

TUGAS AKHIR
“ANALISIS PERBANDINGAN LEVEL KINERJA STRUKTUR
BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* DAN *FIX*
***BASE* PADA BANGUNAN KANTOR ASIMETRIS 8 LANTAI DI TANAH**
LUNAK”

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Gelar Sarjana S-1 pada

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Lambung Mangkurat

Dibuat:

Muhammad Faizal Wardoyo Putra

NIM. 2010811210046

Dosen Pembimbing:

Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP.199003062022032010



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN

TEKNOLOGI

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

BANJARBARU

2024

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

**Analisis Perbandingan Level Kinerja Struktur Bangunan dengan
Menggunakan *Base Isolation* dan *Fix Base* Pada Bangunan Kantor
Asimetris 8 Lantai di Tanah Lunak**

Oleh

Muhammad Faizal Wardoyo Putra (2010811210046)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 28 Juni 2024 dan dinyatakan

L U L U S

Komite Penguji :

Ketua : Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 19860628 201212 1 002

Anggota 1 : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.

NIP. 19798723 200501 2 005

Anggota 2 : Ir. Arya Rizky Darmawan, S.T., M.T.

NIP. 19930810 201903 1 011

Pembimbing : Ir. Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D.

Utama NIP. 19900306 202203 2 010

Banjarbaru, 05 AUG 2024

Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,**

Dr. Mahmud, S.T., M.T.

NIP. 19740107 199802 1 001

**Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Sipil,**

Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.

NIP. 19720826 199802 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Faizal Wardoyo Putra
NIM : 2010811210046
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERBANDINGAN LEVEL KINERJA STRUKTUR BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* DAN *FLX BASE* PADA BANGUNAN KANTOR ASIMETRIS 8 LANTAI DI TANAH LUNAK
Pembimbing : Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Banjarbaru, 2024
Penulis,

Muhammad Faizal Wardoyo Putra
NIM. 2010811210046

ABSTRAK

Indonesia terletak pada pertemuan lempeng tektonik seperti lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik, sehingga gempa bumi merupakan fenomena alam yang sering terjadi. Dikarenakan hal tersebut dibuat beberapa rencana perancangan sistem struktur bangunan untuk mengurangi resiko atau kerusakan akibat gempa yang terjadi, perencanaan tersebut ialah *performance based seismic design*. Seiring berjalannya waktu, bangunan seismik alternatif mulai dikembangkan, berdasarkan prinsip penggunaan *base isolation* untuk mengurangi gaya seismik yang bekerja pada struktur atas, jenis-jenis *base isolation* yang akan digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing* (HDRB), *Lead Rubber Bearing* (LRB), dan *Friction Pendulum System* (FPS).

Struktur ini akan dianalisis menggunakan aplikasi SAP2000, dan akan dibuat 4 permodelan yaitu bangunan *fix base*, *high damping rubber bearing*, *lead rubber bearing*, dan *friction pendulum system* untuk beban gempa akan digunakan respon spektrum Banjarmasin. Setelah itu akan diperoleh nilai *drift ratio*, yang dimana nilai tersebut digunakan untuk menentukan level kinerja suatu struktur.

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *base isolation* dapat mereduksi *drift ratio* terhadap bangunan *fix base*. *High Damping Rubber Bearing* mereduksi *drift ratio* pada lantai teratas sebesar 27% arah X dan 45% arah Y, *Lead Rubber Bearing* mereduksi *drift ratio* lantai teratas sebesar 28% arah X dan 45% arah Y, *Friction Pendulum System* mereduksi *drift ratio* lantai teratas sebesar 38% arah X dan 55% arah Y. Dari hasil *drift ratio* didapat bahwa 4 permodelan struktur masuk dalam level kinerja *immediate occupancy (IO)* dimana *drift* masih berada dibawah 0,01

Kata kunci : *High Damping Rubber Bearing* ; *Lead Rubber Bearing* ; *Friction Pendulum System* ; *Drift Ratio* ; Level kinerja

ABSTRACT

Indonesia is located at the confluence of tectonic plates such as the Eurasian plate, Indo-Australian plate, and Pacific plate, so earthquakes are a natural phenomenon that often occurs. Due to this, several building structure system design plans were made to reduce the risk or damage caused by the earthquake that occurred. The plan is a performance-based seismic design. Over time, alternative seismic buildings began to be developed based on the principle of using base isolation to reduce seismic forces acting on the upper structure. The types of base isolation to be used are high-damping rubber bearings (HDRB), lead rubber bearings (LRB), and friction pendulum systems (FPS).

This structure will be analyzed using the SAP2000 application, and 4 models will be made, namely buildings that use a fixed base and buildings that use base isolation in the form of high-damping rubber bearings, lead rubber bearings, and friction pendulum systems. For earthquake loads, the Banjarmasin response spectrum will be used. After that, the drift ratio value will be obtained, which is used to determine the performance level of a structure.

Based on the analysis, it can be concluded that the use of base isolation can reduce the drift ratio of the fixed-base building. High-damping rubber bearings reduce the drift ratio on the top floor by 27% in the X direction and 45% in the Y direction; lead rubber bearings reduce the drift ratio of the top floor by 28% in the X direction and 45% in the Y direction; and the friction pendulum system reduces the drift ratio of the top floor by 38% in the X direction and 55% in the Y direction. From the results of the drift ratio, it is found that the four structural models are included in the immediate occupancy (IO) performance level where the drift is still below 0.01.

Keyword : high-damping rubber bearings ; lead-rubber bearings ; friction-pendulum systems ; drift ratio ; performance level

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“ANALISIS PERBANDINGAN LEVEL KINERJA STRUKTUR BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* DAN *FIX BASE* PADA BANGUNAN KANTOR ASIMETRIS 8 LANTAI DI TANAH LUNAK”** Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Selama penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak-pihak terkait yang telah memberikan kontribusi baik berupa bantuan maupun dukungan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, serta adik saya. yang selalu memberikan dukungan secara finansial dan moral, serta do'a tiada henti untuk segala hal dalam perkuliahan hingga dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Muhammad Arsyad, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat.
3. Ibu Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, saran, motivasi, dan waktunya, serta dengan sabar memberikan bimbingan dari awal hingga selesainya skripsi ini.
4. Para dosen yang telah memberikan saran, masukan dan motivasi untuk menyempurnakan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan menjadi sumber informasi serta literatur dalam penelitian kedepannya.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Prinsip Sistem <i>Base Isolation</i>	5
2.2 <i>High Damping Rubber Bearing Bearing</i>	7
2.3 <i>Lead Rubber Bearing</i>	8
2.4 <i>Friction Pendulum</i>	8
2.5 Struktur Bangunan Asimetris	9
2.6 Desain Berbasis Kinerja	10
2.6.1 Kinerja Level Bangunan	11
2.7 Parameter Umum Bangunan Gedung dalam Pengaruh Gempa	12
2.7.1 Faktor Keutamaan	12
2.7.2 Wilayah Gempa	14
2.7.3 Jenis Tanah Setempat.....	16
2.7.4 Penentuan Percepatan Puncak di Permukaan Tanah	17
2.7.5 Koefisien situs dan parameter respon spectral percepatan	18
2.7.6 Parameter percepatan spektral desain.....	19
2.7.7 Respon Spektrum Desain	19
2.7.8 Kategori Desain Seismik (KDS)	20
2.7.9 Sistem struktur bangunan.....	21
2.7.10 Periode Fundamental	22
2.8 Beban Angin	24

2.9	Lokasi Bangunan.....	28
2.10	Hasil Analisis Struktur.....	29
2.11	Penelitian Terdahulu.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....		33
3.1	Tahapan Analisis.....	33
3.2	Peraturan yang Digunakan.....	33
3.3	Data Perencanaan.....	34
3.3.1	Data Umum.....	35
3.3.2	Dimensi Penampang.....	35
3.3.3	<i>Base Isolation</i>	35
3.3.4	Beban Angin Rencana.....	36
3.3.5	Gambar Rencana Bangunan.....	36
3.4	Pembebanan.....	39
3.4.1	Beban Hidup.....	39
3.4.2	Beban Mati.....	40
3.4.3	Beban Gempa.....	40
3.4.4	Kombinasi Pembebanan.....	43
3.5	Gambar Memodelkan <i>Base Isolation</i>	43
3.6	Memodelkan Bangunan.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Permodelan Struktur.....	47
4.2	Output <i>Running Analysis</i> SAP2000.....	56
4.2.1	Hasil Momen.....	56
4.2.2	Base Shear.....	60
4.2.3	Story Drift.....	64
4.2.4	Level Kinerja Struktur.....	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		86
5.1	Kesimpulan.....	86
5.2	Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....		87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung	12
Tabel 2. 2 Klasifikasi Situs.....	16
Tabel 2. 3 Koefisien situs FPGA	17
Tabel 2. 4 Koefisien situs, F_a	18
Tabel 2. 5 Koefisien situs, F_v	18
Tabel 2. 6 Respon Spektrum Desain.....	20
Tabel 2. 7 Kategori desain seismic berdasarkan SDS.....	20
Tabel 2. 8 Kategori desain seismik berdasarkan SD1.....	20
Tabel 2. 9 Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapannya.....	21
Tabel 2. 10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul seismik	21
Tabel 2. 11 Periode pendekatan C_t dan x	22
Tabel 2. 12 Koefisien batas atas pada periode yang dihitung	22
Tabel 2. 13 Koefisien batas atas pada periode yang dihitung	24
Tabel 2. 14 Kategori risiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban banjir, angin, salju, gempa, dan es.....	25
Tabel 2. 15 Faktor arah angin K_d	27
Tabel 2. 16 Kategori eksposur	27
Tabel 2. 17 Batasan Simpangan Level Kinerja Struktur.....	30
Tabel 2. 18 Simpangan Antar Tingkat Izin (Δa).....	31
Tabel 3. 1 Dimensi Penampang	35
Tabel 3. 2 Properties <i>Friction Pendulum System</i>	35
Tabel 3. 3 Properties <i>High Damping Rubber Bearing</i> dan <i>Lead Rubber Bearing</i> .	36
Tabel 3. 4 Parameter beban angin.....	36
Tabel 4. 1 Rekapitulasi nilai momen maksimum balok pada <i>Fix Base</i>	56
Tabel 4. 2 Rekapitulasi nilai momen maksimum balok pada <i>High Damping Rubber</i>	57
Tabel 4. 3 Rekapitulasi nilai momen maksimum balok pada <i>Lead Rubber Bearing</i>	57
Tabel 4. 4 Rekapitulasi nilai momen maksimum balok pada <i>Friction Pendulum</i> <i>System</i>	58
Tabel 4. 5 Rekapitulasi nilai gaya aksial & momen kolom pada <i>Fix Base</i>	58

Tabel 4. 6 Rekapitulasi nilai aksial & momen kolom pada <i>High Damping Rubber Bearing</i>	59
Tabel 4. 7 Rekapitulasi nilai gaya aksial dan momen pada kolom <i>Lead Rubber Bearing</i>	59
Tabel 4. 8 Rekapitulasi nilai gaya aksial & momen kolom pada <i>Friction Pendulum System</i>	60
Tabel 4. 9 Rekapitulasi nilai momen maksimum pada pelat.....	60
Tabel 4. 10 <i>Rekapitulasi Base Shear</i>	61
Tabel 4. 11 <i>Joint displacement Fix Base</i>	65
Tabel 4. 12 <i>Joint displacement High Damping Rubber Bearing</i>	65
Tabel 4. 13 <i>Joint displacement Lead Rubber Bearing</i>	66
Tabel 4. 14 <i>Joint displacement Friction Pendulum System</i>	66
Tabel 4. 15 <i>Joint displacement Fix Base dan High Damping Rubber Bearing</i>	67
Tabel 4. 16 <i>Joint displacement Fix Base dan Lead Rubber Bearing</i>	68
Tabel 4. 17 <i>Joint displacement Fix Base dan Friction Pendulum System</i>	70
Tabel 4. 18 Nilai Simpangan Antar Lantai pada <i>Fix Base</i>	72
Tabel 4. 19 Nilai <i>Drift Ratio</i> pada <i>Fix Base</i>	73
Tabel 4. 20 Nilai <i>Drift Ratio</i> pada <i>High Damping Rubber Bearing</i>	74
Tabel 4. 21 Nilai <i>Drift Ratio</i> pada <i>Lead Rubber Bearing</i>	75
Tabel 4. 22 <i>Drift Ratio</i> pada <i>Friction Pendulum System</i>	76
Tabel 4. 23 <i>Drift ratio Fix Base dan High Damping Rubber Bearing</i>	77
Tabel 4. 24 Reduksi <i>drift ratio High Damping Rubber Bearing bearing</i> terhadap <i>Fix Base</i>	78
Tabel 4. 25 Nilai <i>drift ratio Fix Base dan Lead Rubber Bearing</i>	79
Tabel 4. 26 Reduksi <i>drift ratio Lead Rubber Bearing</i> terhadap <i>Fix Base</i>	80
Tabel 4. 27 Nilai <i>drift ratio Fix Base dan Friction Pendulum System</i>	81
Tabel 4. 28 Reduksi <i>drift ratio Friction Pendulum System</i> terhadap <i>Fix Base</i>	82
Tabel 4. 29 <i>Drift Ratio Fix Base</i>	83
Tabel 4. 30 <i>Drift Ratio High Damping Rubber</i>	84
Tabel 4. 31 <i>Drift Ratio Lead Rubber Bearing</i>	84
Tabel 4. 32 <i>Drift Ratio Friction Pendulum System</i>	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konsep <i>Base Isolator</i>	5
Gambar 2. 2 <i>High Damping Rubber Bearing</i>	7
Gambar 2. 3 Kurva <i>Cyclic Test</i> untuk <i>Shear Force vs Shear</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Lead Rubber Bearing</i>	8
Gambar 2. 5 <i>Friction Pendulum System</i>	9
Gambar 2. 6 Grafik level Kinerja Bangunan	12
Gambar 2. 7 Parameter gerak tanah <i>Ss</i>	15
Gambar 2. 8 Parameter gerak tanah, <i>S1</i>	15
Gambar 2. 9 Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia	16
Gambar 2. 10 Lokasi bangunan yang akan ditinjau	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir tambah kinerja struktur.....	34
Gambar 3. 2 Denah Lantai 1	37
Gambar 3. 3 Denah Lantai 2-4	37
Gambar 3. 4 Denah rooftop.....	38
Gambar 3. 5 Denah lantai 1 setelah dimodifikasi.....	38
Gambar 3. 6 Denah lantai 2-8 setelah modifikasi	39
Gambar 3. 7 Denah rooftop setelah modifikasi.....	39
Gambar 3. 8 Respon Spektrum Banjarmasin	42
Gambar 3. 9 Permodelan <i>base isolation</i>	44
Gambar 3. 10 Input spesifikasi <i>base isolation</i>	44
Gambar 3. 11 Memasukan <i>directional properties</i> arah U1	45
Gambar 3. 12 Masukan <i>directional properties</i> arah U2	45
Gambar 3. 13 <i>Assign Base Isolation</i> pada SAP2000.....	46
Gambar 3. 14 Gambar permodelan Aplikasi SAP2000	46
Gambar 4. 1 Menggambar <i>grid</i> pada SAP2000	47
Gambar 4. 2 Parameter Tulangan Baja dan Material Beton	48
Gambar 4. 3 Section Properties balok	48
Gambar 4. 4 Parameter tambahan balok	49
Gambar 4. 5 Section properties kolom	50

Gambar 4. 6 Parameter tambahan kolom.....	50
Gambar 4. 7 Area properties untuk pelat lantai.....	51
Gambar 4. 8 <i>Load Pattern</i> Pembebanan Gravitasi.....	51
Gambar 4. 9 Memasukan data respon spektrum	52
Gambar 4. 10 Parameter Tambahan Pembebanan Gempa	52
Gambar 4. 11 <i>Load combination</i> gempa.....	53
Gambar 4. 12 Tampilan akhir permodelan.....	54
Gambar 4. 13 Penginputan beban pada <i>frame</i>	54
Gambar 4. 14 Penginputan beban pada plat lantai	55
Gambar 4. 15 Menginput data <i>base isolation</i>	55
Gambar 4. 16 Tampilan <i>running annalysis</i>	56
Gambar 4. 17 Diagram batang <i>base shear</i> arah X (kN)	61
Gambar 4. 18 Diagram batang <i>base shear</i> arah Y (kN).....	61
Gambar 4. 19 <i>Base shear Fix Base</i> dan <i>High Damping Rubber Bearing</i> arah X (kN).....	62
Gambar 4. 20 <i>Base shear Fix Base</i> dan <i>High Damping Rubber Bearing</i> arah Y (kN).....	62
Gambar 4. 21 <i>Base shear Fix Base</i> dan <i>Lead Rubber Bearing</i> arah x (kN)	63
Gambar 4. 22 <i>Base shear Fix Base</i> dan <i>Lead Rubber Bearing</i> arah y (kN).....	63
Gambar 4. 23 <i>Base shear Fix Base</i> dan <i>Friction Pendulum System</i> arah x (kN) ...	64
Gambar 4. 24 <i>Base shear Fix Base</i> dan <i>Friction Pendulum System</i> arah y (kN)...	64
Gambar 4. 25 <i>Joint displacement Fix Base</i> dan <i>High Damping Rubber Bearing</i> arah X.....	68
Gambar 4. 26 <i>Joint displacement Fix Base</i> dan <i>High Damping Rubber Bearing</i> arah Y	68
Gambar 4. 27 <i>Joint displacement Fix Base</i> dan <i>Lead Rubber Bearing</i> arah X.....	69
Gambar 4. 28 <i>Joint displacement Fix Base</i> dan <i>Lead Rubber Bearing</i> arah Y	70
Gambar 4. 29 <i>Joint displacement Fix Base</i> dan <i>Friction Pendulum System</i> arah X	71
Gambar 4. 30 <i>Joint displacement Fix Base</i> dan <i>Friction Pendulum System</i> arah Y	71
Gambar 4. 31 <i>Drift Ratio Fix Base</i> arah X dan Y	74

Gambar 4. 32 <i>Drift Ratio High Damping Rubber Bearing</i> arah X dan Y	75
Gambar 4. 33 <i>Drift ratio Lead Rubber Bearing</i> arah X dan Y	76
Gambar 4. 34 <i>Drift ratio Friction Pendulum System</i> arah X dan Y	77
Gambar 4. 35 <i>Drift ratio Fix Base dan High Damping Rubber Bearing</i> arah X ...	78
Gambar 4. 36 <i>Drift ratio Fix Base dan High Damping Rubber Bearing</i> arah Y ...	78
Gambar 4. 37 <i>Drift ratio Fix Base dan Lead Rubber Bearing</i> arah x	80
Gambar 4. 38 <i>Drift ratio Fix Base dan Lead Rubber Bearing</i> arah y	80
Gambar 4. 39 <i>Drift ratio Fix Base dan Friction Pendulum System</i> arah X.....	82
Gambar 4. 40 <i>Drift ratio Fix Base dan Friction Pendulum System</i> arah Y	82