



**PERBANDINGAN PENGARUH *LEAD RUBBER BEARING*
(LRB) DAN *FRICTION PENDULUM BEARING* (FPB)
PADA PERILAKU STRUKTUR JEMBATAN
(STUDI KASUS JEMBATAN TOL LAYANG DALAM KOTA
JAKARTA)**

TESIS

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
AHMAD DZIKRI FAUZAN
NIM. 55720120032

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2024**

ABSTRACT

This study compares the influence of using Lead Rubber Bearings (LRB) and Friction Pendulum Bearings (FPB) on the behavior of bridge structures in Jakarta, particularly those with curved geometric alignments on one of the ramps in an interchange area. It has been well-established that the geometric alignment of bridges significantly impacts structural performance. Moreover, the choice of bridge bearing types like LRB and FPB can enhance structural performance, particularly during seismic events.

The research employs spectral response analysis and nonlinear time history analysis to examine structural responses, including displacement, base shear forces, moment forces, and axial forces. Factors such as geometric alignment, pier height, and the type of bearings (LRB or FPB) are taken into consideration in this study. The dimensions of LRB and FPB are designed according to the AASHTO Guide Specification for Seismic Isolation Design and Technical Report MCEER-13-0010. Structural modeling and analysis are carried out using the CSI Bridge24 software.

The study's findings reveal that curved geometric alignment on bridges significantly affects structural responses. The use of LRB reduces structural displacement responses by 81%, base shear forces by 52%, moment forces by 45%, and axial forces by 8%. On the other hand, the use of FPB reduces structural displacement responses by 84%, base shear forces by 58%, moment forces by 48%, and axial forces by 10%. Overall, FPB proves to be more effective than LRB in reducing spectral response values, with greater reductions of approximately 2%-6%.

Keywords:

Skew Bridge, Lead Rubber Bearing, Friction Pendulum Bearing, Seismic Isolator, Spectral Response Analysis, Time-History Analysis, CSI Bridge.

MERCU BUANA

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan pengaruh penggunaan *Lead Rubber Bearing* (LRB) dan *Friction Pendulum Bearing* (FPB) terhadap perilaku struktur jembatan di Kota Jakarta dengan geometrik alinyemen berbelok pada salah satu *ramp* di area *interchange*. Geometrik alinyemen jembatan telah terbukti mempengaruhi kinerja struktur. Pemilihan jenis perletakan jembatan seperti LRB dan FPB juga dapat meningkatkan kinerja struktur terutama saat terjadi gempa.

Penelitian ini menggunakan analisis respon spektra dan analisis nonlinear riwayat waktu untuk memeriksa respon struktur seperti perpindahan, gaya geser dasar, gaya momen, dan gaya normal. Faktor-faktor seperti geometrik alinyemen, ketinggian pilar, serta jenis perletakan (LRB atau FPB) menjadi pertimbangan dalam penelitian ini. Desain dimensi LRB dan FPB mengikuti pedoman *AASHTO Guide Specification for Seismic Isolation Design* dan *Technical Report MCEER-13-0010*. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan perangkat lunak CSI Bridge24.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alinyemen berbelok pada jembatan berpengaruh signifikan terhadap respon struktur. Penggunaan LRB mengurangi nilai respon struktur perpindahan 81%, gaya geser dasar 52%, gaya momen 45%, dan gaya normal 8%. Sementara penggunaan FPB mengurangi nilai respon struktur perpindahan 84%, gaya geser dasar 58%, gaya momen 48%, dan gaya normal sebesar 10%. Secara keseluruhan, FPB lebih efektif daripada LRB dalam mengurangi nilai respon spektra, dengan pengurangan lebih besar, yaitu sekitar 2%-6%.

Kata Kunci:

Skew Bridge, *Lead Rubber Bearing*, *Friction Pendulum Bearing*, *Seismic Isolator*, Analisis Respon Spektra, Analisis Riwayat Waktu, CSI Bridge.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Perbandingan Pengaruh Lead Rubber Bearing (LRB) dan Friction Pendulum Bearing (FPB) Pada Perilaku Struktur Jembatan (Studi Kasus Jembatan Jalan Layang Tol Dalam Kota Jakarta)

Bentuk Tesis : Penelitian / Kajian Konstruksi

Nama : Ahmad Dzikri Fauzan

NIM : 55720120032

Program : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 20 Desember 2023

Mengesahkan
Pembimbing



(Ir. Pariatmono Sukamdo, MSc., DIC, PhD)

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

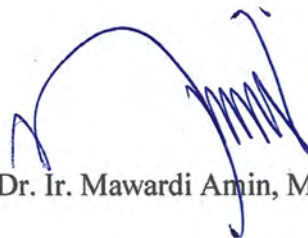
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi

Magister Teknik Sipil



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, M.T)



(Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : Perbandingan Pengaruh Lead Rubber Bearing (LRB) dan Friction Pendulum Bearing (FPB) Pada Perilaku Struktur Jembatan (Studi Kasus Jembatan Jalan Layang Tol Dalam Kota Jakarta)

Bentuk Tesis : Penelitian / Kajian Konstruksi

Nama : Ahmad Dzikri Fauzan

NIM : 55720120032

Program : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 20 Desember 2023

Merupakan hasil penelitian dan merupakan karya saya sendiri dengan bimbingan Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Program Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahan data yang disajikan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 20 Desember 2023



(Ahmad Dzikri Fauzan)

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh :

Nama : Ahmad Dzikri Fauzan

NIM : 55720120032

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Dengan judul :

“Perbandingan Pengaruh Lead Rubber Bearing (LRB) dan Friction Pendulum Bearing (FPB) Pada Perilaku Struktur Jembatan (Studi Kasus Jembatan Jalan Layang Tol Dalam Kota Jakarta)” telah dilakukan pengecekan Similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 18 Desember 2023, didapatkan presentase sebesar 22%.

Jakarta, 18 Desember 2023

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Miyono, S.Kom

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan Rahmat-Nya sehingga tesis yang berjudul “Perbandingan Pengaruh *Lead Rubber Bearing* (LRB) dan *Friction Pendulum Bearing* (FPB) Pada Perilaku Struktur Jembatan (Studi Kasus Jembatan Jalan Layang Tol Dalam Kota Jakarta)” dapat diselesaikan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil di Universitas Mercu Buana.

Pada penyelesaian penulisan tesis ini penulis telah mendapat bimbingan, arahan, bantuan serta dorongan semangat dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya;
- Kedua orang tua penulis (Bapak Marno & Ibu Ida Syafrida), serta adik – adik, yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan motivasinya;
- Ir. Pariatmono Sukamdo, MSc., DIC, PhD, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan serta arahan dalam penyusunan proposal tesis ini;
- Seluruh dosen pengajar di Program Studi MTS Universitas Mercu Buana, terima kasih atas ilmu yang diberikan;
- Seluruh staff dan karyawan Program Studi MTS Universitas Mercu Buana;
- Seluruh rekan mahasiswa Program Studi MTS Universitas Mercu Buana, terutama di peminatan konsentrasi Struktur yang sudah kompak, memberikan semangat dan doa, serta saling berbagi informasi selama masa perkuliahan;
- Serta seluruh pihak yang belum bisa penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, dalam penulisan tesis ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Namun saya harap n saya tetap berharap tesis ini dapat memberi manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan dan bagi kita semua, baik di masa sekarang maupun di masa-masa yang akan datang.

Jakarta, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

_Toc157238864

<i>ABSTRACT</i>	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat dan Kegunaan Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERFIKIR DAN HIPOTESIS	9
2.1 Kajian Pustaka.....	9
2.1.1 Data Studi Kasus.....	9
2.1.1.1Proyek 6 (Enam) Ruas Jalan Tol Layang Dalam Kota Jakarta.....	9
2.1.1.2Properties Struktur Jembatan	10
2.1.2 Perletakan Jembatan dan Isolasi Seismik	12
2.1.2.1Perletakan Jembatan Lead Rubber Bearing (LRB).....	13

2.1.2.2	Perletakan Jembatan Triple Friction Pendulum Bearing (FPB).....	15
2.1.3	Pembebanan Pada Jembatan	17
2.1.3.1	Beban Gempa Pada Jembatan	19
2.1.3.2	Beban Gempa Respon Spektra.....	19
2.1.3.3	Beban Gempa Riwayat Waktu	20
2.1.4	Metoda Analisis	21
2.1.4.1	Metode Analisis Respon Spektra	22
2.1.4.2	Metode Analisis Non-Linier Riwayat Waktu.....	23
2.2	Penelitian Terdahulu dan Celah Penelitian	24
2.3	Kerangka Berfikir.....	29
2.4	Hipotesis.....	31
BAB III METODE PENELITIAN		32
3.1	Diagram Alir Penelitian	32
3.2	Tinjauan Struktur Tol Dalam Kota Jakarta.....	33
3.2.1	Data Perencanaan Struktur.....	33
3.2.2	Ketentuan Teknis	33
3.3	Metode Analisis Data	33
3.3.1	Pemodelan Sistem Struktur Jembatan.....	33
3.3.1.1	Layout Jembatan (<i>Bridge Layout Line</i>).....	34
3.3.1.2	Lajur (<i>Bridge Line</i>).....	34
3.3.1.3	Properti Material (<i>Material Properties</i>).....	35
3.3.1.4	Properti Penampang (<i>Frame Section Properties Definition</i>).....	36
3.3.1.5	Penampang Dek Jembatan (<i>Bridge Deck Section</i>).....	37
3.3.1.6	Data Struktur Pilar (<i>Bent Data</i>).....	38
3.3.1.7	Data Perletakan Jembatan (<i>Bridge Bearing Data</i>).....	39
3.3.1.8	Definisi Objek Jembatan (<i>Bridge Object Data</i>).....	40
3.3.2	Pemodelan Pembebanan Pada Struktur Jembatan	41

3.3.2.1	Beban Mati Struktur (DL)	41
3.3.2.2	Beban Mati Tambahan (SDL)	41
3.3.2.3	Beban Lajur	42
3.3.2.4	Beban Sentrifugal, dan Beban Rem	42
3.3.3	Pemodelan Beban Gempa Pada Struktur Jembatan	44
3.3.3.1	Beban Gempa Respon Spektra	44
3.3.3.2	Beban Gempa Riwayat Waktu	45
3.3.4	Kombinasi Pembebanan	49
3.3.5	Analisis Desain Perletakan Jembatan	49
3.3.5.1	Desain Dimensi <i>Lead Rubber Bearing</i> (LRB)	49
3.3.5.2	Desain Dimensi <i>Triple Friction Pendulum Bearing</i> (FPB)	50
3.3.6	Analisis Hasil Respon Struktur	51
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Struktur Jembatan dengan Perletakan Sendi Sempurna (<i>Fixed Bearing</i>)	52
4.1.1	Pemodelan Perletakan Sendi Sempurna (<i>Fixed Bearing</i>)	52
4.1.2	Respon Struktur Jembatan dengan Perletakan Sendi Sempurna (<i>Fixed Bearing</i>)	53
4.2	Struktur Jembatan dengan Perletakan Lead Rubber Bearing (LRB)	55
4.2.1	Desain Dimensi Perletakan LRB	55
4.2.2	Pemodelan Perletakan LRB	57
4.2.3	Respon Struktur Jembatan dengan Perletakan LRB	58
4.3	Struktur Jembatan dengan Perletakan Friction Pendulum Bearing (FPB)	59
4.3.1	Desain Dimensi Perletakan FPB	59
4.3.2	Pemodelan Perletakan FPB	62
4.3.3	Respon Struktur Jembatan dengan Perletakan FPB	66
4.4	Analisis Respon Struktur	68
4.4.1	Perpindahan (<i>Displacement</i>) Pada Bagian Atas Pilar	68
4.4.2	Gaya Geser Pada Bagian Bawah Pilar	80

4.4.3 Momen Pada Bagian Bawah Pilar	92
4.4.4 Gaya Normal.....	104
4.5 Hasil Analisis Terhadap Penelitian Terdahulu.....	109
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	111
5.1 Kesimpulan	111
5.2 Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA.....	114
LAMPIRAN	117



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data geometrik alinyemen struktur jembatan.	10
Tabel 2.2 Material properti struktur jembatan.....	12
Tabel 2.3 Faktor beban dan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016.....	18
Tabel 2.4 Data gempa bumi Bengkulu 2007.	21
Tabel 2.5 Persyaratan analisis minimum untuk pengaruh gempa.	23
Tabel 2.6 Review jurnal penelitian terdahulu.....	24
Tabel 2.7 Celah penelitian.	29
Tabel 3.1 Perhitungan beban lajur, beban rem, dan beban sentrifugal.....	43
Tabel 3.2 Distribusi beban hidup kendaraan pada setiap pilar tinjauan.	44
Tabel 4.1 Berat struktur jembatan.	53
Tabel 4.2 Perpindahan maksimum pada struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk setiap kombinasi pembebanan.	53
Tabel 4.3 Gaya geser dasar pada struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk setiap kombinasi pembebanan.	54
Tabel 4.4 Gaya momen pada struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk setiap kombinasi pembebanan.	54
Tabel 4.5 Gaya normal pada struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk setiap kombinasi pembebanan.	54
Tabel 4.6 Perpindahan maksimum pada struktur jembatan perletakan LRB untuk setiap kombinasi pembebanan.	58
Tabel 4.7 Gaya geser dasar pada struktur jembatan perletakan LRB untuk setiap kombinasi pembebanan.	58
Tabel 4.8 Gaya momen pada struktur jembatan perletakan LRB untuk setiap kombinasi pembebanan.	59
Tabel 4.9 Gaya normal pada struktur jembatan perletakan LRB untuk setiap kombinasi pembebanan.	59
Tabel 4.10 Standar untuk diameter dan berat FPB.....	63
Tabel 4.11 Perpindahan maksimum pada struktur jembatan perletakan FPB untuk setiap kombinasi pembebanan.	66

Tabel 4.12 Gaya geser dasar pada struktur jembatan perletakan FPB untuk setiap kombinasi pembebanan.	66
Tabel 4.13 Gaya momen pada struktur jembatan perletakan FPB untuk setiap kombinasi pembebanan.	67
Tabel 4.14 Gaya normal pada struktur jembatan perletakan FPB untuk setiap kombinasi pembebanan.	67
Tabel 4.15 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB3.	71
Tabel 4.16 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB3.	71
Tabel 4.17 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB3.	71
Tabel 4.18 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB4.	73
Tabel 4.19 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB4.	74
Tabel 4.20 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB4.	74
Tabel 4.21 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB5.	76
Tabel 4.22 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB5.	77
Tabel 4.23 Nilai resultan perpindahan pada bagian atas pilar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB5.	77
Tabel 4.24 Nilai perpindahan maksimum pada bagian atas pilar jembatan untuk penggunaan fixed bearing, LRB, dan FPB disetiap kombinasi pembebanan.	79
Tabel 4.25 Persentase reduksi nilai perpindahan maksimum pada bagian atas pilar jembatan terhadap penggunaan fixed bearing.	79
Tabel 4.26 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB3.	83
Tabel 4.27 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB3.	83

Tabel 4.28 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB3.....	83
Tabel 4.29 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB4.....	85
Tabel 4.30 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB4.....	86
Tabel 4.31 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB4.....	86
Tabel 4.32 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB5.....	88
Tabel 4.33 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB5.....	89
Tabel 4.34 Nilai resultan gaya geser dasar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB5.....	89
Tabel 4.35 Nilai gaya geser dasar maksimum untuk penggunaan fixed bearing, LRB, dan FPB disetiap kombinasi pembebanan.....	91
Tabel 4.36 Persentase reduksi nilai gaya geser dasar maksimum jembatan terhadap penggunaan fixed bearing.....	91
Tabel 4.37 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB3.	95
Tabel 4.38 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB3.....	95
Tabel 4.39 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB3.	95
Tabel 4.40 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB4.	97
Tabel 4.41 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB4.....	98
Tabel 4.42 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB4.	98
Tabel 4.43 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan fixed bearing untuk kombinasi pembebanan COMB5.	100

Tabel 4.44 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan LRB untuk kombinasi pembebanan COMB5.	101
Tabel 4.45 Nilai resultan gaya momen pada bagian bawah pilar struktur jembatan perletakan FPB untuk kombinasi pembebanan COMB5.	101
Tabel 4.46 Nilai gaya momen maksimum pada bagian bawah pilar untuk penggunaan fixed bearing, LRB, dan FPB disetiap kombinasi pembebanan.	103
Tabel 4.47 Persentase reduksi nilai gaya momen maksimum pada bagian bawah pilar jembatan terhadap penggunaan fixed bearing.	103
Tabel 4.48 Nilai gaya normal maksimum untuk penggunaan fixed bearing, LRB, dan FPB disetiap kombinasi pembebanan.	108
Tabel 4.49 Persentase reduksi nilai gaya normal maksimum jembatan terhadap penggunaan fixed bearing.	108
Tabel 5.1 Properti material LRB.	111
Tabel 5.2 Properti material non-linier FPB.	112
Tabel 5.3 Properti material linier LRB.	112
Tabel 5.4 Pengaruh bentuk alinyemen terhadap respon struktur jembatan tipe perletakan LRB dan FPB.	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cengkareng junction. Sumber : Gambar basic design Proyek Pembangunan 6 Ruas Tol Dalam Kota Jakarta Tahap 1 Seksi B, 2018	9
Gambar 2.2 Layout struktur Cengkareng Junction Ramp D Proyek 6 Ruas Tol Dalam Kota Jakarta Seksi 1 B.	10
Gambar 2.3 Dimensi struktur box girder.....	11
Gambar 2.4 Dimensi struktur pilar.	11
Gambar 2.5 Lead Rubber Bearing ISOSIM Freyssinet.....	13
Gambar 2.6 Friction Pendulum Bearing ISOSIM Freyssinet.....	16
Gambar 2.7 Detail dimensi FPB.....	16
Gambar 2.8 Respon spektra desain wilayah DKI Jakarta untuk Tanah Sedang.....	20
Gambar 2.9 Posisi gempabumi Bengkulu 2007.....	20
Gambar 2.10 Grafik accelerogram gempabumi Bengkulu 2007.....	21
Gambar 2.11 Bentruk grafik tipikal respon spektra di permukaan tanah.....	22
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	32
Gambar 3.2 Data layout jembatan.....	34
Gambar 3.3 Data lajur jembatan.....	35
Gambar 3.4 Properti material jembatan.....	36
Gambar 3.5 Properti penampang kolom.....	36
Gambar 3.6 Properti penampang pier head.....	37
Gambar 3.7 Properti box girder.....	37
Gambar 3.8 Penampang dek jembatan.....	38
Gambar 3.9 Data struktur pierhead.....	38
Gambar 3.10 Data struktur kolom.....	39
Gambar 3.11 Data perletakan jembatan.....	39
Gambar 3.12 Data objek jembatan.....	40
Gambar 3.13 Model struktur jembatan.....	40
Gambar 3.14 Beban perkerasan aspal.....	41
Gambar 3.15 Beban concrete barrier.....	42
Gambar 3.16 Penempatan beban lajur BTR, beban sentrifugal, dan beban rem untuk P5..	43
Gambar 3.17 Fungsi beban respon spektra.....	45

Gambar 3.18 Load case beban respon spektra untuk arah-x dan arah-y.	45
Gambar 3.19 Raw data gempa Bengkulu 2007.	46
Gambar 3.20 Percepatan gempa Arah-X.	47
Gambar 3.21 Percepatan gempa Arah-Y.	48
Gambar 3.22 Fungsi Time History gempa arah X dan Y.	48
Gambar 3.23 Load case gempa arah-x dan arah-y.	49
Gambar 3.24 Diagram alir analisis desain dimensi LRB. Sumber : Ginting, T. J. (2019)..	50
Gambar 3.25 Diagram alir analisis desain dimensi FPB.	51
Gambar 4.1 Properties data perletakan jembatan tipe sendi sempurna.	52
Gambar 4.2 Summary Bearing Support sendi sempurna pada jembatan model.	52
Gambar 4.3 Properties data perletakan jembatan tipe LRB.	57
Gambar 4.4 Summary Bearing Support LRB pada jembatan model.	57
Gambar 4.5 Ilustrasi triple FPB.	60
Gambar 4.6 Kurva polynomial.	63
Gambar 4.7 Properties data perletakan jembatan tipe FPB.	63
Gambar 4.8 Properties FPB arah U1.	64
Gambar 4.9 Properties FPB arah U2 dan U3.	65
Gambar 4.10 Summary Bearing Support FPB pada jembatan.	65
Gambar 4.11 Nilai perpindahan arah-x pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB1.	68
Gambar 4.12 Nilai perpindahan arah-y pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB1.	68
Gambar 4.13 Nilai perpindahan arah-x pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB2.	69
Gambar 4.14 Nilai perpindahan arah-y pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB2.	69
Gambar 4.15 Nilai perpindahan arah-x pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB3.	70
Gambar 4.16 Nilai perpindahan arah-y pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB3.	70
Gambar 4.17 Nilai perpindahan arah-x pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB4.	72

Gambar 4.18 Nilai perpindahan arah-y pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB4.	72
Gambar 4.19 Grafik respon struktur perpindahan terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB4.	73
Gambar 4.20 Nilai perpindahan arah-x pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB5.	75
Gambar 4.21 Nilai perpindahan arah-y pada bagian atas pilar untuk kombinasi pembebanan COMB5.	75
Gambar 4.22 Grafik respon struktur perpindahan terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB5.	76
Gambar 4.23 Nilai perpindahan arah-x maksimum untuk Fixed Bearing, LRB dan FPB disetiap kombinasi pembebanan.	78
Gambar 4.24 Nilai perpindahan arah-y maksimum untuk Fixed Bearing, LRB dan FPB disetiap kombinasi pembebanan.	78
Gambar 4.25 Nilai gaya geser arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB1.	80
Gambar 4.26 Nilai gaya geser arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB1.	80
Gambar 4.27 Nilai gaya geser arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB2.	81
Gambar 4.28 Nilai gaya geser arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB2.	81
Gambar 4.29 Nilai gaya geser arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB3.	82
Gambar 4.30 Nilai gaya geser arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB3.	82
Gambar 4.31 Nilai gaya geser arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB4.	84
Gambar 4.32 Nilai gaya geser arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB4.	84
Gambar 4.33 Grafik respon struktur gaya geser dasar terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB4.	85

Gambar 4.34 Nilai gaya geser arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB5.	87
Gambar 4.35 Nilai gaya geser arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB5.	87
Gambar 4.36 Grafik respon struktur gaya geser dasar terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB5.	88
Gambar 4.37 Nilai gaya geser dasar maksimum arah-x untuk fixed bearing, LRB dan FPB di setiap kombinasi pembebanan.	90
Gambar 4.38 Nilai gaya geser dasar maksimum arah-y untuk fixed bearing, LRB dan FPB di setiap kombinasi pembebanan.	90
Gambar 4.39 Nilai momen arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB1.	92
Gambar 4.40 Nilai momen arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB1.	92
Gambar 4.41 Nilai momen arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB2.	93
Gambar 4.42 Nilai momen arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB2.	93
Gambar 4.43 Nilai momen arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB3.	94
Gambar 4.44 Nilai momen arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB3.	94
Gambar 4.45 Nilai momen arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB4.	96
Gambar 4.46 Nilai momen arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB4.	96
Gambar 4.47 Grafik respon struktur gaya momen terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB4.	97
Gambar 4.48 Nilai momen arah-x pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB5.	99
Gambar 4.49 Nilai momen arah-y pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB5.	99

Gambar 4.50 Grafik respon struktur gaya momen terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB5.....	100
Gambar 4.51 Nilai gaya momen arah-x maksimum pada bagian bawah pilar untuk fixed bearing, LRB dan FPB di setiap kombinasi pembebanan.....	102
Gambar 4.52 Nilai gaya momen arah-y maksimum pada bagian bawah pilar untuk fixed bearing, LRB dan FPB di setiap kombinasi pembebanan.....	102
Gambar 4.53 Nilai gaya normal pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB1.....	104
Gambar 4.54 Nilai gaya normal pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB2.....	104
Gambar 4.55 Nilai gaya normal pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB3.....	105
Gambar 4.56 Nilai gaya normal pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB4.....	106
Gambar 4.57 Grafik respon struktur gaya normal terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB4.....	106
Gambar 4.58 Nilai gaya normal pada bagian bawah pilar untuk kombinasi pembebanan COMB5.....	107
Gambar 4.59 Grafik respon struktur gaya normal terhadap waktu untuk kombinasi pembebanan COMB5.....	107
Gambar 4.60 Nilai gaya normal pada bagian bawah pilar maksimum untuk Fixed Bearing, LRB dan FPB di setiap kombinasi pembebanan.....	108