

**PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN
SISTEM FIXED BASE TERHADAP SISTEM BASE ISOLATION
(LEAD RUBBER BEARING)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



ALFRIANDINI

1222914007

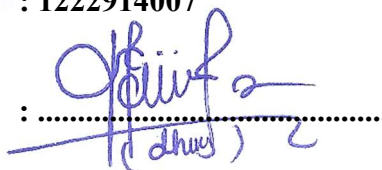
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2024**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri, dan
semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Alfriandini

NIM : 1222914007

Tanda Tangan : 

Tanggal : Agustus 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Alfriandini

NIM : 1222914007

Program Studi : Teknik Sipil

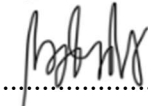
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer


Judul Skripsi : Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Dengan Sistem
Fixed Base Terhadap Sistem *Base Isolation (Lead Rubber Bearing)*.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Mohammad Ihsan,ST.,M.T.,M.Sc. (..........)

Penguji 1 : Dr.Ir. Budianto Ontowirjo, MSc. (..........)

Penguji 2 : Leonardus Setia Budi Wibowo,ST.,M.T., Ph.D. (..........)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Agustus, 2024

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah- Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Dengan Sistem *Fixed Base* Terhadap Sistem *Base Isolation (lead Rubber Bearing)*** Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat kelulusan bagi mahasiswa dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D selaku Rektor Universitas Bakrie;
2. Ibu Fatin Adriati S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie;
3. Dr. Mohammad Ihsan,ST.,M.T.,M.Sc selaku pembimbing 1 yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
4. Untuk tugas akhir yang disusun oleh penulis, Bapak Dr.Ir. Budianto Ontowirjo, MSc. dan Bapak Leonardus Setia Budi Wibowo,ST.,M.T., Ph.D., adalah penguji yang telah memberikan masukan dan perbaikan;
5. Bapak dan ibu dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada penulis sehingga membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan ini;
6. PT. Wika Gedung,Tbk. yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data pendukung yang saya perlukan;
7. Kedua orang tua saya bapak Darlis Chaniago dan ibu Ratna D.H., Suami Benny, Anak tercinta Roweena Lily I. (yang selalu menjadi penyemangat dalam segala situasi), Adik tercinta Saya Nurani Chania, Reyfhadli Chaniago, Dhelysha Chania, Ratna Putri Chania, Aldias Chaniago, Akbar Fhirdaus Chaniago, Wali (yang tidak mau disebutkan namanya) yang selalu bersedia membantu biaya administasi perkuliahan, Serta Sahabat Nikco Andri Saputra & Zaham Akbarilah yang selalu memberikan bantuan ilmu serta tempat (*basecamp*) selama penyusunan Skripsi, dukungan semangat dan doa untuk penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini;

8. Rekan – rekan S1 teknik sipil kelas karyawan D3 angkatan 18 dan 19 yang selalu membantu dalam susah ketika perkuliahan serta selalu memberikan semangat dan motivasi dalam perkuliahan serta penyusunan penyusunan Tugas Akhir ini;
9. Semua pihak yang telah membantu terselesainya Tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa penulis harapkan dari semua pihak. Akhirnya besar harapan penulis, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Jakarta, Agustus 2024

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfriandi
NIM : 1222914007
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN SISTEM FIXED BASE TERHADAP SISTEM BASE ISOLATION (LEAD RUBBER BEARING)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : Agustus 2024

Yang Menyatakan



Alfriandini

PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN SISTEM FIXED BASE TERHADAP SISTEM BASE ISOALTION (LEAD RUBBER BEARING)

Alfriandini¹

ABSTRAK

Berdasarkan posisinya yang terletak di dekat pertemuan tiga lempeng tektonik aktif—lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik—wilayah Indonesia sangat rentan terhadap aktivitas seismik, termasuk gempa vulkanik dan tektonik. Pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia terjadi di sepanjang pantai Sumatra, Jawa, dan Nusa Tenggara. Sebaliknya, pertemuan lempeng Pasifik terjadi di wilayah utara Irian dan Maluku Utara. Mengingat bahwa zona pertemuan ini sebagian besar berada di bawah laut, gempa dangkal yang signifikan dapat memicu tsunami, sehingga meningkatkan kerentanan Indonesia terhadap kejadian tersebut. Selain itu, aktivitas seismik yang sering terjadi menimbulkan risiko besar terhadap stabilitas infrastruktur dan keselamatan publik. Meskipun demikian, upaya untuk mengurangi kerugian umumnya terbukti tidak memadai karena kerusakan struktural dan non-struktural sering disebabkan oleh pergeseran antar-lempeng yang bervariasi.

Pendekatan desain yang efektif untuk mengatasi masalah ini adalah penggunaan sistem isolasi seismik yang melibatkan *Lead Rubber Bearings* (LRB). Tujuan dari metode ini adalah untuk memisahkan bangunan dari gerakan tanah, sehingga meningkatkan kinerja seismik bangunan tersebut. Penelitian ini melakukan analisis riwayat waktu non-linear untuk memeriksa karakteristik dinamis struktur yang dilengkapi dengan LRB.

Berdasarkan hasil analisis *Time history* non linier dan *Respon spektrum analisis* diketahui bahwa periode getar struktur *base isolated* meningkat hingga sekitar 2,9%. Terjadi penurunan yang signifikan dalam gaya geser dasar pada bangunan yang menggunakan *Lead Rubber Bearings* dibandingkan dengan bangunan yang tidak menggunakan isolator tersebut. Secara khusus, penggunaan isolator *Lead Rubber Bearings* mengurangi gaya geser dasar sebesar 14,15% hingga 31,08%. Pengurangan ini disebabkan oleh peningkatan periode struktural, yang

mengakibatkan penurunan gaya seismik. Dengan demikian, penggunaan LRB tidak hanya meningkatkan kemampuan struktur untuk menahan gempa tetapi juga mengurangi risiko kerusakan selama peristiwa seismik, sehingga menawarkan solusi komprehensif untuk wilayah rawan gempa seperti Indonesia.

Kata kunci : Sistem Isolasi, *Lead Rubber Bearing*, *Fixed Base*, *Time History*, *Respon spektrum analysis*

**COMPARATIVE ANALYSIS OF BUILDING STRUCTURAL
PERFORMANCE BETWEEN FIXED-BASE SYSTEM AND BASE
ISOLATION SYSTEM (LEAD RUBBER BEARING)**

Alfriandini¹

ABSTRACT

Based on its position near the convergence of three active tectonic plates - the Indo-Australian, Eurasian, and Pacific plates - the Indonesian region is very susceptible to seismic activity, including both volcanic and tectonic earthquakes. The convergence of the Indo-Australian plate with the Eurasian plate occurs along the beaches of Sumatra, Java, and Nusa Tenggara. Conversely, the convergence of the Pacific plate takes place in the northern territory of Irian and North Maluku. Given that the convergence zones are mostly situated underwater, it follows that substantial shallow earthquakes have the capacity to produce tsunamis, hence heightening Indonesia's vulnerability to such occurrences. Furthermore, the regularly occurring seismic events present significant risks to the stability of infrastructure and the safety of the general public. Nevertheless, the attempts to reduce losses generally prove inadequate as the structural and non-structural damages are usually caused by varying inter-story drifts.

An effective design approach for building structures to tackle these issues is the use of a seismic isolation system incorporating Lead Rubber Bearings (LRB). The objective of this sophisticated method is to independent the building from ground motion, so improving its seismic performance. The present work does a nonlinear time history analysis in order to examine the dynamic characteristics of structures that are equipped with LRBs.

The investigation indicates that the vibration period of the structure isolated at its base increases by around 2.9%. A substantial decrease in base shear force is observed in buildings that employ Lead Rubber Bearings as compared to those that do not have such isolators. More precisely, the use of Lead Rubber Bearing isolators decreases the fundamental shear force by a range of 14.15% to 31.08%. This reduction is ascribed to the augmented structural period, leading to a decline in seismic forces. Therefore, the adoption of LRBs not only improves the ability of structures to withstand earthquakes but also reduces the risk of damage during seismic

events, therefore offering a comprehensive solution for earthquake-prone areas such as Indonesia.

Keywords : *Seismic Isolation System, Lead Rubber Bearing, Fixed Base, Time History, Respon spektrum analysis*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan Penelitian.....	3
I.4. Manfaat Penelitian.....	3
I.5. Batasan Masalah.....	4
I.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA	7
II.1. Umum.....	7
II.2. Konsep Isolasi	7
II.3. Karakteristik Lead Rubber Bearing (LRB).....	11
II.4. Konsep Dinamika Struktur Pada Base Isolation	13
II.5. Tinjauan Base Isolation berdasarkan SNI 1726-2019.....	14
II.5.1 Faktor Keutamaan Gempa	14
II.5.2 Sistem Isolasi	14
	xi

II.5.3 Sistem Struktural.....	16
II.5.4 Ketentuan Prosedur gaya lateral ekuivalen.....	18
II.5.5 Prosedur gaya lateral.....	20
II.5.6 Batas Simpangan Antar Tingkat.....	25
II.5.7 Prosedur Analisis Dinamik.....	25
II.5.8 Prosedur Perhitungan.....	26
II.5.9 Kajian dan Perbaikan Terhadap Pasal 12.2.4.8 dalam SNI 1726:2019	27
II.6. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).....	28
II.6.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).....	30
II.7 Perencanaan Pembebanan.....	30
II.7.1 Beban Mati.....	31
II.7.2 Beban Hidup.....	31
II.7.3 Beban Angin.....	31
II.7.4 Beban Hujan.....	33
II.7.5 Beban Gempa.....	33
II.8 Kombinasi Pembebanan.....	44
BAB III METODE PENELITIAN.....	53
III.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	53
III.2 Pengumpulan Data & Studi Literatur.....	56
III.2.1 Studi Literatur.....	56
III.2.2 Pengumpulan Data.....	56
III.2.3 Data Situs Kelas Tanah.....	60
III.3 Permodelan Struktur Fixed Base.....	61
III.4 Permodelan Struktur Base Isolation.....	63
III.5 Analisis Perbandingan Elemen Struktur.....	68

III.6 Kontrol Struktur.....	68
III.7. Output Gaya.....	70
BAB IV ANALISIS PERANCANGAN.....	72
IV.1. Pembebanan.....	72
IV.1.1. Beban Sendiri Tambahan (Super Dead Load).....	72
IV.1.2. Beban Hidup (Live Load).....	72
IV.1.3. Beban Angin (W)	72
IV.1.4. Beban Gempa	74
IV.2. Analisis Sistem Struktur <i>Fixed Base</i>	78
IV.2.1. Permodelan Bangunan.....	78
IV.2.2. Berat Struktur Bangunan	80
IV.2.3. Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur.....	80
IV.2.4. Hasil Analisis Bangunan (<i>Respon Spectrum Analysis</i>)	80
IV.2.5. Hasil Analisis Bangunan (<i>Time History</i>)	84
IV.3. Penentuan Dimensi Lead Rubber Bearing (LRB).....	88
IV.3.1. Perhitungan Desain LRB.....	88
IV.4. Analisis Sistem Struktur <i>Base Isolation (LRB)</i>	91
IV.4.1. Hasil Analisis Bangunan (<i>Respon Spectrum Analysis</i>)	91
IV.4.2. Hasil Analisis Bangunan (<i>Time History El-Centro</i>)	100
IV.5. Hasil Perbandingan Fixed Base VS Base Isolation (LRB)	105
IV.5.1. Hasil Gaya Geser.....	105
IV.5.2. Hasil Simpangan Antar Tingkat.....	108
IV.5.3. Hasil Displacement	109
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	110
V.1. Kesimpulan	110

V.2. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN.....	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 : Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan Fixed Base dan Base Isolator. ...8	8
Gambar II. 2 : Lead Rubber Bearing (LRB)..... 11	11
Gambar II. 3 : Kurva bilinear hysteresis loop, Paramater dasar yang menentukan mekanisme LRB 12	12
Gambar II. 4 : Permodelan 2 Derajat Kebebasan Struktur dengan Base Isolation..... 13	13
Gambar II. 5 : Parameter gerak tanah (Ss) wilayah Indonesia untuk periode 0,2 detik (SNI 1726:2019).....37	37
Gambar II. 6 : Parameter gerak tanah (Ss) wilayah Indonesia untuk periode 0,2 detik (SNI 1726:2019).....38	38
Gambar II. 7 : Spektrum respons desain (SNI 1726:2019)43	43
Gambar II. 8 : Rekaman Gempa El-Centro43	43
Gambar III. 1 : Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir.....53	53
Gambar III. 2 : Diagram Alur Analisis <i>Fixed Base</i>54	54
Gambar III. 3 : Diagram Alur Analisis <i>Base Isolation</i>55	55
Gambar III. 4 : Denah Kolom Tipikal Struktur lantai 1 – lantai 1057	57
Gambar III. 5 : Denah Balok Arah X Tipikal Struktur lantai 1 – lantai 10.....58	58
Gambar III. 6 : Denah Balok Arah Y Tipikal Struktur lantai 1 – lantai 10.....59	59
Gambar III. 7 : Input Permodelan Jepit untuk <i>Fixed Base</i>62	62
Gambar III. 8 : Permodelan Struktur <i>Fixed</i>62	62
Gambar III. 9 : Model LRB pada brosur Bridgestone.....63	63
Gambar III. 10 : Permodelan Struktur Base Isolation64	64
Gambar III. 11 : Input Spesifikasi LRB65	65
Gambar III. 12 : Input “Directional Properties” U1 LRB66	66
Gambar III. 13 : Input “Directional Properties” U2 dan U367	67
Gambar III. 14 : Joint Link dengan Base Isolator67	67
Gambar IV. 1 : Pengaruh Angin pada Dinding74	74
Gambar IV. 2 : Function Graph El-Centro X dan Y75	75

Gambar IV. 3 : Nilai Parameter Gerak Tanah (S_s).....	75
Gambar IV. 4 : Nilai Parameter Gerak Tanah (S_1).....	76
Gambar IV. 5 : Grafik Respon Spektrum.....	77
Gambar IV. 6 : Hasil Rasio Partisipasi Massa Finite Element.....	79
Gambar IV. 7 : periode fundamental struktur FEM	81
Gambar IV. 8 : Diagram Simpangan antar tingkat dengan respon spektrum.....	83
Gambar IV. 9 : Grafik perpindahan dengan respon spektrum.....	84
Gambar IV. 10 : Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat (<i>Fixed Base</i>) dengan <i>Time History</i>	86
Gambar IV. 11 : Grafik Perpindahan (<i>Fixed Base</i>) dengan <i>Time History</i>	87
Gambar IV. 12 : Gambar Base Isolator LRB LH100G4-A.....	90
Gambar IV. 13 : Respon Spektrum Komposit.....	92
Gambar IV. 14 : Kontrol Simpangan Antar Lantai	98
Gambar IV. 15 : Simpangan antar lantai pada <i>base isolation</i> Sumbu Y (RSA)	100
Gambar IV. 16 : Kontrol Simpangan Antar Lantai	103
Gambar IV. 17 : Grafik Simpangan antar Tingkat (LRB) dengan <i>time history</i>	105
Gambar IV. 18 : Perbandingan hasil grafik gaya geser dengan respon spektrum (Arah X) ...	106
Gambar IV. 19 : Perbandingan Hasil grafik gaya geser dengan <i>time history</i> (Arah X).....	106
Gambar IV. 20 : Perbandingan hasil grafik gaya geser dengan respon spektrum (Arah Y) ...	107
Gambar IV. 21 : Perbandingan Hasil grafik gaya geser dengan <i>time history</i> (Arah X).....	107
Gambar IV. 22 : Rekapitulasi Perbandingan Diagram Simpangan antar Tingkat di arah (X) ...	108
Gambar IV. 23 : Rekapitulasi Perbandingan Diagram Simpangan antar Tingkat di arah (Y) ...	108
Gambar IV. 24 : Grafik Rekapitulasi Perbandingan <i>Displacement</i> di arah (X).....	109
Gambar IV. 25 : Grafik Rekapitulasi Perbandingan <i>Displacement</i> di arah (Y).....	109

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 : Koefisien redaman, BD atau BM	20
Tabel II. 2 : Faktor R^a , Cdb , dan Ω_0g Untuk Sistem Penahan Gempa	29
Tabel II. 3 : Kategori Resiko Bangunan	32
Tabel II. 4 : kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa Struktur Lainnya	34
Tabel II. 5 : Faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2019).....	37
Tabel II. 6 : Klasifikasi Situs (SNI 1726:2019).....	38
Tabel II. 7 : Koefisien Situs, F_a (SNI 1726:2019)	40
Tabel II. 8 : Koefisien Situs, F_v (SNI 1726:2019)	40
Tabel II. 9 : Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726:2019)	41
Tabel II. 10 : Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726:2019).....	41
Tabel III. 1 : Ukuran Struktur kolom.....	60
Tabel III. 2 : Ukuran Struktur Plat.....	60
Tabel III. 3 : Ukuran Struktur Balok	60
Tabel III. 4 : Data N-SPT Tanah	61
Tabel III. 5 : Spesifikasi LRB LH100G4-A (Bridgestone, 2017)	64
Tabel IV. 1 : Koefisien Situs F_a	76
Tabel IV. 2 : Koefisien Situs F_v	77
Tabel IV. 3 : Nilai, C_t dan x	79
Tabel IV. 4 : Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda Dihitung.....	80
Tabel IV. 5 : Simpangan antar tingkat pada fixed base Sumbu X.....	82
Tabel IV. 6 : Simpangan antar tingkat pada fixed base Sumbu Y (RSA)	82
Tabel IV. 7 : Simpangan antar tingkat pada fixed base Sumbu X (time history).....	85
Tabel IV. 8 : Simpangan antar tingkat pada fixed base Sumbu Y (time history).....	86
Tabel IV. 9 : Spesifikasi LRB LH100G4-A (Bridgestone, 2017).....	90

Tabel IV. 10 : Redaman Koefisien	91
Tabel IV. 11 : Simpangan antar lantai pada <i>base isolation</i> Sumbu X (RSA)	99
Tabel IV. 12 : Simpangan antar lantai pada <i>base isolation</i> Sumbu Y (RSA)	99
Tabel IV. 13 : Simpangan antar lantai pada <i>base isolation</i> Sumbu X (<i>time history</i>)	104
Tabel IV. 14 : Simpangan antar lantai pada <i>base isolation</i> Sumbu Y (<i>time history</i>)	104