link/Support Directional Properties</i> : (a) U2 (b) U3.....	3-7
Gambar 4. 1 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-3
Gambar 4. 2 Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-6
Gambar 4. 3 Rasio Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung <i>fixed base</i> ..	4-8
Gambar 4. 4 Perpindahan pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-10
Gambar 4. 5 (a) Lokasi Sendi Plastis pada Detik 2.3 (b) Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Akibat Gempa El Centro 1940 N-S pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-11
Gambar 4. 6 (a) Lokasi Sendi Plastis pada Detik 2.3 (b) Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Akibat Gempa Denpasar 1979 B-T pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-11
Gambar 4. 7 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2)	4-14
Gambar 4. 8 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8)	4-15
Gambar 4. 9 Kurva Histeresis <i>Lead Rubber Bearing</i> Akibat Beban Gempa El Centro 1940 N-S pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2).....	4-16
Gambar 4. 10 Kurva Histeresis <i>Lead Rubber Bearing</i> Akibat Beban Gempa Denpasar 1979 B-T pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2)	4-17
Gambar 4. 11 Kurva Histeresis <i>Lead Rubber Bearing</i> Akibat Beban Gempa Flores 1992 pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2).....	4-17

Gambar 4. 12 Kurva Histeresis <i>Lead Rubber Bearing</i> Akibat Beban Gempa El Centro 1940 N-S pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8).....	4-18
Gambar 4. 13 Kurva Histeresis <i>Lead Rubber Bearing</i> Akibat Beban Gempa Denpasar 1979 B-T pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8)	4-18
Gambar 4. 14 Kurva Histeresis <i>Lead Rubber Bearing</i> Akibat Beban Gempa Flores 1992 pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8).....	4-19
Gambar 4. 15 Perbandingan Rasio Simpangan Antar Tingkat	4-22
Gambar 4. 16 Perbandingan Gaya Geser Dasar.....	4-26
Gambar 4. 17 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat	4-27
Gambar 4. 18 Letak Balok Induk B7 dan Kolom C12.....	4-29
Gambar 4. 19 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-32



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori risiko bangunan gedung gedung dan non gedung untuk beban gempa	2-18
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa	2-19
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs	2-20
Tabel 2. 4 Koefisien situs, F_a	2-22
Tabel 2. 5 Koefisien situs, F_v	2-23
Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	2-26
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	2-26
Tabel 2. 8 Faktor R , C_d , dan Ω_o untuk sistem pemikul gaya seismik.....	2-27
Tabel 2. 9 Persyaratan untuk masing – masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar	2-28
Tabel 2. 10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	2-29
Tabel 2. 11 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	2-29
Tabel 2. 12 Simpangan antar tingkat izin, Δ_a	2-31
Tabel 2. 13 Faktor redaman	2-35
Tabel 2. 14 Persyaratan <i>Roof Drift Ratio</i>	2-46
Tabel 3. 1 Beban mati tambahan.....	3-3
Tabel 3. 2 Beban hidup	3-4
Tabel 3. 3 Dimensi Penampang Elemen Struktur	3-5
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>Base Isolation Lead Rubber Bearing</i>	3-5
Tabel 4. 1 Pola Gerak Dominan Model Gedung.....	4-1
Tabel 4. 2 Ragam Getar dan Periode Getar pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-1
Tabel 4. 3 Gaya Geser Dasar pada Model Gedung.....	4-2
Tabel 4. 4 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-2
Tabel 4. 5 Perpindahan pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-3
Tabel 4. 6 Pola Gerak Dominan Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-4
Tabel 4. 7 Ragam Getar dan Periode Getar pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-4
Tabel 4. 8 Gaya Geser Dasar Pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-5

Tabel 4. 9 Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-5
Tabel 4. 10 Perpindahan pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R = 2)....	4-6
Tabel 4. 11 Perpindahan pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R = 8)....	4-7
Tabel 4. 12 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-7
Tabel 4. 13 Rasio Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-8
Tabel 4. 14 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-9
Tabel 4. 15 Perpindahan pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-9
Tabel 4. 16 Detik Pertama Terjadinya Sendi Plastis pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-10
Tabel 4. 17 Tingkat Kinerja Struktur pada Model Gedung <i>fixed base</i>	4-12
Tabel 4. 18 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Model Gedung Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2).....	4-12
Tabel 4. 19 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Model Gedung Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8).....	4-13
Tabel 4. 20 Rasio Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2).....	4-13
Tabel 4. 21 Rasio Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8).....	4-13
Tabel 4. 22 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2)	4-14
Tabel 4. 23 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8)	4-15
Tabel 4. 24 Perpindahan pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=2)....	4-15
Tabel 4. 25 Perpindahan pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i> (R=8)....	4-16
Tabel 4. 26 Detik Pertama Terjadinya Sendi Plastis pada Model Gedung dengan <i>base isolation</i>	4-19
Tabel 4. 27 Perbandingan Periode Getar.....	4-20
Tabel 4. 28 Perbandingan Gaya Geser Dasar.....	4-20
Tabel 4. 29 Perbandingan Rasio Simpangan Antar Tingkat akibat Beban Gempa El Centro 1940 N-S	4-21

Tabel 4. 30 Perbandingan Rasio Simpangan Antar Tingkat akibat Beban Gempa Denpasar 1979 B-T	4-21
Tabel 4. 31 Perbandingan Rasio Simpangan Antar Tingkat akibat Beban Gempa Flores 1992.....	4-22
Tabel 4. 32 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat akibat Beban Gempa El Centro 1940 N-S	4-23
Tabel 4. 33 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat akibat Beban Gempa Denpasar 1979 B-T	4-23
Tabel 4. 34 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat akibat Beban Gempa Flores 1992.....	4-23
Tabel 4. 35 Perbandingan Perpindahan akibat Beban Gempa El Centro 1940 N-S	4-24
Tabel 4. 36 Perbandingan Perpindahan akibat Beban Gempa Denpasar 1979 B-T	4-24
Tabel 4. 37 Perbandingan Perpindahan akibat Beban Gempa Flores 1992	4-25
Tabel 4. 38 Perbandingan Detik Pertama Terjadinya Sendi Plastis.....	4-25
Tabel 4. 39 Perbandingan Gaya Geser Dasar.....	4-26
Tabel 4. 40 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat	4-27
Tabel 4. 41 Perbandingan Perpindahan Lantai	4-28
Tabel 4. 42 Perbandingan Kebutuhan Jumlah Tulangan Longitudinal dan Transversal pada Balok Induk B7	4-29
Tabel 4. 43 Perbandingan Kebutuhan Jumlah Tulangan Longitudinal dan Transversal pada Kolom C12.....	4-30
Tabel 4. 44 Ragam Getar dan Periode Getar pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-30
Tabel 4. 45 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Model Gedung Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-31
Tabel 4. 46 Simpangan Antar Tingkat pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-32
Tabel 4. 47 Perpindahan pada Model Gedung dengan <i>Base Isolation</i>	4-32
Tabel 4. 48 Perbandingan Kebutuhan Jumlah Tulangan Longitudinal dan Transversal pada Balok Induk.....	4-33

Tabel 4. 49 Perbandingan Kebutuhan Jumlah Tulangan Longitudinal dan Transversal pada Kolom 4-33

Tabel 4. 50 Perbandingan Dimensi Kolom pada Model Gedung *Fixed Base* dan Model Gedung dengan *Base Isolation* 4-33

Tabel 4. 51 Perbandingan Dimensi Balok Induk pada Model Gedung *Fixed Base* dan Model Gedung dengan *Base Isolation* 4-34



BAB 1

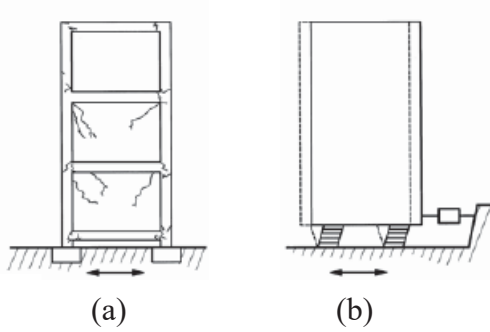
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang rentan terhadap bencana gempa bumi karena letak geografisnya yaitu di titik pertemuan antara tiga lempeng yang masih aktif dalam melakukan pergerakan secara terus menerus. Ketiga lempeng tersebut adalah lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo – Australia. Ketiga lempeng tersebut bergerak seiringnya waktu dan dapat memicu terjadinya proses subduksi yaitu, pelepasan energi ketika lempeng yang memiliki massa yang lebih berat akan menyusup ke bawah, sehingga lempeng yang memiliki massa lebih ringan akan terangkat.

Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan gedung seperti infrastruktur, fasilitas umum serta hunian pribadi. Salah satu tindakan preventif untuk meminimalisir kerusakan bangunan gedung akibat gempa adalah dengan memperkuat sistem struktur yang menerima gaya gempa. Pada kenyataannya, metode ini masih belum menjadi solusi yang terbaik karena apabila *interstory drift* pada bangunan gedung terlalu besar maka elemen - elemen struktural maupun non – struktural dapat rusak. Nilai dari *interstory drift* dapat diperkecil dengan cara memperkuat bangunan gedung dalam arah lateral. Namun, gaya gempa yang bekerja pada bangunan gedung akan makin besar.

Metode alternatif yang dapat dilakukan untuk menanggulangi dilema tersebut dengan cara meredam energi gempa, yaitu dengan menggunakan *base isolation*. Cara kerja dari sistem ini adalah memisahkan interaksi antara struktur dengan pergerakan tanah yang terjadi akibat gempa, dengan cara menempatkan elemen struktural dengan kekakuan yang lebih rendah diantara struktur dan pondasi.



Gambar 1. 1 Skema respon gaya gempa dari dua bangunan gedung; bangunan gedung (a) tidak menggunakan *base isolation* sedangkan bangunan gedung (b) dipasang sistem *base isolation* (Sumber : *Seismic Isolation for Designers and Structural Engineers*,2011)

Berdasarkan Gambar 1. 1, bangunan gedung tanpa *base isolation* mengalami kerusakan karena deformasi yang terjadi cukup besar, sedangkan bangunan gedung yang menggunakan *base isolation* menerima gaya yang jauh berkurang karena sebagian besar deformasi ditahan oleh *base isolation*.

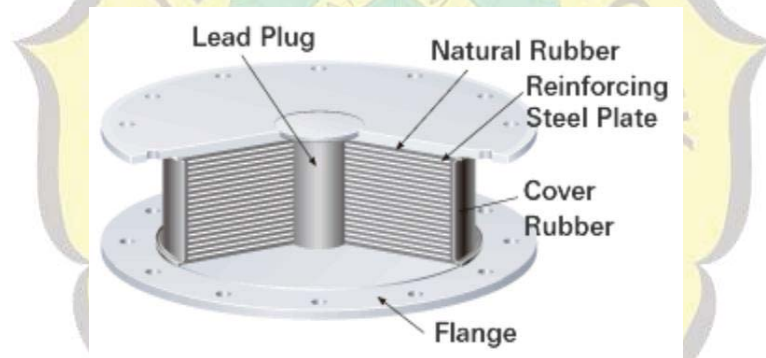
Setiap *base isolator* memiliki karakteristik yang berbeda-beda dalam meredam gaya gempa. Jenis *base isolator* pertama yang telah banyak digunakan adalah *elastomeric isolation systems* yaitu meletakkan *base isolator* yang memiliki kekakuan lateral rendah diantara pondasi dan struktur atas. Struktur dengan *base isolator* ini memiliki periode getar lebih besar dibandingkan dengan struktur tanpa *base isolator*. Perbesaran periode getar ini akan mengurangi gaya gempa yang diterima oleh struktur. Contoh – contoh dari *elastomeric isolation systems* adalah *Low Damping Natural Rubber Bearing*, *Lead Rubber Bearing*, dan *High-Damping Natural Rubber (HDNR)*. Tipe *base isolator* yang kedua adalah *sliding isolation systems*. Jenis *base isolator* ini menggunakan sistem geser (*sliding*) dimana friksi yang terjadi antara sistem geser (*sliding*) tersebut sangat kecil sehingga sistem ini dapat membatasi transfer gaya geser dari struktur bawah ke struktur atas. Contoh – contoh dari *sliding isolation systems* adalah *Pure Friction System* dan *Friction Pendulum System*.

Skripsi ini akan membahas salah satu tipe *base isolation* yaitu *Lead Rubber Bearing* seperti yang terlihat pada Gambar 1. 2. *Lead Rubber Bearing* menggunakan *lead* (timah) di bagian tengah yang dikelilingi dengan lapisan karet dan baja. Lapisan karet inilah yang membuat *base isolator* dapat bergerak ke

seluruh arah horizontal sedangkan lapisan baja berfungsi untuk menahan beban aksial.

Kelebihan dari *Lead Rubber Bearing* dibandingkan dengan *elastomeric isolation systems* yang lain adalah *lead* atau timah mendisipasi energi gempa dan memberikan kekakuan yang cukup untuk menahan beban servis. Sistem ini menyerap energi gempa lebih dibandingkan *elastomeric isolation systems* lainnya.

Menurut analisis yang telah dilakukan oleh Saman Mansouri dan Amin Nazari (2017) didapatkan hasil bahwa bangunan gedung struktur beton bertulang 20 lantai yang telah dirancang dengan *base isolation* berupa *lead rubber bearing* mengalami peningkatan periode struktur dari awalnya 2.139 detik menjadi 3.894 detik. Hasil lain yang didapatkan ada penurunan nilai *base shear* arah x sebesar 720,1 ton dan arah y sebesar 876 ton menjadi 169,4 ton untuk arah x dan 181,3 ton untuk arah y.



Gambar 1. 2 *Lead Rubber Bearing* (Sumber: www.bridgestone.com)

1.2 Inti Permasalahan

Permasalahan yang akan diangkat dalam skripsi membahas mengenai pemasangan *base isolation* akan mempengaruhi periode getar dan simpangan antar lantai dari struktur. Skripsi ini akan mempelajari bagaimana pengaruh dari gedung dengan *base isolation* terhadap perilaku dinamik struktur beton bertulang.

1.3 Tujuan Penulisan

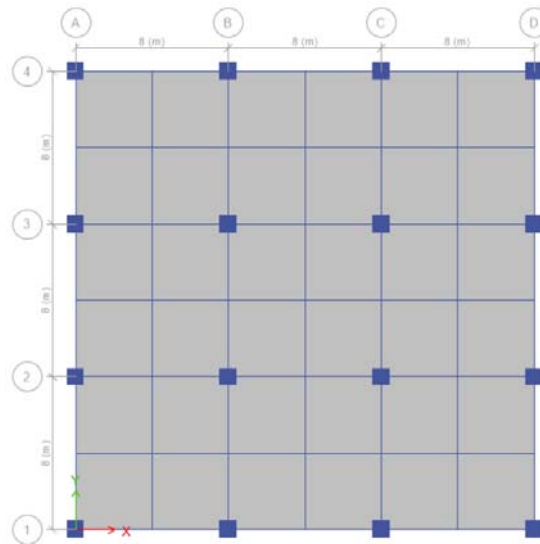
Tujuan penulisan ini adalah untuk membandingkan perilaku dinamik struktur beton bertulang dengan dan tanpa adanya *base isolation*. Struktur beton bertulang yang menggunakan *base isolation* akan memiliki variasi nilai koefisien modifikasi

respons (R). Analisis beban gempa yang dilakukan adalah analisis modal dengan respon spektrum dan analisis riwayat respons.

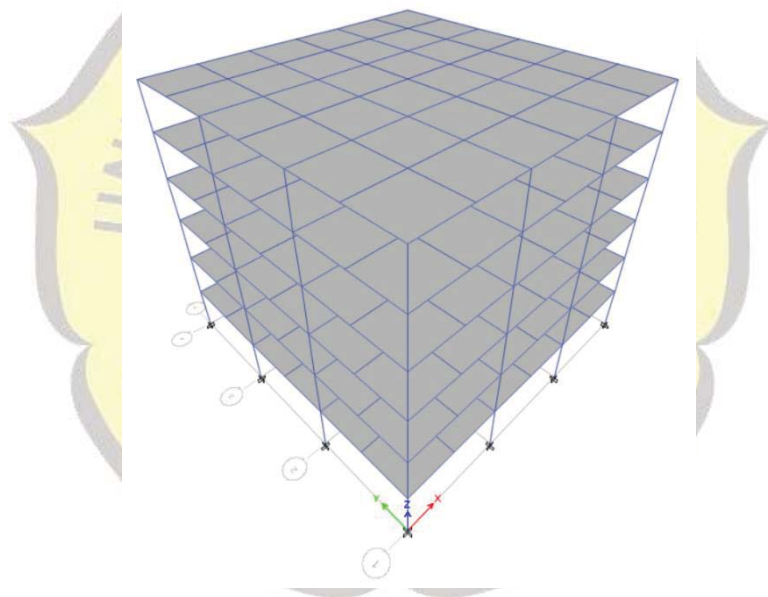
1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Fungsi bangunan gedung adalah Perkantoran dengan jumlah tingkat 6 lantai
2. *Base isolation* yang digunakan adalah *lead rubber bearing*
3. Bangunan gedung terletak di kota Bandung dengan *site class* D (tanah sedang)
4. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 35$ MPa serta mutu tulangan baja yang digunakan adalah $f_y = 420$ MPa
5. Sistem penahan gaya gempa yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
6. Pemodelan gedung menggunakan struktur beton bertulang bergeometri simetris dengan jumlah tingkat 6 lantai. Ketinggian lantai tipikal adalah 3,6 m. Dimensi gedung memiliki panjang 3 bentang yang memiliki panjang bentang 8 meter untuk arah x dan y.
7. Rekaman percepatan tanah dasar gempa yang digunakan dalam analisis riwayat respons (*time history analysis*) adalah :
 - a) Gempa El Centro N-S tahun 1940
 - b) Gempa Denpasar B-T tahun 1979, dan
 - c) Gempa Flores tahun 1992
8. Peraturan – peraturan yang digunakan adalah
 - a) SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan gedung Gedung dan Non Gedung
 - b) RSNI 1727:2018 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan gedung Gedung dan Struktur Lain
 - c) SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan gedung Gedung
9. Perancangan dan perhitungan pondasi tidak dilakukan
10. Desain struktur dan analisis riwayat respons menggunakan program ETABS



Gambar 1. 3 Tampak atas bangunan gedung



Gambar 1. 4 Tampak 3 Dimensi Gedung 6 Lantai

1.5 Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan agar memperoleh pemahaman secara matang mengenai topik pembahasan. Sumber – sumber yang digunakan dalam penulisan ini berasal dari buku-buku, jurnal, peraturan yang berlaku, dan artikel atau tulisan yang terdapat di internet.

2. Studi Analisis

Studi analisis dilakukan agar menolong proses perancangan bangunan gedung yang diteliti. Program yang digunakan untuk melakukan perancangan serta analisis gedung adalah ETABS dan Mathcad.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian, diagram alir serta sistematika penulisan skripsi

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini berisi tentang studi literatur dari teori dasar dan peraturan atau acuan yang digunakan dalam penyusunan skripsi

BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang desain dan pemodelan dari bangunan gedung struktur beton bertulang menggunakan program ETABS

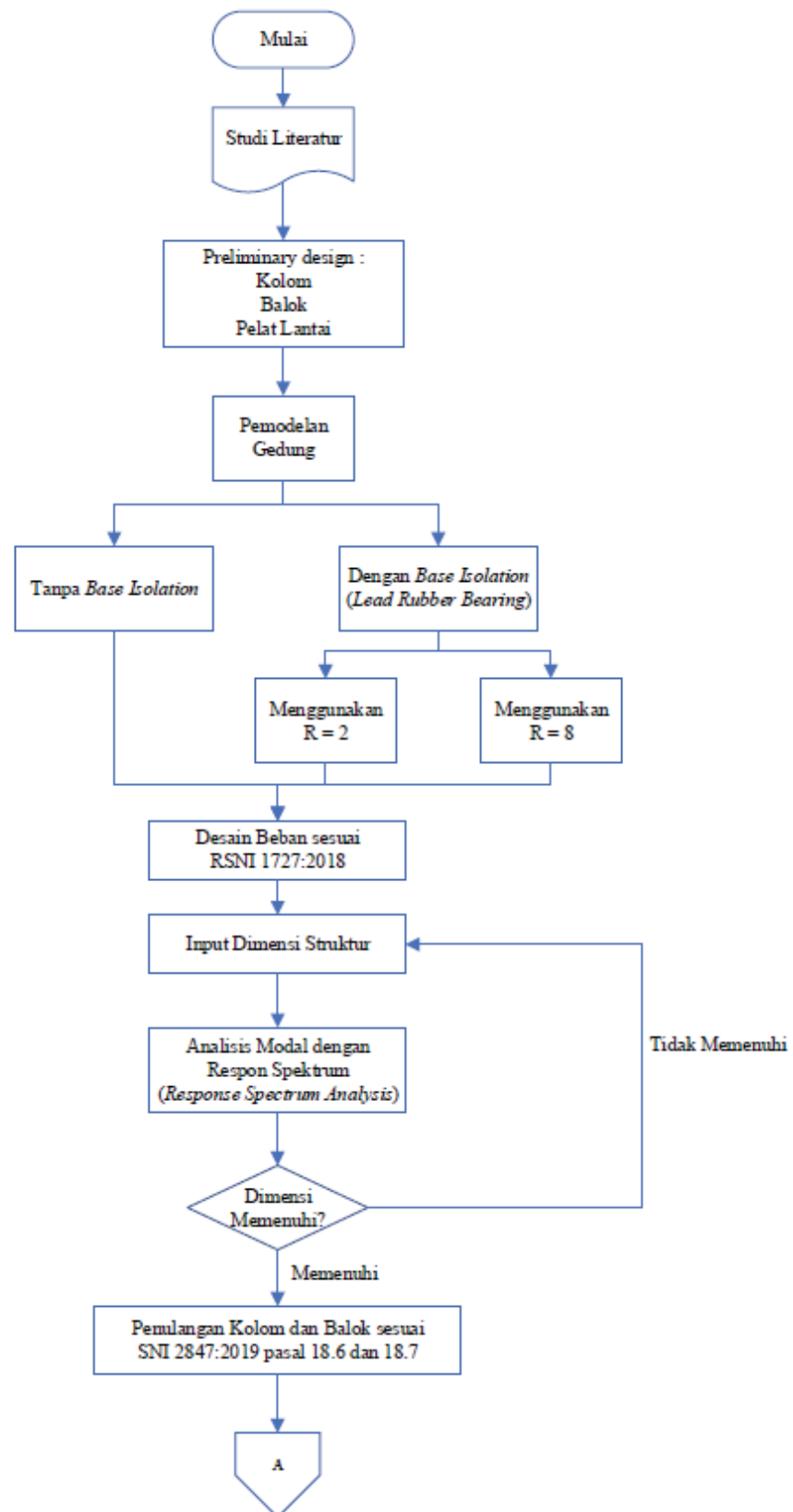
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

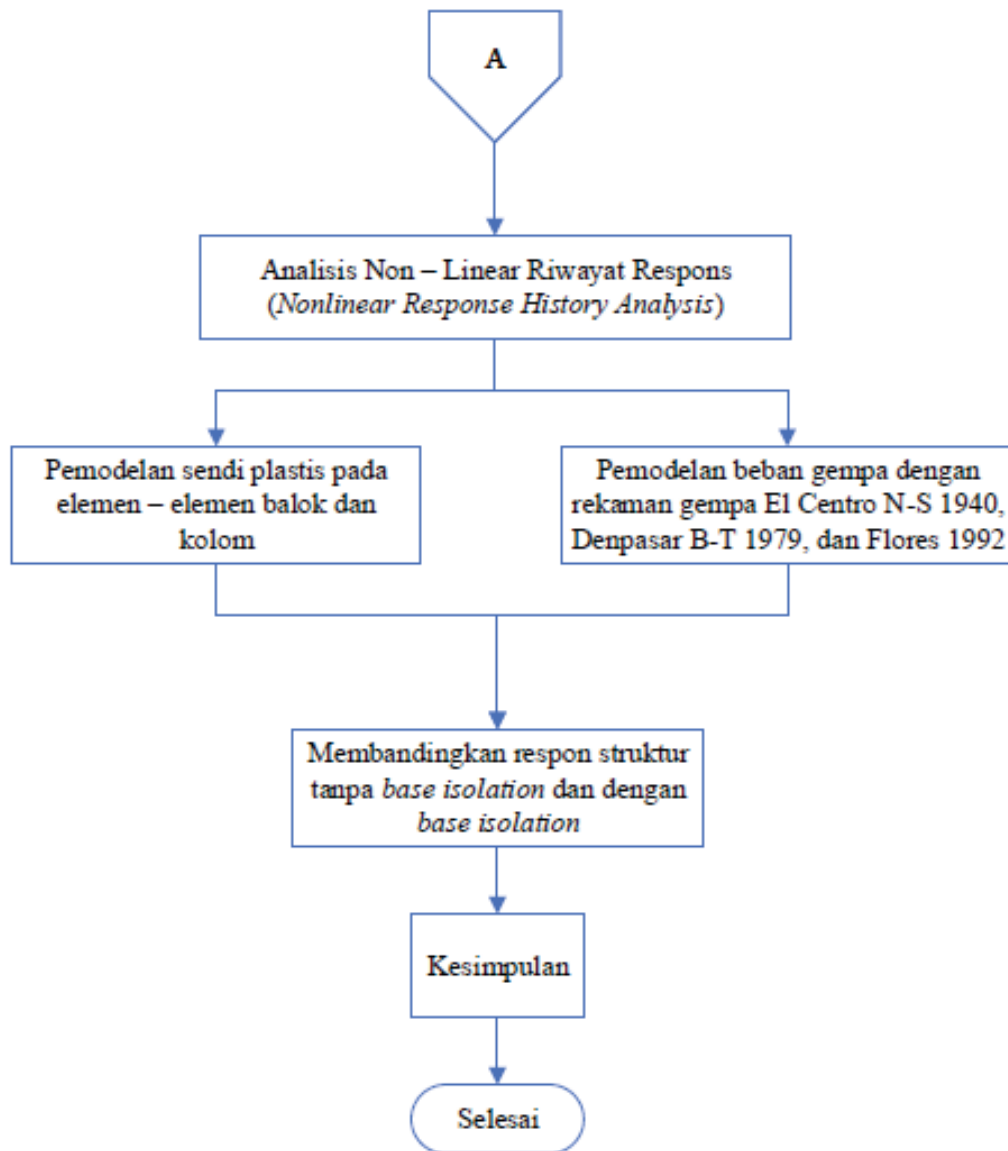
Bab ini berisi analisis dan pembahasan mengenai hasil perhitungan analisis dinamik pada bangunan gedung struktur beton bertulang yang telah ditambahkan *base isolator* yaitu *Lead Rubber Bearing*

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis yang telah dilakukan serta saran – saran berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan

1.7 Diagram Alir Penelitian





Gambar 1. 5 Diagram Alir Penelitian