

**ANALISIS EFEKTIVITAS *BASE ISOLATOR* TIPE *LEAD RUBBER*  
*BEARING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT SEDANG DENGAN  
ANALISIS DINAMIK RIWAYAT WAKTU NONLINIER**

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

CATHERINE

NPM : 17 02 16756



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
DESEMBER 2020**

**PENGESAHAN**

Laporan Tugas Akhir

**ANALISIS EFEKTIVITAS *BASE ISOLATOR* TIPE *LEAD RUBBER BEARING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT SEDANG DENGAN ANALISIS DINAMIK RIWAYAT WAKTU NONLINIER**

Oleh :

CATHERINE

NPM : 17 02 16756

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, .....

Pembimbing



(Dr. Ir. Junaedi Utomo, M. Eng.)

Disahkan oleh :

Ketua Program Studi Teknik Sipil



(Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng. Ph.D.)

## **PENGESAHAN PENGUJI**

Laporan Tugas Akhir

### **ANALISIS EFEKTIVITAS *BASE ISOLATOR* TIPE *LEAD RUBBER BEARING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT SEDANG DENGAN ANALISIS DINAMIK RIWAYAT WAKTU NONLINIER**



Oleh :

**CATHERINE**

NPM : 17 02 16756

Telah diuji dan disetujui

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Dr. Ir. Junaedi Utomo, M. Eng.	.....	.....
Sekretaris	: Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng	.....	.....
Anggota	: Y.Lulie, Ir., M.T.	.....	.....

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

**“ANALISIS EFEKTIVITAS *BASE ISOLATOR* TIPE *LEAD RUBBER BEARING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT SEDANG DENGAN ANALISIS DINAMIK RIWAYAT WAKTU NONLINIER”**

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Apabila terbukti di kemudian hari bahwa tugas akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 18 Desember 2020

Pembuat Pernyataan

( Catherine )

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya, Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar. Tujuan dari Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS EFEKTIVITAS *BASE ISOLATOR* TIPE *LEAD RUBBER BEARING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT SEDANG DENGAN ANALISIS DINAMIK RIWAYAT WAKTU NONLINIER” ini adalah untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan tinggi Program Strata-1 (S-1) di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, Penulis telah dibantu, dinasehat dan diberi doa terbaik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., selaku Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta
2. Bapak Luky Handoko, S.T. M.Eng. Dr.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng. Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta
4. Bapak Ir. Dr. Junaedi Utomo M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk, arahan, dan membimbing selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah mendidik dan membagikan ilmu pengetahuan kepada Penulis.
6. Kedua orang tua Penulis, Jeni dan Sok Kim, serta kedua adik Penulis, Xera Eliza dan Weslim Eldwin yang senantiasa memberi nasehat, dukungan dan doa kepada Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan Penulis selama perkuliahan, Devon Vanega, Kathy Lawinata, Kumara Adi, Annisa Raisti, William Jose, Randy Mamola, Martha Widuri dan Kiren Maulina.

8. Rekan-rekan Biro Akademis HMS UAJY 2018/2019, Sola Fide, Risma Hanna, Honggo Limiki, Felicia Febrianti, Laurentcia Felicia, Ode Satriya dan Wilson Edrian.
9. Rekan-rekan Biro Akademis HMS UAJY 2019/2020, Alvin Santo, Felicia Wijaya, Chyntia Limas, Dodi Cahyo, Titiansi Tinsi, Veronica Hana dan Laurensius Yufreanto.
10. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta Angkatan 2017 yang selalu memberi hiburan dan bantuan selama perkuliahan.
11. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberi dukungan dan bantuan kepada Penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.

## INTISARI

**ANALISIS EFEKTIVITAS *BASE ISOLATOR* TIPE *LEAD RUBBER BEARING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT SEDANG DENGAN ANALISIS DINAMIK RIWAYAT WAKTU NONLINIER**, Catherine, NPM 17.02.16756, tahun 2021, PKS Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Indonesia merupakan salah satu negara yang sangat rawan dengan gempa bumi, karena Indonesia terletak diantara tiga pertemuan lempeng besar. Gempa bumi melepaskan energi yang akan mengakibatkan getaran kuat dan merambat hingga bangunan konstruksi. Hal ini akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan konstruksi.

Salah satu solusi permasalahan ini adalah *base isolated system* yang memisahkan struktur atas dan struktur bawah yang mengalami pergerakan tanah akibat gempa dengan menyisipkan *base isolator* diantara struktur atas dan fondasi. Gaya gempa yang merambat hingga struktur atas akan tereduksi oleh *base isolator* dengan melakukan perpindahan lateral yang besar. Sistem ini memiliki nilai kekakuan yang rendah terhadap arah horizontal dan nilai kekakuan yang tinggi terhadap arah vertikal, sehingga tetap mampu menahan beban vertikal bangunan dan beban lateral gempa.

Bangunan yang akan dirancang adalah bangunan bertingkat 4(empat) dengan sistem rangka beton bertulang di Kota Yogyakarta. Analisis dilakukan dengan bantuan software ETABS 18.1.1.

Dari hasil analisis yang diperoleh, *base isolator* berfungsi dengan efektif dalam melindungi bangunan bertingkat sedang dari gaya gempa dengan dianalisis secara nonlinier dan struktur atas yang dianalisis secara linier. Gaya geser dan momen yang merambat hingga struktur atas pada bangunan *isolated base* lebih kecil dibandingkan dengan bangunan konvensional. Sedangkan perpindahan lateral yang terjadi pada bangunan *isolated base* lebih besar dibandingkan dengan bangunan konvensional.

Kata kunci : *lead rubber bearing, base isolated system, base isolator*, analisis dinamik riwayat waktu

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	ii
<b>Pengesahan Penguji</b> .....	iii
<b>Pernyataan</b> .....	iv
<b>Kata Pengantar</b> .....	v
<b>Intisari</b> .....	vii
<b>Daftar Isi</b> .....	viii
<b>Daftar Tabel</b> .....	xi
<b>Daftar Gambar</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Konsep <i>Base Isolated System</i> .....	5
2.1.2. Teori Linier Isolasi Seismik.....	7
2.1.3. Persyaratan Umum.....	11
2.2. Tipe-tipe <i>Base Isolator</i> .....	12
2.2.1. <i>High Damping Rubber Bearing (HDRB)</i> .....	12
2.2.2 <i>Lead Rubber Bearing (LRB)</i> .....	13
2.2.3. <i>Pot Bearing</i> .....	14
2.2.4. <i>Friction Pendulum System (FPS)</i> .....	15
2.3. Properti <i>Base Isolator</i> .....	16
2.4. Faktor modifikasi properti ( $\lambda$ ).....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	20
3.1. Subjek dan Objek Penelitian.....	20
3.2. Pengumpulan Data Penelitian.....	20



3.2.1. Parameter Respon Spektra.....	20
3.2.2. Rekaman Riwayat Gempa.....	22
3.2.3. Spesifikasi <i>Base Isolator</i> .....	23
3.3. Peraturan yang Digunakan.....	23
3.4. Permodelan.....	23
3.5. Analisis Dinamik Riwayat Waktu Nonlinier.....	23
3.6. Analisa <i>Output</i> .....	24
3.7. Evaluasi.....	25
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
4.1. Permodelan Struktur.....	26
4.1.1. Data Bangunan.....	26
4.1.2. Data Material.....	26
4.1.3. Pembebanan.....	27
4.1.4. Beban Gempa.....	27
4.1.5. Spesifikasi <i>Lead Rubber Bearing</i> .....	29
4.1.6. Hasil Permodelan.....	30
4.2. Hasil Analisis dan Pembahasan.....	33
4.2.1. Analisis Perbandingan Frekuensi dan Waktu Getar Alami Struktur.....	33
4.2.2. Analisis Perbandingan Percepatan Struktur.....	34
4.2.3. Analisis Perbandingan Gaya Geser dan Momen pada Struktur.....	35
4.2.4. Analisis Perbandingan Perpindahan Lateral pada Struktur.....	37
4.2.5. Efektivitas <i>Base Isolator</i> pada Bangunan Bertingkat Sedang..	40
4.4. Pengaruh Efektivitas <i>Base Isolator</i> pada Bangunan yang Mengalami Resonansi.....	41
4.4.1. Hasil Analisis Perbandingan Gaya Geser pada Bangunan.....	41
4.4.2. Hasil Analisis Perbandingan Gaya Momen pada Bangunan....	42
4.4.3. Hasil Analisis Perbandingan Perpindahan Lateral pada Bangunan.....	43

4.4.4. Efektivitas <i>Base Isolator</i> pada Bangunan yang Mengalami Resonansi.....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>44</b>
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran.....	44
<b>Daftar Pustaka</b>	
<b>Lampiran</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor redaman, $B_M$ (SNI 1726:2019).....	17
Tabel 3.1 – Koefisien situs, $F_a$ (SNI 1726:2019).....	20
Tabel 3.2 – Koefisien situs, $F_v$ (SNI 1726:2019).....	21
Tabel 4.1. Parameter Spektrum Respons Desain.....	28
Tabel 4.2. Spesifikasi <i>Lead Rubber Bearing</i> .....	29
Tabel 4.3. Perbandingan Waktu Getar dan Frekuensi Bangunan.....	34
Tabel 4.4. Perbandingan Percepatan Antar Tingkat.....	34
Tabel 4.5. Perbandingan Gaya Geser Antar Tingkat.....	35
Tabel 4.6. Perbandingan Momen Antar Tingkat.....	36
Tabel 4.7. Perbandingan Perpindahan Lateral Antar Tingkat.....	39
Tabel 4.8. Perbandingan Gaya Geser pada Bangunan Resonansi.....	41
Tabel 4.9. Perbandingan Gaya Momen pada Bangunan Resonansi.....	42
Tabel 4.10. Perbandingan Perpindahan Lateral pada Bangunan Resonansi...	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konsep <i>Base Isolated System</i> .....	5
Gambar2.2 Parameter sistem isolasi 2 derajat kebebasan (Naeim and Kelly, 1999).....	6
Gambar 2.3. Ilustrasi <i>High Damping Rubber Bearing</i> .....	12
Gambar 2.4. <i>High Damping Rubber Bearing</i> .....	13
Gambar 2.5. Ilustrasi <i>Lead Rubber Bearing</i> .....	13
Gambar 2.6 <i>Lead Rubber Bearing</i> .....	14
Gambar 2.7. Ilustrasi <i>Pot Bearing</i> .....	14
Gambar 2.8. Ilustrasi <i>Friction Pendulum System</i> .....	15
Gambar 2.9. Ilustrasi Konsep <i>Friction Pendulum System</i> .....	16
Gambar 2.10. Hubungan ideal gaya dan perpindahan isolasi seismik (Constantinou dkk.,2007) .....	16
Gambar 3.1 Gambar Spektrum Respons Desain (SNI 1726:2019).....	21
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	25
Gambar 4.1. Perbandingan Spektrum Respons Desain, Kobe dan Setelah Penskalaan.....	28
Gambar 4.2. Akselerogram Kobe(Jepang) Asli.....	29
Gambar 4.3. Akselerogram Kobe(Jepang) Setelah Penskalaan.....	29
Gambar 4.4. Perbandingan Akselerogram Sebelum dan Sesudah Penskalaan.....	29
Gambar 4.5. Tampak Bangunan <i>Fixed Base</i> dari sumbu zy.....	30
Gambar 4.6. Tampak Bangunan <i>Fixed Base</i> dari sumbu zx.....	31
Gambar 4.7. Tampak 3D Bangunan <i>Fixed Base</i> .....	31
Gambar 4.8. Tampak Bangunan <i>Isolated Base</i> dari sumbu zy.....	32
Gambar 4.9. Tampak Bangunan <i>Isolated Base</i> dari sumbu zx.....	32
Gambar 4.10. Tampak 3D Bangunan <i>Isolated Base</i> .....	33
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Percepatan Antar Tingkat.....	34
Gambar 4.12. Grafik Perbandingan Gaya Geser Antar Tingkat.....	35
Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Momen Antar Tingkat.....	36

Gambar 4.14. Titik Acuan untuk Perpindahan Lateral Setiap Tingkat.....	37
Gambar 4.15. Deformasi Bangunan <i>Fixed Base</i> pada Perpindahan Maksimal.....	38
Gambar 4.16. Deformasi Bangunan <i>Isolated Base</i> pada Perpindahan Maksimal.....	38
Gambar 4.17. Grafik Perbandingan Perpindahan Lateral Antar Tingkat.....	39
Gambar 4.18. Grafik Perbandingan Simpangan Lateral Antar Tingkat	40
Gambar 4.19 Akselerogram Gempa Chi Chi (1999).....	41
Gambar 4.20. Perbandingan Gaya Geser pada Bangunan Resonansi.....	41
Gambar 4.21. Perbandingan Gaya Momen pada Bangunan Resonansi.....	42
Gambar 4.22. Perbandingan Perpindahan Lateral pada Bangunan resonansi	43