

**TUGAS AKHIR**  
**“PENGARUH *SEISMIC ISOLATION SYSTEM* JENIS *FRICTION***  
***PENDULUM SYSTEM (FPS)* PADA *HIGHRISE BUILDING* APARTEMEN**  
**12 LANTAI DI BANJARMASIN, KALIMANTAN SELATAN”**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mendapatkan gelar Sarjana S1  
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Lambung Mangkurat

Dibuat Oleh:

**Muhammad Said Ramadhani**

**NIM. 2010811310051**

Dosen Pembimbing:

**Arya Rizki Darmawan, S.T., M.T.**

**NIP. 19930810 201903 1 011**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN**  
**TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL**  
**BANJARBARU**  
**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL**

**Pengaruh *Seismic Isolation System* Jenis *Friction Pendulum System* (FPS)  
Pada *Highrise Building* Apartemen 12 Lantai Di Banjarmasin, Kalimantan  
Selatan**

**Oleh**

**Muhammad Said Ramadhani (2010811310051)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 22 Juli 2024 dan dinyatakan

**LULUS**

**Komite Penguji:**

**Ketua** : Ir. Ida Barkiah, M.T.  
NIP. 196911101993032001

**Anggota 1** : Ir. Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D  
NIP. 199003062022032010

**Anggota 2** : Ir. Fauzi Rahman, M.T.  
NIP. 196605201991031005

**Pembimbing  
Utama** : Ir. Arya Rizki Darmawan, S.T., M.T.  
NIP. 199308102019031011

Banjarbaru, 07 MAY 2025

Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik  
Fakultas Teknik ULM**

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

**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**  
NIP. 197401071998021001

**Dr. Muhammad Arsyad S.T., M.T.**  
NIP. 197208261998021001

**PENGARUH SEISMIC ISOLATION SYSTEM JENIS FRICTION  
PENDULUM SYSTEM (FPS) PADA HIGHRISE BUILDING APARTEMEN  
12 LANTAI DI BANJARMASIN, KALIMANTAN SELATAN**

Muhammad Said Ramadhani Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung  
Mangkurat Jl. A. yani KM. 35,8 Kalimantan Selatan, Indonesia  
Tel. (0821) 54296525 Email: [ramadhanimuhammad24@gmail.com](mailto:ramadhanimuhammad24@gmail.com)

**ABSTRAK**

Indonesia merupakan wilayah yang rentan terhadap gempa bumi. Untuk meminimalkan kerusakan pada struktur bangunan, sistem bangunan tahan gempa telah diterapkan, termasuk penggunaan sistem rangka pemikul momen dan pengembangan dinding geser (*shearwall*) yang dirancang khusus untuk ketahanan terhadap gempa. Seiring dengan perkembangan teknologi, inovasi baru seperti isolasi dasar mulai diterapkan untuk meredam gaya gempa. Salah satu jenis isolator yang digunakan adalah *Friction Pendulum System* (FPS). Mengingat Kota Banjarmasin kini berada dalam zona gempa, penggunaan FPS dapat mengurangi gaya gempa yang diterima oleh struktur bangunan di kota Banjarmasin melalui pergerakan slider di dalam FPS. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis perilaku struktur dengan membandingkan struktur yang menggunakan *fixed base* dengan yang menggunakan FPS di Kota Banjarmasin.

Peraturan yang menjadi acuan adalah SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019 dengan analisis yang dibantu oleh program komputer SAP2000. Mutu beton yang digunakan adalah  $30 f_c$  dengan mutu *rebar* 420 Mpa dan 280 Mpa. Untuk struktur ini menggunakan balok, kolom dengan diameter tulangan longitudinal adalah D19 mm dan tulangan transversal D13 mm.

Berdasarkan hasil analisis, didapat bahwa dimensi balok utama yang digunakan adalah 650 mm x 400 mm, balok dak 500 mm x 350 mm, Kolom 1000 mm x 1000 mm, tebal pelat 130 mm. Struktur *base isolation* memiliki geser dasar yang relatif sama dibanding struktur *fixed base* dengan selisih 0,05 % lebih besar pada arah x dan 0,05% lebih kecil pada arah y. Periode struktur dengan *base isolator* tipe FPS 1,055 kali lipat lebih besar dari struktur *fixed base*, *displacement* yang lebih besar ketika menggunakan FPS, penggunaan FPS mengamplifikasi simpangan antar lantai hingga 53%. FPS juga mereduksi gaya dalam pada balok hingga 38%

**Kata Kunci:** *Base Isolation, Isolasi Dasar, Friction pendulum system, SPRMM, Fixed Base, Periode Getar, Displacement, Base Shear, Story*

**EFFECT OF *FRICITION PENDULUM SYSTEM (FPS)* SEISMIC  
ISOLATION SYSTEM ON 12-FLOOR APARTMENT HIGH-RISE  
BUILDING IN BANJARMASIN, SOUTH KALIMANTAN**

Muhammad Said Ramadhani Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung  
Mangkurat Jl. A. yani KM. 35,8 Kalimantan Selatan, Indonesia  
Tel. (0821) 54296525 Email: [ramadhanimuhammad24@gmail.com](mailto:ramadhanimuhammad24@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Indonesia is a region that is prone to earthquake. To minimize structural damage, an earthquake resistant building system is implemented using a moment-bearing frame and shearwalls/earthquake-resistant are also developed. As time progresses, a new innovation is to apply base isolation and one type of base isolation is Friction pendulum system (FPS). Therefore this research will discuss the behavior of structures by comparing fixed-base with friction pendulum system.*

*The research adheres to SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019 to facilitate the analysis the research utilize SAP2000 program. The research utilizes concrete with a compressive strength of 30 MPa and rebars with yield strengths of 420 MPa and 280 MPa. The diameter of longitudinal reinforcing bars is D19 mm, while the diameter of transverse reinforcing bars is D13 mm.*

*The analysis revealed that the chosen structural dimensions were 650 mm x 400 mm for main beams, 500 mm x 350 mm for slab beams, 1000 mm x 1000 mm for columns, and 130 mm for slab thickness. Interestingly, the base shear remained nearly identical between the fixed-base and FPS-isolated structures, with the FPS structure experiencing a slight increase (0.05%). However, the FPS isolation significantly impacted the structural period, increasing it by 1.055 times compared to the fixed-base structure. This resulted in substantially larger displacements for the FPS structure. Additionally, the use of FPS amplified interstory drift by up to 53%, while offering a beneficial reduction of up to 38% in beam internal forces.*

**Keyword:** *Base Isolation, Isolasi Dasar, Friction pendulum system, SPRMM, Fixed Base, Periode Getar, Displacement, Base Shear, Story*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA, serta shalawat dan salam juga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini yang berjudul “Pengaruh *Seismic Isolation System* Jenis *Friction Pendulum System* (FPS) pada *Highrise Building* Apartemen 12 Lantai di Banjarmasin, Kalimantan Selatan”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program S1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.

Selama penyusunan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi baik berupa doa, dukungan, arahan, bimbingan, semangat, dan lainnya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan Saudari saya, atas dukungannya saya mendapat dorongan yang besar sehingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Arya Rizki Darmawan, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan arahan,dorongan, penjelasan, serta masukan-masukan yang saya perlukan dalam mengerjakan proposal skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.
3. Dosen-dosen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu sebagai modal saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman-teman saya selama kuliah yang dari Laboratorium Komputasi, Mahastudent, dan teman-teman yang sedang bimbingan bersama saya lain yang memberikan motivasi baik secara langsung maupun tidak langsung. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada Yulia Novianti yang sudah banyak membantu saya dalam memahami, mengerjakan, menemani, dan menyemangati dalam pengerjaan skripsi ini.

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1. 1 Latar Belakang .....	1
1. 2 Rumusan Masalah .....	2
1. 3 Tujuan Penelitian .....	2
1. 4 Batasan Masalah .....	2
1. 5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Tinjauan Umum .....	4
2.2. <i>Preliminary Design</i> Elemen Struktur .....	4
2.2.1 <i>Preliminary Design</i> Balok .....	5
2.2.2 <i>Preliminary Design</i> Kolom .....	5
2.2.3 <i>Preliminary Design</i> Pelat .....	6
2.2.4 Reduksi Kekuatan Penampang .....	8
2.3. Pembebanan Struktur Bangunan .....	8
2.3.1 Beban Mati dan Beban Mati Tambahan .....	8
2.3.2 Beban Hidup ( <i>Live Load/LL</i> ) .....	9
2.3.3 Pembebanan Gempa .....	10
2.3.4 Beban Angin .....	24
2.4. Analisa Statik Ekuivalen .....	32
2.5. Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan .....	35
2.6. Pengecekan Kestabilan Struktur .....	37
2.6.1 Kontrol Partisipasi Massa .....	38

2.6.2	Kontrol Periode Getar Struktur .....	38
2.6.3	Kontrol Gaya Geser Dasar .....	38
2.6.4	Simpangan Antar Tingkat ( <i>Story Drift</i> ) .....	38
2.7.	Perhitungan Kapasitas Elemen Struktur .....	40
2.7.1	Elemen Struktur Beton .....	40
2.8.	<i>Base Isolation</i> .....	52
2.8.1	Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Maksimum.....	54
2.8.2	Perpindahan Maksimum Total .....	55
2.8.3	Elemen Struktur di Atas Sistem Isolasi.....	56
2.9.	Sistem Isolasi Gempa Jenis <i>Friction pendulum system</i> (FPS) .....	57
2.10.	Penerapan <i>Base Isolation System Friction pendulum system</i> (FPS) Menggunakan Program Komputer.....	58
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		62
3.1.	Gambaran Umum Gedung.....	62
3.1.1.	Data Bangunan.....	62
3.1.2.	Data Material Bangunan .....	62
3.1.3.	Gambar Rencana Bangunan.....	63
3.2.	Tahapan Analisa .....	67
3.2.1.	Studi Literatur .....	67
3.2.2.	Perhitungan Pembebanan.....	67
3.2.3.	Permodelan 3D.....	68
3.2.4.	Mendefinisikan <i>Section Properties</i> .....	68
3.2.5.	<i>Run Analysis</i> dan pengecekan Kestabilan Struktur.....	68
3.2.6.	Perhitungan Desain Kapasitas Penampang .....	68
3.2.7.	Perhitungan Keperluan Dimensi <i>Base isolator System</i> tipe FPS pada bangunan <i>Highrise</i> .....	68
3.2.8.	Pemodelan Bangunan dengan Penambahan <i>Base Isolation System</i> tipe FPS .....	69

3.2.9.	Analisis Pengaruh FPS terhadap Desain dan Stabilitas Struktur .....	69
3.3.	Diagram <i>Flowchart</i> .....	70
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		72
4.1	Data Umum <i>Preliminary Design</i> .....	72
4.1.1	<i>Preliminary Design</i> Balok.....	72
4.1.2	<i>Preliminary Design</i> Pelat.....	73
4.1.3	<i>Preliminary Design</i> Kolom.....	82
4.2	Analisa Pembebanan .....	89
4.2.1	Analisa Beban Mati.....	89
4.2.2	Analisa Beban Hidup .....	90
4.2.3	Analisa Beban Gempa.....	91
4.2.4	Perhitungan Beban Angin .....	92
4.3	Analisa Struktur <i>Fixed Base</i> Bangunan.....	96
4.4.1	Kontrol Desain .....	96
4.4.2	Penulangan Balok.....	101
4.4.3	Penulangan Kolom.....	127
4.4.4	Penulangan Pelat .....	131
4.4	Pemodelan dan Analisis Struktur <i>Base Isolation</i> .....	139
4.4.5	<i>Preliminary Design Friction pendulum system</i> .....	139
4.5	Analisa Struktur <i>Base</i> Isolasi Bangunan .....	143
4.6.1.1	Kontrol Periode Getar Struktur .....	143
4.6.1.2	Kontrol <i>Base Shear</i> (Perbandingan Gaya Geser Dasar Gempa Statis dan Dinamis) .....	144
4.6.1.3	Kontrol Partisipasi Massa .....	146
4.6.1.4	Batas Simpangan Antar Lantai.....	147
4.6	Perbandingan <i>Fixed Base</i> dan <i>Base Isolation</i> .....	148
4.7.1	Periode Fundamental Struktur.....	148
4.7.2	Perbandingan <i>Base Shear</i> .....	148

4.7.3	Perpindahan.....	148
4.7.4	Kontrol <i>Story Drift</i> .....	150
4.7.5	Perbandingan Gaya Dalam.....	151
BAB V PENUTUP.....		153
5.1	Kesimpulan.....	153
DAFTAR PUSTAKA .....		155

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Potongan Penampang Balok dan Pelat.....	7
Gambar 2. 2 Parameter gerak tanah $S_s$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %).....	15
Gambar 2. 3 Parameter gerak tanah, $S_1$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %).....	15
Gambar 2. 4 Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia .....	16
Gambar 2. 5 Respons spektrum desain .....	20
Gambar 2. 6 - Faktor topografi, $K_{zt}$ .....	28
Gambar 2. 7 Sistem Penahan Gaya Angin Utama, Bagian 1 (seluruh ketinggian): koefisien tekanan eksternal ( $C_p$ ), untuk bangunan tertutup dan bangunan tertutup sebagian dinding dan atap .....	31
Gambar 2. 8 Simpangan Antar Lantai.....	39
Gambar 2. 9 Desain Balok Tulangan Rangkap.....	41
Gambar 2. 10 Aksial Tekan Sentris pada Kolom.....	45
Gambar 2. 11 Kondisi Regangan Berimbang .....	46
Gambar 2. 12 Kondisi Keruntuhan Tekan .....	47
Gambar 2. 13 Kondisi Keruntuhan Tarik.....	48
Gambar 2. 14 Diagram Interaksi Mn-Pn.....	50
Gambar 2. 15 Perilaku gedung dengan dan tanpa <i>Base isolation</i> .....	53
Gambar 2. 16 Perangkat FPS .....	57
Gambar 2. 17 Menu <i>Link/Support properties</i> .....	59
Gambar 2. 18 Menu tampilan data spesifikasi FPS .....	59
Gambar 2. 19 Memasukkan data <i>Directional properties</i> yang meliputi UI dalam arah vertikal dan U2-U3 dalam arah horizontal permukaan <i>seismic isolation</i> . .....	60
Gambar 2. 20 <i>Link properties</i> arah U1 .....	60
Gambar 3. 1 Denah Lantai 1 .....	63
Gambar 3. 2 Denah Lantai 2 - 11 .....	63

Gambar 3. 3 Tampak Depan .....	64
Gambar 3. 4 Tampak Belakang.....	64
Gambar 3. 5 Tampak Samping Kanan .....	65
Gambar 3. 6 Tampak Samping Kiri .....	65
Gambar 3. 7 Denah Balok dan Kolom Lantai 2-11 .....	66
Gambar 3. 8 Portal Depan dan Belakang .....	66
Gambar 3. 9 Portal Samping Kiri dan Kanan .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinggi Balok Minimum	5
Tabel 2. 2 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Balok Interior (mm)	6
Tabel 2. 3 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya	7
Tabel 2. 4 Momen Inersia dan Luas Penampang yang diizinkan untuk Analisis Elastis pada Level Beban Terfaktor	8
Tabel 2. 5 Beban Mati Pada Struktur	8
Tabel 2. 6 Beban Hidup Pada Struktur	10
Tabel 2. 7 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung	11
Tabel 2. 8 Faktor keutamaan gempa	13
Tabel 2. 9 Klasifikasi Situs Tanah	13
Tabel 2. 10 Koefisien situs FPGA	16
Tabel 2. 11 Koefisien situs, $F_a$	17
Tabel 2. 12 Koefisien situs, $F_v$	18
Tabel 2. 13 Kategori desain seismik berdasarkan SDS	21
Tabel 2. 14 Kategori desain seismik berdasarkan SD1	21
Tabel 2. 15 Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapannya	22
Tabel 2. 16 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ untuk sistem pemikul seismik	23
Tabel 2. 17 Faktor arah angin, $K_d$	25
Tabel 2. 18 Jenis dan Kelas Kategori Eksposur	26
Tabel 2. 19 Sistem penahan gaya angin utama dan komponen dan klading (semua ketinggian): koefisien tekanan internal, $(GC_{pi})$	29
Tabel 2. 20 Koefisien eksposur tekanan kecepatan, $K_h$ dan $K_z$	29
Tabel 2. 21 Periode pendekatan $C_t$ dan $x$	32
Tabel 2. 22 Koefisien Batas Atas pada Periode yang dihitung	33
Tabel 2. 23 Kombinasi Pembebanan	35
Tabel 2. 24 Simpangan Antar Tingkat Izin ( $\Delta_a$ )	39
Tabel 2. 25 Koefisien redaman ( $B_M$ )	54
Tabel 2. 26 Hasil Tributary Area pada Kolom	88