

No. 37/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2024

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG
MENGUNAKAN *LEAD RUBBER BEARING* (LRB)
DAN *FRICTION PENDULUM SYSTEM* (FPS)**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh:

Malik Abdul Azis

NIM 2001421001

Pembimbing:

Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T.

NIP. 197303181998022004

Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si.

NIP 199111222019031010

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2024



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG MENGGUNAKAN *LEAD RUBBER BEARING* (LRB) DAN *FRICTION PENDULUM SYSTEM* (FPS)

yang disusun oleh **Malik Abdul Azis (NIM 2001421001)**

telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam

Sidang Skripsi Tahap 2

Pembimbing 1

Dr. Anis Rosvidah, S.Pd., S.S.T., M.T.
NIP. 197303181998022004

Pembimbing 2

Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si.
NIP. 199111222019031010



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG MENGGUNAKAN *LEAD RUBBER BEARING* (LRB) DAN *FRICTION PENDULUM SYSTEM* (FPS)
yang disusun oleh **Malik Abdul Azis (NIM 2001421001)** telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi Tahap 2 di depan Tim Penguji pada hari Rabu tanggal 07 Agustus 2024

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Mudiono Kasmuri., S.T., M.Eng., Ph.D. NIP 198012042020121001	
Anggota	Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng NIP 198905272022031004	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M.Ars.
NIP 197407061999032001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Malik Abdul Azis

NIM : 2001421001

Prodi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Email : malik.abdulazis.ts20@mhs.wpnj.id

Judul : **EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG MENGGUNAKAN
LEAD RUBBER BEARING (LRB) DAN FRICTION PENDULUM
SYSTEM (FPS)**

Dengan ini, saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2022/2023 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutsertakan dalam segala bentuk kegiatan akademis. Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Depok, 25 Juli 2024

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Malik Abdul Azis



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Analisis Kinerja Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Struktur Space Frame pada Balok Bentang Panjang. Dalam penyusunan skripsi ini, banyak hambatan yang penulis hadapi. Berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada;

1. Kedua orang tua penulis yang selama ini menjadi pilar kekuatan dan inspirasi bagi penulis. Segala pengorbanan, dukungan, dan doa yang telah diberikan menjadi motivasi utama penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
2. Ibu Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T. dan Bapak Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing yang senantiasa membantu penulis dengan membimbing, mengarahkan, dan memberi dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Ibu Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M.Ars. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
4. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya selama masa perkuliahan penulis.
6. Tapi Lanniari selaku kakak kandung penulis yang selalu *men-support* dalam segala hal untuk mencapai masa depan yang lebih baik.
7. Hasby Almatin dan Tree Irma Dinda teman sesama KBK Struktur yang senantiasa membantu dan memberi dukungan dari segala hal, baik berupa ilmu, waktu, tenaga, dan moril.
8. Teman-teman Teknik Konstruksi Gedung angkatan 2020 yang selalu memberi dukungan dan semangat selama penulisan naskah skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah membantu hingga tersusunnya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karenanya, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak senantiasa dapat memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi masyarakat pada umumnya.

Depok, 25 Juli 2024

Malik Abdul Azis



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	16
1.1 Latar Belakang	16
1.2 Perumusan Masalah	17
1.3 Tujuan	17
1.4 Pembatasan Masalah	17
1.5 Sistematika Penulisan	18
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	19
2.1 Penelitian Terdahulu	19
2.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu	20
2.3 <i>Seismic Base Isolation</i>	21
2.3.1 <i>Lead Rubber Bearing (LRB)</i>	23
2.3.2 <i>Friction Pendulum System (FPS)</i>	25
2.4 Analisis Gempa	27
2.4.1 Analisis Linier Dinamik Respons Spektrum	29
2.4.2 Analisis Non-Linier Statik <i>Pushover</i>	29
2.4.3 Level Kinerja	30
2.5 Mekanisme Keruntuhan Bangunan	32
BAB 3 METODE PENELITIAN	34
3.1 Gambaran Umum	34
3.2 Rancangan Penelitian	34
3.3 Objek Penelitian	34

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3.1 Data Umum Bangunan.....	36
3.3.2 Struktur <i>Fixed Base</i> (Model 1).....	36
3.3.3 Struktur Gabungan LRB dan FPS (Model 2).....	37
3.3.4 Struktur Gabungan LRB dan FPS Dioptimasi (Model 3).....	37
3.3.5 Konfigurasi Penempatan LRB dan FPS.....	38
3.4 Tahapan Penelitian.....	40
3.4.1 Studi Literatur.....	41
3.4.2 Pengumpulan Data.....	41
3.4.3 <i>Preliminary Design</i>	41
3.4.4 Pemodelan Struktur <i>Fixed Base</i>	41
3.4.5 Pembebanan.....	41
3.4.6 Analisis Struktur <i>Fixed Base</i>	41
3.4.7 Penentuan Properti LRB dan FPS.....	42
3.4.8 Pemodelan dan Analisis Struktur Gabungan LRB dan FPS.....	42
3.4.9 Pemodelan Struktur Gabungan LRB dan FPS Dioptimasi.....	42
3.4.10 Input Penulangan Komponen Struktur Utama.....	42
3.4.11 Analisis Kinerja Struktur dan Mekanisme Keruntuhan Bangunan.....	42
3.4.12 Analisis Data Secara Statistik.....	43
3.4.13 Kesimpulan.....	43
3.5 Peraturan yang Digunakan.....	43
3.6 Luaran.....	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 <i>Preliminary Design</i>	45
4.2 Optimasi Dimensi Elemen Struktur Model 3.....	45
4.3 Rekapitulasi Penulangan Elemen Struktur.....	46
4.4 Properti LRB dan FPS.....	47
4.5 Perbandingan Respons Struktur Model 1 dan Model 2.....	47
4.5.1 Periode Getar.....	48
4.5.2 Base Shear.....	48
4.5.3 <i>Displacement</i>	49
4.5.4 Story Drift.....	50
4.6 Perbandingan Respons Struktur Model 2 dan Model 3.....	52
4.6.1 Periode Getar.....	52
4.6.2 <i>Base Shear</i>	52



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.6.3 Displacement.....	53
4.6.4 Story Drift	54
4.7 Kinerja Struktur.....	55
4.7.1 Model 1	55
4.7.2 Model 2	56
4.7.3 Model 3	57
4.7.4 Evaluasi Kinerja Struktur.....	58
4.8 Mekanisme Keruntuhan	59
4.8.1 Model 1	59
4.8.2 Model 2	62
4.8.3 Model 3	65
4.9 Analisis Data Secara Statistik	68
4.9.1 Model 1 dan Model 2	68
4.9.2 Model 2 dan Model 3	69
BAB 5 PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	79

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan Rasio <i>Drift</i> Atap.....	32
Tabel 4. 1 <i>Preliminary Design</i> Elemen Struktur	45
Tabel 4. 2 Hasil Optimasi Dimensi Elemen Struktur Model 2	45
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Penulangan Lentur Elemen Balok.....	46
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Penulangan Kolom	46
Tabel 4. 5 <i>Mechanical Properties</i> LRB	47
Tabel 4. 6 <i>Mechanical Properties</i> FPS.....	47
Tabel 4. 7 Perbandingan Periode Getar Model 1 dan Model 2	48
Tabel 4. 8 Perbandingan <i>Base Shear</i> Model 1 dan Model 2	48
Tabel 4. 9 Perbandingan <i>Displacement</i> Model 1 dan Model 2 Arah x-x	49
Tabel 4. 10 Perbandingan <i>Displacement</i> Model 1 dan Model 2 Arah y-y	49
Tabel 4. 11 Perbandingan <i>Story Drift</i> Model 1 dan Model 2 Arah x-x.....	51
Tabel 4. 12 Perbandingan <i>Story Drift</i> Model 1 dan 2 Arah y-y	52
Tabel 4. 13 Perbandingan Periode Getar Model 2 dan 3.....	52
Tabel 4. 14 Perbandingan <i>Base Shear</i> Model 2 dan Model 3	53
Tabel 4. 15 Perbandingan <i>Displacement</i> Model 2 dan Model 3 Arah x-x	53
Tabel 4. 16 Perbandingan <i>Displacement</i> Model 2 dan Model 3 Arah y-y	53
Tabel 4. 17 Perbandingan <i>Story Drift</i> Model 2 dan Model 3 Arah x-x.....	54
Tabel 4. 18 Perbandingan <i>Story Drift</i> Model 2 dan Model 3 Arah y-y.....	55
Tabel 4. 19 Level Kinerja Struktur Model 1, Model 2, dan Model 3.....	59
Tabel 4. 20 <i>Independent T-Test</i> pada Model 1 dan Model 2	69
Tabel 4. 21 <i>Independent T-Test</i> Model 2 dan Model 3	69

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Parameter <i>Two-Degree-of-Freedom</i> Sistem Isolasi Dasar	22
Gambar 2. 2 Komponen Dasar Penyusun LRB	23
Gambar 2. 3 Komponen Dasar Penyusun FPS	26
Gambar 2. 4 Kurva Kriteria Kerusakan Bangunan	31
Gambar 3. 1 Hubungan antara Kedua Variabel Penelitian.....	34
Gambar 3. 2 Denah Lantai 2-8.....	35
Gambar 3. 3 Denah Lantai 9	35
Gambar 3. 4 Isometri Model Bangunan	36
Gambar 3. 5 Model Struktur <i>Fixed Base</i> (Model 1)	37
Gambar 3. 6 Model Struktur Gabungan LRB dan FPS (Model 2)	37
Gambar 3. 7 Model Struktur Gabungan LRB dan FPS Dioptimasi (Model 3).....	38
Gambar 3. 8 Nomor <i>Base Joint</i>	39
Gambar 3. 9 Konfigurasi Penempatan LRB dan FPS	39
Gambar 3. 10 Diagram Alir Tahapan Penelitian	40
Gambar 4. 1 <i>Story Drift</i> dan <i>Drift Limit</i> Model 1 dan Model 2	51
Gambar 4. 2 <i>Story Drift</i> dan <i>Drift Limit</i> Model 2 dan Model 3	54
Gambar 4. 3 <i>Performance Point</i> Model 1 Arah x-x.....	56
Gambar 4. 4 <i>Performance Point</i> Model 1 Arah y-y.....	56
Gambar 4. 5 <i>Performance Point</i> Bangunan Model 2 Arah x-x	57
Gambar 4. 6 <i>Performance Point</i> Bangunan Model 2 Arah y-y	57
Gambar 4. 7 <i>Performance Point</i> Bangunan Model 3 Arah x-x	58
Gambar 4. 8 <i>Performance Point</i> Bangunan Model 3 Arah y-y	58
Gambar 4. 9 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-1/18 Bangunan Model 1 Arah x-x	60
Gambar 4. 10 Sendi Plastis <i>Step</i> 2/18 Bangunan Model 1 Arah x-x.....	60
Gambar 4. 11 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-18/18 Bangunan Model 1 Arah x-x.....	61
Gambar 4. 12 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-1/30 Bangunan Model 1 Arah y-y	61
Gambar 4. 13 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-2/30 Bangunan Model 1 Arah y-y	62
Gambar 4. 14 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-30/30 Bangunan Model 1 Arah y-y	62
Gambar 4. 15 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-4/9 Bangunan Model 2 Arah x-x	63
Gambar 4. 16 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-7/9 Bangunan Model 2 Arah x-x	63
Gambar 4. 17 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-9/9 Bangunan Model 3 Arah x-x	64
Gambar 4. 18 Sendi Plastis <i>Step</i> ke-4/15 Bangunan Model 2 Arah y-y	64

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Preliminary Design</i>	80
Lampiran 2 Pembebanan.....	90
Lampiran 3 Respons Spektrum	95
Lampiran 4 Analisis Struktur <i>Fixed Base</i>	105
Lampiran 5 Rekapitulasi Reaksi Tumpuan dan Tipe SBI.....	112
Lampiran 6 Brosur Bridgestone dan MAURER	116
Lampiran 7 Desain LRB dan FPS.....	118
Lampiran 8 Analisis Struktur Gabungan LRB dan FPS	124
Lampiran 9 Optimasi Dimensi Model 3.....	128
Lampiran 10 Desain Penulangan Balok dan Kolom.....	131
Lampiran 11 Hasil Analisis Pushover Model 1.....	192
Lampiran 12 Hasil Analisis <i>Pushover</i> Model 2	198
Lampiran 13 Hasil Analisis <i>Pushover</i> Model 3	202
Lampiran 14 Hasil Analisis Statistik.....	208
Lampiran 15 Formulir SI-1 Pernyataan Calon Pembimbing	214
Lampiran 16 Formulir SI-2 Lembar Pengesahan.....	217
Lampiran 17 Formulir SI-3 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing	219
Lampiran 18 Formulir SI-3 Lembar Asistensi Dosen Penguji.....	224
Lampiran 19 Formulir SI-4 Persetujuan Pembimbing	227
Lampiran 20 Formulir SI-5 Persetujuan Penguji	230
Lampiran 21 Formulir SI-6 Kartu Kompensasi	233
Lampiran 22 Formulir SI-7 Lembar Bebas Pinjaman Urusan Administrasi.....	235
Lampiran 23 Formulir MI-7 Bukti Penyerahan Laporan Magang Industri	237

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geologis Indonesia berada pada zona Ring of Fire yang memiliki banyak gunung berapi aktif dan rawan akan bencana gempa bumi. Berdasarkan data dari National Geographic sebesar 90% gempa bumi terjadi pada zona *Ring of Fire* (Tio et al., 2022). Fenomena alam tersebut sangatlah sulit untuk diperkirakan terjadinya (Lamia et al., 2020). Oleh sebab itu, dalam perencanaan struktur bangunan gedung harus memperhitungkan beban gempa yang tahan terhadap beban gempa (Jose et al., 2021). Terlebih pada kawasan yang memiliki potensi tinggi terjadinya gempa bumi yang dapat memberikan kerusakan bahkan keruntuhan pada bangunan gedung (Jaglien et al., 2020).

Dalam merancang struktur bangunan gedung lebih banyak menggunakan tumpuan jepit (*fixed base*). Struktur *fixed base* merupakan struktur kaku yang mendisipasi energi gempa pada kekuatan komponen strukturnya dengan memperkaku dalam arah lateral, namun bangunan yang terlalu kaku mudah runtuh (Fakrunnisa & Hayu, 2021). Guna menanggulangi penambahan dimensi akibat struktur yang semakin kaku, suatu metode alternatif perlu digunakan. Saat ini salah satu metode terbaik dalam merancang bangunan tahan gempa adalah penggunaan isolasi dasar gempa (*seismic base isolation*). Penggunaannya dapat mengurangi energi gempa yang disalurkan ke bangunan (Amin et al., 2020).

Prinsip dasar *seismic base isolation* ialah memisahkan struktur atas dan fondasi (Cross et al., 2019; Nguyen et al., 2018). *Shifting period* dilakukan dalam desain bangunan dengan isolasi dasar untuk mereduksi *floor acceleration* dan *story drift* yang memberikan pengurangan kerusakan pada komponen struktural maupun non struktural dari kerusakan akibat gaya gempa (Özüygür, 2021; Ravi et al., 2021). Salah satu jenis perangkat isolasi dasar yang biasa digunakan adalah *Lead Rubber Bearing* (LRB) dan *Friction Pendulum System* (FPS) (Zhelyazov, 2023). Penggunaan isolasi dasar jenis LRB memberikan penurunan respons seismik, seperti *base shear*, *story drift*, dan *story displacement* jika dibandingkan dengan struktur *fixed base* (Lipte et al., 2018). Namun, LRB memiliki kapasitas yang rendah untuk menahan beban vertikal bangunan. FPS diakui memiliki ketahanan yang tinggi dalam menahan beban vertikal bangunan dan memiliki ciri beroperasi dengan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

frictional properties (C. Li et al., 2023; Vibhute et al., 2022). Konsep dari penggabungan dua jenis *seismic base isolation* dapat meningkatkan performa bangunan lebih efektif mereduksi respons seismik dengan memanfaatkan fitur-fitur khas dari setiap jenisnya (Cancellara & De Angelis, 2019; Nithin & Jayalekshmi, 2017). Untuk mengetahui level kinerja struktur suatu bangunan gedung dapat menggunakan *performed-based design* (desain berbasis kinerja) (Tavio dalam Pangestu & Pratama, 2021).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, akan dilakukan evaluasi kinerja struktur gedung menggunakan fixed base, gabungan LRB dan FPS, dan optimasi gabungan LRB dan FPS, kemudian hasil analisis struktur ketiga model dikomparasikan. Struktur bangunan gedung dimodelkan 9 lantai bermaterial beton bertulang dengan sistem struktur SRPMK.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang sebelumnya dapat dituliskan rumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut.

1. Bagaimana perbandingan periode getar, *base shear*, *displacement*, dan *story-drift* struktur gedung *fixed base* dan gabungan LRB dan FPS?
2. Bagaimana level kinerja struktur menggunakan *fixed base* dan gabungan LRB dan FPS berdasarkan metode ATC 40 menggunakan analisis *pushover*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Membandingkan periode getar, *base shear*, *displacement*, dan *story-drift* struktur gedung *fixed base* dan gabungan LRB dan FPS.
2. Menentukan level kinerja struktur menggunakan *fixed base* dan gabungan LRB dan FPS berdasarkan metode ATC 40 menggunakan analisis *pushover*.

1.4 Pembatasan Masalah

Dari perumusan masalah di atas, pada penulisan skripsi ini diberikan batasan masalah sebagai berikut.

1. Bangunan gedung dimodelkan 9 lantai pada kelas situs tanah sedang.
2. Perancangan struktur hanya menganalisis struktur atas bangunan.



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Analisis beban gempa menggunakan analisis dinamik respons spektrum dan analisis *pushover*.
4. *Seismic Base Isolation* menggunakan gabungan *Lead Rubber Bearing* (LRB) dan *Friction Pendulum System* (FPS).
5. LRB digunakan pada setengah total *base joint* dengan reaksi tumpuan yang memiliki besaran nilai lebih kecil dari FPS. Sebaliknya untuk FPS
6. Desain penulangan hanya dilakukan pada komponen balok dan kolom.
7. Desain penulangan balok hanya penulangan lentur saja.
8. Tidak melakukan gambar detailing (DED) komponen struktur.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini disusun berdasarkan pedoman skripsi. Adapun sistematika yang digunakan terdiri dari 5 (lima) bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang penelitian terdahulu dan landasan teori yang mengacu pada studi literatur.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini terdiri dari gambaran umum penelitian, rancangan penelitian, objek penelitian, tahapan penelitian, penggunaan peraturan, dan luaran penelitian.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data-data yang digunakan dalam penelitian, kajian dari data-data penelitian, dan pembahasan dari hasil analisis dan pengujian yang didapatkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang didapatkan dan disertai dengan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Struktur Model 2 memiliki peningkatan periode getar untuk arah mencapai 39,79 % dibandingkan dengan Model 1 yang dikarenakan perilaku *seismic base isolation* yang membuat pergerakan struktur menjadi lebih fleksibel pada arah horizontal. Periode getar Model 3 mengalami penurunan mencapai 0,79 % dari Model 2 yang terjadi akibat pengurangan dimensi elemen-elemen struktur. Nilai *base shear* Model 2 tereduksi sebesar 33,11 % dibanding Model 1, sedangkan Model 3 mereduksi nilai tersebut dari Model 2 mencapai 6,07 %. Hal ini menunjukkan bahwa sistem isolasi dasar seismik dan optimasi untuk Model 3 mampu mereduksi energi gempa yang diterima struktur bangunan. Model 2 memiliki nilai *displacement* yang lebih besar dibanding Model 1. Walaupun demikian, Model 2 dapat mereduksi nilai *story drift* Model 1 yang mencapai 52,60%. Penurunan nilai *story drift* dapat mengurangi deformasi antar lantai dan risiko kerusakan struktural akibat gempa bumi. Nilai *displacement* rata-rata Model 3 tereduksi sebesar 1,34% dibanding Model 2.
2. Nilai *maximum drift ratio* Model 1, Model 2, dan Model 3 dikisaran 0,01 – 0,02 yang mengindikasikan ketiga model bangunan tersebut memiliki level kinerja struktur yang sama, yaitu *Damage Control* (DC). Namun, mekanisme keruntuhan struktur yang menggunakan LRB dan FPS memiliki ketahanan yang lebih baik dibanding struktur *fixed base*.

Dengan demikian, secara keseluruhan penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan *seismic base isolation* dengan kombinasi LRB dan FPS dapat meningkatkan kinerja struktur gedung dalam menghadapi beban gempa. Penggunaan teknologi ini direkomendasikan untuk diterapkan pada desain bangunan di daerah rawan gempa untuk meningkatkan faktor keselamatan dan mengurangi risiko kerusakan struktural.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



5.2 Saran

Dari penelitian ini, penulis dapat memberi saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Untuk tercapainya peranan penggunaan gabungan LRB dan FPS dalam meningkatkan performa struktur bangunan terhadap gaya gempa, perlu dilakukan penelitian yang menganalisis perbandingan tata letak kedua jenis *seismic base isolation* tersebut.
2. Dapat dilakukan penggabungan dua atau lebih jenis *seismic base isolation* dalam satu bangunan.
3. Dapat digunakan *damper* pada bangunan dengan *seismic base isolation* sebagai pereduksi *displacement* yang terlalu besar.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A., Chatterjee, S., Ram, S., Singh, D., Ralli, R., & Sharma, C. (2023). Effectiveness of friction pendulum system on the seismic behavior of high-rise building with shear wall. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(7), 2719–2726. <https://doi.org/10.1007/s42107-023-00618-0>
- Aghaeidoost, V., & Billah, A. H. M. M. (2024). An advanced rate-dependent analytical model of lead rubber bearing. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 53(6), 1961–1981. <https://doi.org/10.1002/eqe.4100>
- Ambasta, S., Sahu, D., & Khare, G. P. (2018). ANALYSIS OF THE BASE ISOLATED BUILDING (LEAD PLUG BEARING) IN ETABS. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(1), 404–410. www.irjet.net
- Amin, A., Islam, M., & Ahamed, M. J. (2020). BASE ISOLATION OF MULTI-STORIED BUILDING USING LEAD RUBBER BEARING. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, 6(26), 52–60. <https://doi.org/10.5935/jetia.v6i26.697>
- Arifin, M., Fransisca, L., & Sagara, A. (2019). Studi Perbandingan Gedung dengan Iregularitas Horizontal Menggunakan Base Isolation dan Fixed Base Comparative Study of a Horizontally Irregular Building with Base Isolation and Fixed Base. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(2). <http://did.org.tr>
- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (1727).
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton. www.bsn.go.id
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (1726).
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. www.bsn.go.id
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 8899:2020 Tata Cara Pemilihan dan Modifikasi Gerak Tanah Permukaan untuk Perencanaan Gedung Tahan Gempa.
- Cahyani, D. I., Budiman, E., Haryanto, B., Abdi, F. N., & Widiastuti, M. (2022). ANALISIS PUSHOVER UNTUK PERFORMANCE BASED DESIGN PADA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN ETABS SOFTWARE. JURNAL TEKNOLOGI SIPIL, 6(1).

- Cancellara, D., & De Angelis, F. (2019). Dynamic assessment of base isolation systems for irregular in plan structures: Response spectrum analysis vs nonlinear analysis. *Composite Structures*, 215, 98–115. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.02.013>
- Cross, T., Lombardi, L., De Luca, F., De Risi, R., Beardsley, J., De Podesta, M., Clark, R., Rushton, J., Alexander, N. A., & Sextos, A. (2019). Performance comparison of lead rubber bearing and friction pendulum isolation system on a school in Kathmandu. *2nd International Conference on Natural Hazards & Infrastructure*, 2, 23–26. <http://www.bristol.ac.uk/red/research-policy/pure/user-guides/ebr-terms/>
- Deringöl, A. H., & Güneyisi, E. M. (2020). Effect of Lead Rubber Bearing on Seismic Response of Regular and Irregular Frames in Elevation. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 26(6), 1076–1085. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.49207>
- Deringöl, A. H., & Güneyisi, E. M. (2023). Enhancing the seismic performance of high-rise buildings with lead rubber bearing isolators. *Turkish Journal of Engineering*, 7(2), 99–107. <https://doi.org/10.31127/tuje.1026994>
- Duan, C. (2022). Experimental and Numerical Analysis of a High-Rise Structure with a Dual FPS Isolation System. *Advances in Civil Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1567182>
- Dwi Kresmon, K., & Sutowijoyo, H. (2020). PENGGUNAAN LEAD RUBBER BEARING (LRB) SEBAGAI DESAIN APARTEMEN 25 LANTAI BERBASIS GAYA, DENGAN SPECIAL MOMEN FRAME (SMF). *Civilla : Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 5(2), 430–435. <https://doi.org/https://doi.org/10.30736/cvl.v5i2.488>
- Fakrunnisa, I. A., & Hayu, G. A. (2021). Analisis Kinerja High Damping Rubber Bearing dan Lead Rubber Bearing pada Bangunan Beton Bertulang. *JURNAL REKAYASA SIPIL DAN LINGKUNGAN*, 5(1).
- Fauzan, Ihsan, A., Monika, M. P., & Jauhari, Z. Al. (2020). The effect of seismic base isolation on structural response of a 12-story hotel building in Padang, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 156. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015605026>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- FEMA-273. (1997). NEHRP GUIDELINES FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS.
- FEMA-356. (2000). PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS.
- FEMA-440. (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures.
- FEMA-445. (2006). Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines: Program Plan for New and Existing Buildings. www.ATCCouncil.org
- FEMA-451. (2006). NEHRP Recommended Provisions: Design Examples Prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency of the Department of Homeland Security.
- Fikri, H., Zardi, M., & Amalia. (2023). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Terhadap Gempa Dengan Analisis Static Non-Linear (Pushover). *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 9(1).
- Filiatrault, A., Tremblay, R., Christopoulos, C., Folz, B., & Pettinga, D. (2013). *Elements of Earthquake Engineering and Structure Dynamics* (A. Zanin, Ed.; 3rd ed.). PRESSES INTERNATIONALES POLYTECHNIQUE.
- Gupta, P. K., Agrawal, S., Ghosh, G., S, P., Kumar, V., & Paramasivam, P. (2023). Seismic behaviour of the curved bridge with friction pendulum system. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2292089>
- Hasdanita, F., Afifuddin, M., & Muttaqin, M. (2018). ANALISIS PUSHOVER TERHADAP RESPON STRUKTUR DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATOR. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(1). <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10374>
- Hong, X., Guo, W., & Wang, Z. (2020). Seismic Analysis of Coupled High-Speed Train-Bridge with the Isolation of Friction Pendulum Bearing. *Advances in Civil Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8714174>
- Imran, I., Siringoringo, D. M., & Michael, J. (2021). Seismic performance of reinforced concrete buildings with double concave friction pendulum base isolation system: case study of design by Indonesian code. *Structures*, 34, 462–478. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.07.084>
- International Building Code 2000.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Jaglien, F., Servie, L., Dapas, O., & Wallah, S. E. (2020). PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG KULIAH 5 LANTAI. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 471–482.
- Jose, S. K., Anjali, G. S., Nair, A. S., Adithya, D. A., Sony, A., & Arunima, A. S. (2021). Fixed and base isolated framed structures: A comparative study. *Journal of Physics: Conference Series*, 2070(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2070/1/012198>
- Ju, S. H., Yuantien, C. C., & Hsieh, W. K. (2020). Study of Lead Rubber Bearings for Vibration Reduction in High-Tech Factories. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/app10041502>
- Kakde, D. N., Mohd Aquib, H., & Shoeb Iliyas, S. (2021). Performance Based Evaluation of Medium Rise RC Structures under the Influence of Infilled Walls. *International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)*, 3(6), 1275–1282. <https://doi.org/10.35629/5252-030612751282>
- Kelly, J. M. (1997). *Earthquake-Resistant Design with Rubber*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0971-6>
- Kelly, T. E., Trevor, S. E., & Kelly, E. (2001). BASE ISOLATION OF STRUCTURES DESIGN GUIDELINES DESIGN GUIDELINES DESIGN GUIDELINES DESIGN GUIDELINES. www.holmesgroup.com
- Khan, B. L., Azeem, M., Usman, M., Farooq, S. H., Hanif, A., & Fawad, M. (2019). Effect of near and far field earthquakes on performance of various base isolation systems. *Procedia Structural Integrity*, 18, 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.08.145>
- Lamia, N. W. M. T., Pandaleke, R. E., & Handono, B. D. (2020). PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN DENAH BANGUNAN BERBENTUK “L.” *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 519–532.
- Li, B., Wang, B., Wang, S., & Wu, X. (2020). Energy response analysis of continuous beam bridges with friction pendulum bearing by multihazard source excitations. *Shock and Vibration*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3724835>
- Li, C., Zhang, P., Li, Y., & Zhang, J. (2023). Effects of friction pendulum bearing wear on seismic performance of long-span continuous girder bridge. *Journal of Vibroengineering*, 25(3), 506–521. <https://doi.org/10.21595/jve.2022.22915>
- Lipte, S. P., Rathi, V. R., & Kolase, P. K. (2018). SEISMIC RESPONSE CONTROL OF RC BUILDING BY USING BASE ISOLATION SYSTEM. *International*



Journal of Management, Technology And Engineering, 8(9), 895–909.
<https://www.researchgate.net/publication/358459384>

- Mokhtari, M., & Naderpour, H. (2020). Seismic resilience evaluation of base-isolated RC buildings using a loss-recovery approach. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(10), 5031–5061. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00895-z>
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*.
- Naik, A., & Maru, Dr. S. (2022). Seismic Analysis of High-Rise Building Having Lateral Load Resisting Elements with and Without Base Isolation. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(4), 888–897. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.41349>
- Nguyen, N. V., Hoang, H. P., & Huong, K. T. (2018). Performance of Single Friction Pendulum bearing for isolated buildings subjected to seismic actions in Vietnam. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 143(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012048>
- Nithin, A. V., & Jayalekshmi, R. (2017). Seismic Analysis of Multi Storey RC Buildings supported on Single and Combined Base Isolation Systems. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(11). <http://www.ijser.org>
- Nuraini, S., Tambusay, A., & Suprobo, P. (2018). A comparative study of base isolation devices in light rail transit structure featured with lead rubber bearing and friction pendulum system. *MATEC Web of Conferences*, 195. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819502013>
- Özuygur, A. R. (2021). A comparative study of floor accelerations of different structural systems with lead-rubber-bearing (LRB) isolators. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 48(5). www.nrcresearchpress.com
- Pangestu, S. F., & Pratama, M. M. A. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(2), 91–100. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v10i2.110>
- Patel, Y. Y., Pandey, P., Patel, Y., & Pandey, P. K. (2017). Comparison of Fixed Base and Base Isolation Reinforced Concrete Structure for Seismic Response. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 4(4). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18904.52485>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Pierre, A. J., & Hidayat, I. (2020). Seismic performance of reinforced concrete structures with pushover analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012045>
- Ramadhani, N., & Rosyidah, A. (2020). DIRECT DISPLACEMENT BASED DESIGN AND CAPACITY SPECTRUM METHOD FOR SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME. *Journal of Engineering Design and Technology*, 20(1), 6–12. <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC>
- Ravi, K., Agha, W. Al, Thakur, M. S., & Umamaheswari, N. (2021). Impact of the Lead Rubber Base Isolators on Reinforced Concrete Building. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1026(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1026/1/012004>
- Saha, P., Reza Hossain, T., & Saha, P. R. (2022). Design of RC Building with LRB Isolator as per BNBC 2020 Provisions. *Proceedings of the 6th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD 2022)*. <https://www.researchgate.net/publication/358802407>
- Septian, N., Turuallo, G., & Sulendra, I. K. (2022). Kinerja Portal Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Sistem Ganda Menggunakan Metode Pushover Analysis. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 3(1). <https://doi.org/10.22487/renstra.v3i1.405>
- Shang, J., Tan, P., Zhang, Y., Han, J., & Mi, P. (2021). Seismic isolation design of structure using variable friction pendulum bearings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106855>
- Shehu, R. (2021). Implementation of pushover analysis for seismic assessment of masonry towers: Issues and practical recommendations. *Buildings*, 11(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/buildings11020071>
- Simanjuntak, P. (2020). EVALUASI KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA DI INDONESIA. *Journal CENTECH*, 1(1).
- Sinarta, I. N., & Pinandika, I. M. B. (2020). Comparison Of Pushover Method And Direct Displacement Method In Earthquake Load Analysis With Performance-Based Design Concepts. *U KaRsT*, 4(2). <https://doi.org/10.30737/ukarst.v3i2>
- Tavio, & WIjaya, U. (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)* (2nd ed.). Penerbit Andi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Tio, J. B., Kandou, C., & Tenda, J. (2022). Penerapan Base Isolation System Sebagai Alternatif Sistem Struktur Pada Bangunan RSUD Kota Manado Delapan Tingkat. *Jurnal TEKNIK SIPIL TERAPAN*, 4(1). <http://jurnal.polimdo.ac.id/>
- Trangipani, N. M., Gede, I., Wiryadi, G., Agus, P., Wirawan, P., & Darmayasa, O. (2022). ANALISIS PERILAKU STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM STUDI KASUS: SMAN 9 DENPASAR. *Jurnal Ilmiah Teknik UNMAS*, 2(1).
- Tsipianitis, A., Spachis, A., & Tsompanakis, Y. (2022). Combined Optimization of Friction-Based Isolators in Liquid Storage Tanks. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/app12199879>
- Vibhute, A. S., Bharti, S. D., Shrimali, M. K., & Datta, T. K. (2022). Performance evaluation of FPS and LRB isolated frames under main and aftershocks of an earthquake. *Structures*, 44, 1532–1545. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.08.082>
- Wang, J., Zhang, G., Zhuang, H., Yang, J., & Li, C. (2022). Numerical investigation on seismic performance of a shallow buried underground structure with isolation devices. *Earthquake Research Advances*, 2(4). <https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2022.100171>
- Wani, R. A., & Beigh, M. A. (2020). Design of Multistorey Building using Lead Rubber Bearing (LRB) in sap 2000. *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends*, 6(5).
- Wu, P., & Ou, J. (2020). Performance analysis and comparison of two base isolation systems with super-large displacement friction pendulum bearings. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(22), 1–22. <https://doi.org/10.3390/app10228235>
- Yurizka, H., & Rosyidah, A. (2020). THE PERFORMANCE OF IRREGULAR BUILDING STRUCTURES USING PUSHOVER ANALYSIS. *Journal of Engineering Design and Technology*, 20(2), 65–72. <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC>
- Zhelyazov, T. (2023). Modeling the Response of a Lead Core Rubber Bearing for Seismic Isolation. In M. Yang, J. Lanzinha, J. Hu, & P. Samui (Eds.), *Advances in Transdisciplinary Engineering* (Vol. 43, pp. 11–17). IOS Press BV. <https://doi.org/10.3233/ATDE230696>