

SKRIPSI

**STUDI DESAIN DAN ANALISIS EFEKTIVITAS LRB
PADA JEMBATAN DENGAN VARIASI BENTANG**



**NATANAEL CALVIN TJAHHOWIDODO
NPM : 6101901011**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**STUDI DESAIN DAN ANALISIS EFEKTIVITAS LRB
PADA JEMBATAN DENGAN VARIASI BENTANG**



**NATANAEL CALVIN TJAHHJOWIDODO
NPM : 6101901011**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**STUDI DESAIN DAN ANALISIS EFEKTIVITAS LRB
PADA JEMBATAN DENGAN VARIASI BENTANG**



**NATANAEL CALVIN TJAHHJOWIDODO
NPM : 6101901011**

BANDUNG, 4 AGUSTUS 2023

PEMBIMBING:

KO-PEMBIMBING:

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

STUDI DESAIN DAN ANALISIS EFEKTIVITAS LRB PADA JEMBATAN DENGAN VARIASI BENTANG



NATANAEL CALVIN TJAHHJOWIDODO

NPM: 6101901011

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**KO-
PEMBIMBING:** Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

PENGUJI 1: Liyanto Eddy, PhD

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : NATANAEL CALVIN TJAHJOWIDODO

Tempat, tanggal lahir : Semarang, 25 Desember 2000

NPM : 6101901011

Judul skripsi : **STUDI DESAIN DAN ANALISIS**

EFEKTIVITAS LRB PADA JEMBATAN

DENGAN VARIASI BENTANG

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)



STUDI DESAIN DAN ANALISIS EFEKTIVITAS LRB PADA JEMBATAN DENGAN VARIASI BENTANG

NATANAEL CALVIN TJAHHJOWIDODO
NPM: 6101901011

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Ko-Pembimbing: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur penting yang menghubungkan dua daerah yang terhalang oleh adanya rintangan, oleh karena itu jembatan harus di desain sesuai kriteria minimum yang sudah ditetapkan oleh SNI mengingat Indonesia merupakan negara yang rawan akan terjadinya bencana berdasarkan lokasi geografisnya. Untuk mereduksi gaya gempa yang diterima oleh struktur dapat digunakan sistem *Base Isolation* yang berfungsi memisahkan superstruktur jembatan dari substruktur jembatan sehingga melindungi elemen di bawah isolator dengan cara mengurangi beban inersia ditransmisikan dari superstruktur begitu pula sebaliknya. Skripsi ini akan melakukan studi analisis perbandingan jembatan tipe *simple span* dengan *lead rubber bearing* dan tanpa *lead rubber bearing* dengan variasi bentang 10 meter, 30 meter, dan 60 meter. Analisis akan dilakukan dengan metode analisis spektrum respons dan analisis riwayat waktu nonlinier dengan 3 rekaman percepatan gempa. Penggunaan LRB yang merupakan peredam pada jembatan memiliki tujuan untuk mendisipasi energi sehingga periode struktur yang dihasilkan menjadi lebih rendah yang berdampak kepada menurunnya nilai akselerasi gempa dan perpindahan akibat gempa.

Kata Kunci: analisis riwayat waktu nonlinier, *lead rubber bearing*, periode struktur, variasi bentang, rekaman percepatan gempa

STUDY OF DESAIN AND ANALYSIS EFACTIFITY LRB ON BRIDGE WITH SPAN VARIATION

NATANAEL CALVIN TJAHJOWIDODO
NPM: 6101901011

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co-Advisor: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM

(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
AUGUST 2023

ABSTRACT

Bridge is one of the most important structure to connected one region to another that is hindered by obstacles such as a river, ravine, road, railord and etc, therefore a bridge must be designed according to the standard criteria that has been determined by SNI. Even more Indonesia are classified as a disaster prone country because of it's geography. One of the example of the disaster is earthquake, to reduce the impact of the earthquake for a bridge can be used base isolation, this method can separate the superstructure of the bridge from the substructure of the bridge so it can protect the element below the isolator, it work by reducing the inertia transmitted by the superstructure and vice versa. This thesis will be doing analysis study with comparison if bridge type simple span with rubber bearing and without rubber bearing, with the variations of 10 meter, 30 meter, and 60 meter. The analysis will be carried out with spectrum response analysis method and response non linear analysis with 3 earthquake acceleration method. The use of LRB which is damper on the bridge has the aim of dissipating energy so the structure period result will be lower, which impact on decreasing the acceleration point of the earthquake and the displacement cause by earthquake

Keywords: ground acceleration records, lead rubber bearing, nonlinear time history analysis, structure period, span variation

PRAKATA

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa atas karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul Studi Desain Dan Analisis Efektivitas Lrb Pada Jembatan Dengan Variasi Bentang dapat diselesaikan penulis. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan. Skripsi ini dapat diselesaikan karena adanya dorongan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis memberikan rasa terima kasih yang besar kepada:

1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan, dan arahan untuk penyelesaian skripsi ini.
2. Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan, dan arahan untuk penyelesaian skripsi ini.
3. Liyanto Eddy, PhD selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada skripsi ini.
4. Lidya F. Tjong, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada skripsi ini.
5. Seluruh dosen Teknik Sipil UNPAR yang telah membagikan ilmu selama penulis berada di perkuliahan.
6. Alm. Prijogi Tjahjowidodo selaku ayah dari penulis yang telah memberikan penulis kesempatan hingga bisa berkuliah di teknik sipil UNPAR
7. Orang tua, saudara, dan keluarga dari penulis yang telah memberikan semangat, dukungan, dan doa pada proses penyelesaian skripsi penulis.
8. Joshua Evan Basana selaku teman satu pembimbing yang selalu membantu dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan proses skripsi ini
8. Teman – teman angkatan 2019 yang telah menjalani perkuliahan bersama-sama dengan penulis selama berada di Teknik Sipil UNPAR.
9. Semua pihak yang telah terlibat dalam dukungan dan doa kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu namanya.

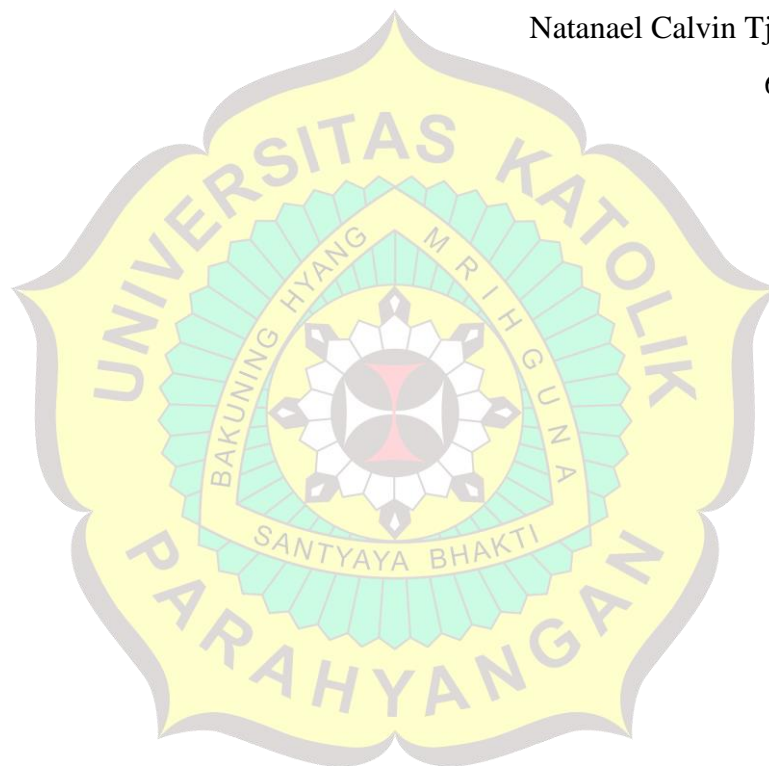
Penulis menyadari masih adanya banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran untuk skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi hal yang bermanfaat bagi orang yang membacanya.

Bandung, 4 Agustus 2023



Natanael Calvin Tjahjowidodo

6101901011



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Inti Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	5
1.6 Diagram Alir.....	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 2 DASAR TEORI.....	8
2.1 Jembatan.....	8
2.2 Jembatan Berdasarkan Relasi Antar Bentang.....	8
2.3 Profil Jembatan PCI.....	9
2.4 Baja Prategang.....	10
2.5 Tegangan.....	12
2.6 Isolasi Seismik.....	12

2.7 Lead rubber bearing	14
2.8 Pembebanan	19
2.8.1 Beban Sendiri (MS).....	20
2.8.2 Beban Mati Perkerasan Dan Utilitas (MA).....	20
2.8.3 Gaya Rem (TB)	21
2.8.4 Respons Terhadap Beban Lajur “D”	21
2.8.5 Beban Truk "T" (TT)	22
2.8.6 Faktor Beban Dinamis (FBD)	23
2.8.7 Gaya Akibat Temperature Seragam (EU _n).....	23
2.8.8 Beban Angin Struktur (EW _s)	24
2.8.9 Faktor Modifikasi Respon (R _d).....	25
2.9 Analisis Riwayat Waktu Nonlinear.....	26
BAB 3 STUDI KASUS DAN PEMODELAN	28
3.1 Data Struktur	28
3.2 Data Material.....	28
3.3 Rangkap dan Susut.....	32
3.3.1 Bentang 10 Meter.....	32
3.3.2 Bentang 30 Meter.....	34
3.3.3 Bentang 60 Meter.....	35
3.4 Data Pembebanan.....	36
3.4.2 Beban Mati Tambahan (MA)	37
3.4.3 Beban Hidup Lajur “D” (TD)	38
3.4.4 Beban Hidup Truk “T” (TT)	39
3.4.5 Beban Rem (TB)	40
3.4.6 Beban Temperatur Merata (EU _n).....	41
3.4.7 Beban Angin Pada Kendaraan (EWI)	42

3.4.8 Beban Angin Pada Struktur (EWs)	42
3.5 Beban Gempa	43
3.6 Beban Prategang	43
3.7 Tulangan PCI	44
3.8 Tegangan Izin	44
3.9 Desain <i>Lead Ruber Bearing</i>	46
3.10 <i>Time History Load Case</i>	54
BAB 4 ANALISIS DATA	56
4.1 Analisis Periode dan Perilaku Dinamik Struktur	56
4.1.1 <i>Modal Participation Mass Ratio</i> Translasi dan Rotasi	57
4.2 Perubahan Nilai Periode dan Akselerasi	63
4.3 Gaya Geser Dasar	65
4.4 Gaya Dalam	65
4.4 Displacement	67
4.5 Kurva Histeresis LRB	73
4.6 <i>Equivalent Viscous Damping Ratio</i>	75
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PEMBEBANAN JEMBATAN	80
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN DIMENSI PIER DAN PIER HEAD	87
LAMPIRAN 3 PENGECEKAN TULANGAN PRATEGANG PC-I	90
LAMPIRAN 4 DETAILING TULANGAN PRATEGANG PC-I	109
LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN BEARING	113

DAFTAR NOTASI

Tuliskan seluruh notasi (terutama yang tidak umum) yang Anda gunakan dalam penulisan skripsi ini. Urutkan sesuai abjad dan notasi berupa simbol latin diletakkan pada posisi paling akhir.

- A : Area (mm^2)
- d : perpindahan awal struktur (in)
- d_t : Desain total perpindahan isolator
- e : Eksentrisitas (mm)
- E : Modulus Elastisitas (MPa)
- f_c' : Kuat Tekan Beton (MPa)
- f_y : Tegangan Leleh (MPa)
- F_i : *prestressing force immediately after transfer* (N)
- f_{ti} : batas tegangan tarik awal di tengah bentang (MPa)
- f_{ci} : batas tegangan tekan awal di tengah bentang (MPa)
- f_t : batas tegangan tarik di tengah bentang (MPa)
- f_c : batas tegangan tekan di tengah bentang (MPa)
- K_d : *Post-yield stiffness* (kips)
- $K_{d,j}$: *Post-elastic stiffness isolator system* (kips)
- $K_{sub,j}$: kekakuan pier arah longitudinal (kips/in)
- L : panjang total jembatan yang dibebani (meter)
- M_{min} : nilai momen minimum akibat beban sendiri atau beban mati tambahan atau beban hidup (N mm)
- M_{max} : nilai momen maksimum akibat beban sendiri ditambah beban mati tambahan dan beban hidup (N mm)
- $Q_{d,j}$: *Characteristic strength isolator system* (kips)
- Q_d : *Characteristic strength* (kips)
- q : intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)
- u_L : Perpindahan longitudinal akibat gempa longitudinal
- u_T : Perpindahan longitudinal akibat gempa transversal
- W : berat superstructure (kips)

- v_L : Perpindahan transversal akibat gempa longitudinal
 v_T : Perpindahan transversal akibat gempa transversal
 W_j : Berat dari superstructure di masing-masing perletakan (kip)
 W_{ss} : Berat superstructure termasuk permanent load (kip)
 Z_t : *top fibre section moduli* I/y_t (mm^3)
 Z_b : *bottom fibre section moduli* I/y_b (mm^3)
 α : Koefisien muai temperature ($\text{mm}/\text{mm}/^\circ\text{C}$)
 γ : Berat Jenis (kN/m^3)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lead ruber bearing	2
Gambar 1.2 Tampak Isometri Struktur Jembatan.....	3
Gambar 1.3 Tampak Longitudinal Jembatan	4
Gambar 1.4 Diagram Alir	6
Gambar 2.1 jembatan berdasarkan relasi antar bentang	9
Gambar 2.2 Spesifikasi PCI	10
Gambar 2.3 penanaman tulangan pascatarik (post-tensioning).....	11
Gambar 2.4 compressive stress limit in prestressed concrete at service limit state after losses	12
Gambar 2.5 perbandingan antara jembatan konvensional dan jembatan dengan isolasi seismic	13
Gambar 2.6 grafik isolator effective stiffness, substructure stiffness, dan combined effective stiffness	13
Gambar 2.7 potongan melintang Lead ruber bearing (LRB).....	14
Gambar 2.8 Tabel Kombinasi Beban Dan Faktor Beban	19
Gambar 2.9 Tabel Berat Isi Untuk Beban Mati.....	20
Gambar 2.10 Tabel Faktor Beban Untuk Berat Sendiri	20
Gambar 2.11 Tabel Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan.....	21
Gambar 2.12 Tabel Faktor Beban Untuk Beban Lajur “d”	21
Gambar 2.13 Beban Lajur “D”	22
Gambar 2.14 Tabel Faktor Beban Untuk Beban “T”	22
Gambar 2.15 Pembebanan Truk “T”	23
Gambar 2.16 Faktor Beban Dinamis	23
Gambar 2.17 Tabel Temperatur jembatan rata-rata nominal	24
Gambar 2.18 Tabel Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur.....	24
Gambar 2.19 Tabel Tekanan Angin Dasar	25
Gambar 2.20 Tabel Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Bawah	25
Gambar 2.21 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Hubungan Antar Elemen Struktur.....	26

Gambar 2. 22 Faktor Modifikasi Respon (R) AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation	26
Gambar 2.23 Grafik rekaman percepatan gempa Landers, 1992	27
Gambar 2.24 Grafik rekaman percepatan gempa Kocaeli, 1999.....	27
Gambar 2.25 Grafik rekaman percepatan gempa Chi-chi, 1999	27
Gambar 3.1 Tampak Isometri Struktur Jembatan.....	29
Gambar 3. 2 Ukuran PC-I girder untuk bentang 10 meter (mm)	30
Gambar 3. 3 Ukuran PC-I girder untuk bentang 30 meter (mm)	30
Gambar 3. 4 Ukuran PC-I girder untuk bentang 60 meter (mm)	31
Gambar 3. 5 Ukuran Pier Head	31
Gambar 3. 6 Ukuran Pier.....	32
Gambar 3. 7 Grafik Creep Beton ($f_c' = 40$ MPa).....	32
Gambar 3. 8 Grafik Shrinkage Beton ($f_c' = 40$ MPa)	33
Gambar 3. 9 Grafik Compressive Strength ($f_c' = 40$ MPa)	33
Gambar 3. 10 Grafik Creep Beton ($f_c' = 50$ MPa).....	34
Gambar 3. 11 Grafik Shrinkage Beton ($f_c' = 50$ MPa)	34
Gambar 3. 12 Grafik Compressive Strength ($f_c' = 50$ MPa)	35
Gambar 3. 13 Grafik Creep Beton ($f_c' = 67,69$ MPa).....	35
Gambar 3. 14 Grafik Shrinkage Beton ($f_c' = 67,69$ MPa)	36
Gambar 3. 15 Grafik Compressive Strength ($f_c' = 67,69$ MPa)	36
Gambar 3. 16 Beban Mati (MS)	37
Gambar 3.17 Beban Mati Tambahan (MA).....	38
Gambar 3.18 Beban Garis Terpusat (BGT).....	39
Gambar 3.19 Beban Terbagi Rata (BTR).....	39
Gambar 3. 20 Lajur Rencana Beban Truk.....	40
Gambar 3. 21 Beban Rem	41
Gambar 3. 22 Beban Temperatur Muai	41
Gambar 3. 23 Beban Temperatur Susut.....	41
Gambar 3. 24 Beban Angin Pada Kendaraan	42
Gambar 3. 25 Beban Angin Pada Struktur	42
Gambar 3. 26 Beban Gempa.....	43
Gambar 3. 27 Beban Prategang	43

Gambar 3. 28 Hasil Magnel Diagram.....	44
Gambar 3. 29 Perhitungan Batas Compression Bentang 10 Meter ($f_c'=40$ MPa)	45
Gambar 3. 30 Cek Tegangan Serat Atas PC-I bentang 10 Meter.....	45
Gambar 3. 31 Cek Tegangan Serat Bawah PC-I bentang 10 Meter.....	45
Gambar 3. 32 Cek Tegangan Serat Atas PC-I bentang 30 Meter.....	45
Gambar 3. 33 Cek Tegangan Serat Bawah PC-I bentang 30 Meter.....	46
Gambar 3. 34 Cek Tegangan Serat Atas PC-I bentang 60 Meter.....	46
Gambar 3. 35 Cek Tegangan Serat Bawah PC-I bentang 60 Meter.....	46
Gambar 3. 36 Diagram Alir Simplified Method Bearing.....	47
Gambar 3. 37 Diagram Alir Simplified Method Bearing (Lanjutan).....	48
Gambar 3. 38 Diagram Alir Multimode Bearing.....	49
Gambar 3. 39 Diagram Alir Multimode Bearing (Lanjutan).....	50
Gambar 3. 40 Input Property Isolator LRB di MIDAS.....	51
Gambar 3. 41 Kekakuan Efektif Isolator.....	52
Gambar 3. 42 properties LRB bentang 10, 30, dan 60 meter.....	53
Gambar 3. 43 Properti Input LRB MIDAS bentang 10 Meter.....	53
Gambar 3. 44 Assign LRB pada MIDAS.....	54
Gambar 3. 45 Time History Load Cases Dead Load.....	55
Gambar 3. 46 Time History Load Cases Earthquake.....	55
Gambar 4. 1 Perubahan Nilai Periode dan Akselerasi Sumbu Y Bentang 10 Meter	63
Gambar 4. 2 Perubahan Nilai Periode dan Akselerasi Sumbu X Bentang 10 Meter	63
Gambar 4. 3 Perubahan Nilai Periode dan Akselerasi Sumbu Y Bentang 30 Meter	64
Gambar 4. 4 Perubahan Nilai Periode dan Akselerasi Sumbu X Bentang 30 Meter	64
Gambar 4. 5 Perubahan Nilai Periode dan Akselerasi Sumbu Y Bentang 60 Meter	64
Gambar 4. 6 Perubahan Nilai Periode dan Akselerasi Sumbu X Bentang 60 Meter	64

Gambar 4. 7 Displacement pier top sumbu x bentang 10 meter akibat rekaman gempa Kocaeli.....	67
Gambar 4. 8 Displacement pier top sumbu y bentang 10 meter akibat rekaman gempa Kocaeli.....	67
Gambar 4. 9 Displacement pier top sumbu x bentang 10 meter akibat rekaman gempa Landers	68
Gambar 4. 10 Displacement pier top sumbu y bentang 10 meter akibat rekaman gempa Landers	68
Gambar 4. 11 Displacement Pier top sumbu x bentang 10 meter akibat rekaman gempa Chi-chi	68
Gambar 4. 12 Displacement Pier top sumbu y bentang 10 meter akibat rekaman gempa Chi-chi	69
Gambar 4. 13 Displacement pier top sumbu x bentang 30 meter akibat rekaman gempa Kocaeli.....	69
Gambar 4. 14 Displacement pier top sumbu y bentang 30 meter akibat rekaman gempa Kocaeli.....	69
Gambar 4. 15 Displacement pier top sumbu x bentang 30 meter akibat rekaman gempa Landers	70
Gambar 4. 16 Displacement pier top sumbu y bentang 30 meter akibat rekaman gempa Landers	70
Gambar 4. 17 Displacement Pier top sumbu x bentang 30 meter akibat rekaman gempa Chi-chi	70
Gambar 4. 18 Displacement Pier top sumbu y bentang 30 meter akibat rekaman gempa Chi-chi	70
Gambar 4. 19 Displacement pier top sumbu x bentang 60 meter akibat rekaman gempa Kocaeli.....	71
Gambar 4. 20 Displacement pier top sumbu y bentang 60 meter akibat rekaman gempa Kocaeli.....	71
Gambar 4. 21 Displacement pier top sumbu x bentang 60 meter akibat rekaman gempa Landers	71
Gambar 4. 22 Displacement pier top sumbu y bentang 60 meter akibat rekaman gempa Landers	71

Gambar 4. 23 Displacement pier top sumbu x bentang 60 meter akibat rekaman gempa Chi-chi	72
Gambar 4. 24 Displacement pier top sumbu y bentang 60 meter akibat rekaman gempa Chi-chi	72
Gambar 4. 25 Lead Rubber bearing Hysteresis.....	74
Gambar 4. 26 Kurva Histeresis LRB bentang 10 Meter.....	74
Gambar 4. 27 Kurva Histeresis LRB bentang 30 Meter.....	75
Gambar 4. 28 Kurva Histeresis LRB bentang 60 Meter.....	75



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Rekaman Gempa untuk Analisis Riwayat Waktu.....	27
Tabel 3. 1	Hasil Keff untuk Pemilihan Properti Bearing Bentang 10 Meter	52
Tabel 3. 2	Hasil Keff untuk Pemilihan Properti Bearing Bentang 30 Meter	52
Tabel 3. 3	Hasil Keff untuk Pemilihan Properti Bearing Bentang 60 Meter	52
Tabel 4. 1	perbedaan periode struktur sumbu Y dengan LRB dan tanpa LRB....	56
Tabel 4. 2	perbedaan periode struktur sumbu X dengan LRB dan tanpa LRB....	56
Tabel 4. 3	Partisipasi Massa Ragam Jembatan Translasi Bentang 10 Meter, 30 Meter, Dan 60 Meter Dengan LRB Dan Tanpa LRB	57
Tabel 4. 4	Partisipasi Massa Ragam Jembatan Rotasi Bentang 10 Meter, 30 Meter, Dan 60 Meter Dengan LRB Dan Tanpa LRB	57
Tabel 4. 5	Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 10 Meter Tanpa LRB	57
Tabel 4. 6	Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 10 Meter Dengan LRB.....	58
Tabel 4. 7	Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 30 Meter Tanpa LRB	58
Tabel 4. 8	Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 30 Meter Dengan LRB.....	59
Tabel 4. 9	Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 60 Meter Tanpa LRB	59
Tabel 4. 10	Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 60 Meter Dengan LRB....	60
Tabel 4. 11	Perbedaan Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 10 Meter	60
Tabel 4. 12	Perbedaan Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 30 Meter	61
Tabel 4. 13	Perbedaan Persen Massa Terfaktor MPMR Bentang 60 Meter	62
Tabel 4. 14	Gaya Geser Dasar Sumbu X dan Sumbu Y.....	65
Tabel 4. 15	Momen maksimum pada pier bentang 10 meter	65
Tabel 4. 16	Momen maksimum pada girder bentang 10 meter	66
Tabel 4. 17	Momen maksimum pada pier bentang 30 meter	66
Tabel 4. 18	Momen maksimum pada girder bentang 30 meter	66
Tabel 4. 19	Momen maksimum pada pier bentang 60 meter	66
Tabel 4. 20	Momen maksimum pada girder bentang 60 meter	66
Tabel 4. 21	Resume Displacement Pier Top Bentang 10 meter.....	73
Tabel 4. 22	Resume Displacement Pier Top Bentang 30 meter.....	73
Tabel 4. 23	Resume Displacement Pier Top Bentang 60 meter.....	73
Tabel 4. 24	ξ perhitungan dan ξ brosur	76

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PEMBEBANAN JEMBATAN	80
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN DIMENSI PIER DAN PIER HEAD.....	87
LAMPIRAN 3 PENGECEKAN TULANGAN PRATEGANG PC-I.....	90
LAMPIRAN 4 DETAILING TULANGAN PRATEGANG PC-I	109
LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN BEARING.....	113



BAB 1

PENDAHULUAN

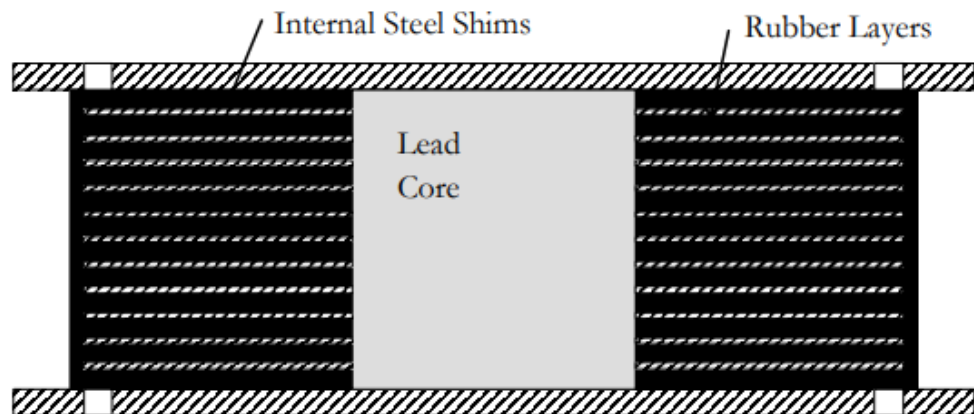
1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu Infrastruktur yang penting di Indonesia untuk menghubungkan dari satu tempat ke tempat lain, mengingat banyaknya rintangan seperti pegunungan, waduk, lembah, sungai dan lain sebagainya. Karena berbagai macam rintangan tersebut, bentang jembatan harus didesain sedemikian sehingga dapat sesuai dengan rintangan yang dihadapi. Maka dari itu desain jembatan yang baik adalah jembatan yang memiliki atau telah memenuhi kriteria desain yang menjadi dasar dari pembuatan sebuah jembatan.

Salah satu kriteria dasar desain adalah kekuatan dan stabilitas struktur, dimana suatu jembatan harus mampu menahan keadaan batas ultimate yang didefinisikan sebagai beban yang mempunyai 7% kemungkinan terlampaui selama 75 tahun (*Standar Nasional Indonesia Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, 2016). Maka dari itu beban merupakan salah satu faktor yang penting dalam desain dan analisis jembatan, mengingat jembatan digunakan sebagai jalur transportasi. Beban di jembatan harus didesain sedemikian sehingga jembatan yang dikonstruksikan harus aman dan nyaman dalam penggunaannya. Gempa merupakan salah satu beban yang penting untuk diperhitungkan dalam desain dan analisis jembatan, karena posisi Indonesia yang terletak di pertemuan tiga wilayah lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Berdasarkan hal ini maka Indonesia menjadi daerah yang rawan terhadap gempa serta memiliki aktivitas seismik yang cukup tinggi.

Penggunaan *base isolation* yang digunakan pada desain jembatan adalah salah satu cara untuk mengatasi beban gempa. *Base isolation* merupakan langkah untuk memisahkan jembatan antara superstructure dengan substructure, sehingga melindungi elemen di bawah isolator dengan cara mengurangi beban inersia ditransmisikan dari superstruktur (Kelly et al., 2001). Salah satu contoh base isolation adalah *Lead rubber bearing (LRB)* yang terlihat pada gambar 1.1, dimana LRB ini adalah jenis base isolation yang menggunakan *natural rubber* ditambah

dengan *lead plug* sehingga koefisien redaman dapat dipertimbangkan antara 15% dan 30% tergantung pada ukuran lead core nya. Selain itu keuntungan lainnya adalah kemampuannya untuk mengembalikan struktur pada posisi semula setelah gempa (Structural Protection Systems MAURER Seismic Isolation Systems with Lead rubber bearings (LRB) Product and Technical Information, 2003).



Gambar 1.1 *Lead rubber bearing*

Sebagian besar sistem isolasi praktis bekerja paling baik dengan massa yang berat. Untuk memperoleh isolasi yang efektif perlu mencapai periode respon yang panjang (Kelly et al., 2001). Periode dalam rumusnya memiliki hubungan dengan massa yang berhubungan dengan bentang jembatan. Sehingga tujuan penulisan skripsi ini adalah mendesain serta menganalisis jembatan simple span dengan variasi bentang yang menggunakan LRB sehingga dapat diperoleh efektivitas LRB terhadap variasi bentang jembatan.

Bentang jembatan sendiri menurut Indian Road Congress (IRC) dibagi menjadi 3 yaitu ada jembatan *minor* dengan ukuran 6 m sampai dengan 60 meter, jembatan *major* dengan ukuran 60 meter sampai dengan 150 meter, dan jembatan lebih dari 150 meter disebut jembatan bentang panjang (Koti Marg & Puram, 2015). Karena keterbatasan panjang span I girder yang terdapat pada desain jembatan simple span, variasi bentang jembatan diambil sebesar 10 meter, 30 meter, dan 60 meter.

1.2 Inti Permasalahan

Desain dan analisis jembatan simple span dengan menggunakan LRB dan tanpa LRB untuk mengetahui efektivitas dari penggunaan LRB.

1.3 Tujuan Penelitian

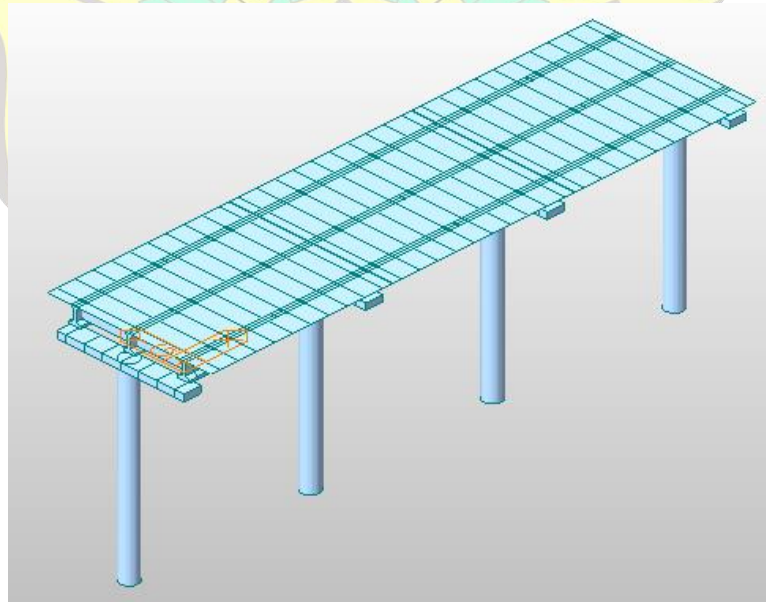
Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah mendesain jembatan tipe *simple span* dan menganalisis respon struktur serta menguji efektivitas penggunaan *Lead rubber bearing* pada jembatan.

1.4 Pembatasan Masalah

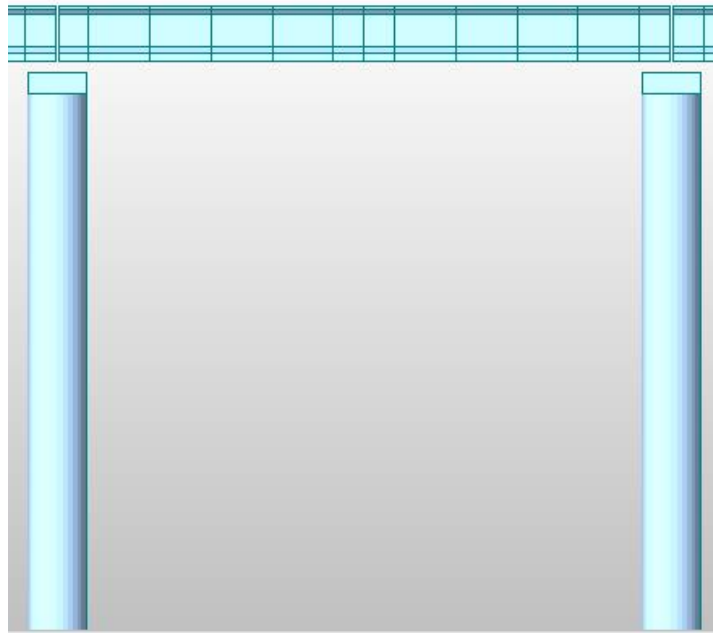
Berikut merupakan pembatasan masalah dari penelitian yang dilakukan :

1. Spesifikasi dimensi jembatan adalah sebagai berikut :

Lebar jembatan	: 6 m (2 lajur 2 arah)
Panjang total jembatan	: 30 m, 90 m, dan 180 m
Jumlah bentang	: 3
Jarak antar bentang	: 4 cm
Jumlah <i>pier</i>	: 4
Tinggi <i>pier</i>	: 10 m



Gambar 1.2 Tampak Isometri Struktur Jembatan



Gambar 1. 3 Tampak Longitudinal Jembatan

1. Tidak dilakukan desain terhadap pondasi
2. Mutu material beton yang digunakan untuk *I girder* adalah f_c 40 (E = 29725 MPa, $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$), 50 (E = 33324 MPa, $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$), 67.69 (E = 44220.94 MPa, $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$), dan untuk *pier* adalah f_c 40 MPa (E = 29725 MPa, $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$) serta untuk slab adalah f_c 30 MPa (E = 25743 MPa, $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$).
3. Baja tulangan Prategang adalah f_y 1860 MPa (E = 196500 MPa, diameter 15.2 mm, $\gamma = 775 \text{ kg/km}$).
4. Wilayah jembatan berada di Jakarta
5. Peruntukan jembatan adalah
6. Peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut :
 - a. SNI 1725:2016 Pembebanan untuk jembatan
 - b. SNI 2833:2016 Perencanaan jembatan terhadap gempa
 - c. SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan Gedung dan penjelasan
 - d. AASTHO LRFD Bridge Design Specifications 8th Ed. 2017
 - e. AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Ed., 2014
 - f. AASHTO (2014): Guide Specification For Seismic Isolation Design

1.5 Metode Penelitian

Berikut merupakan metode dari penelitian yang dilakukan :

1. Studi Literatur

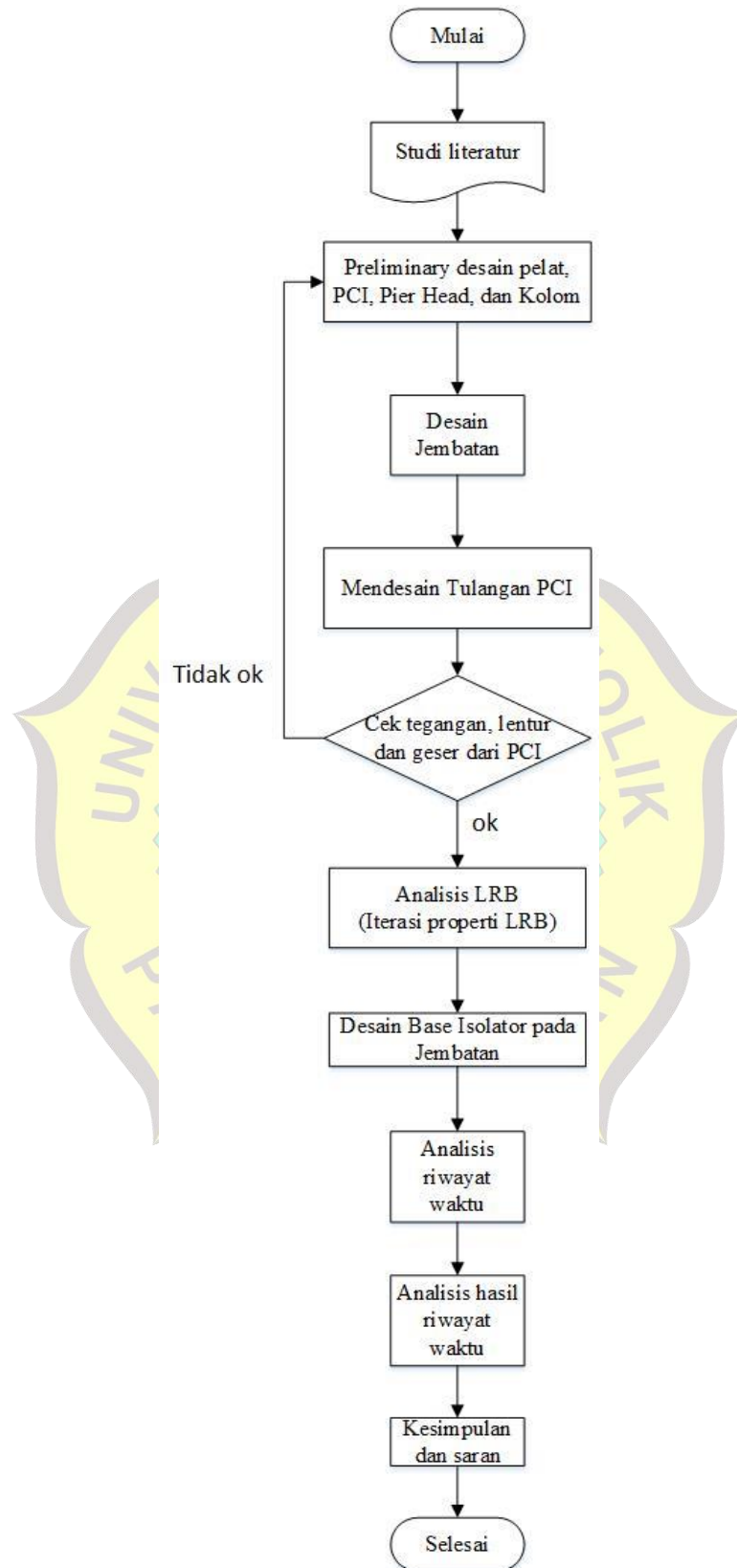
Studi Literatur dilakukan berdasarkan berbagai macam jurnal yang mendukung desain dan analisis *Lead Rubber Bering* pada Jembatan. Referensi diperoleh dari berbagai macam artikel, buku, jurnal, tesis, dan peraturan yang berlaku.

2. Studi Analisis

Studi analisis diterapkan pada penelitian ini menggunakan bantuan *software* Midas Civil untuk permodelan struktur jembatan dengan *Lead rubber bearing*



1.6 Diagram Alir



Gambar 1.4 Diagram Alir

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan karya tulis ilmiah ini disusun sebagai berikut :

BAB 1 – PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 – TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai uraian mengenai tinjauan teori dan peraturan yang didapat dari jurnal ilmiah dan buku teks yang dijadikan pedoman dalam penulisan skripsi ini.

BAB 3 – DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi mengenai pemodelan struktur awal jembatan *simple span* yang dibuat dengan *software* MIDAS CIVIL sesuai dengan pembatasan masalah pada subbab 1.4

BAB 4 – ANALISIS & PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai hasil serta pembahasan analisis dinamik yang sudah dilakukan terhadap jembatan *simple span* dengan menggunakan *base isolation* tipe *Lead rubber bearing*

BAB 5 – KESIMPULAN & SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan yang diambil dari hasil analisis penelitian yang telah dilakukan serta memberikan saran dengan tujuan agar saran tersebut dapat menjadi masukan apabila dikemudian hari terdapat penelitian yang serupa.