E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 2 Tahun 2026

ANALISIS KINERJA SEISMIK BANGUNAN *FIXED BASE* DENGAN *LEAD RUBBER BEARING* (LRB): *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW* TAHUN 2020-2026

Lilik Annur, Prima Zola
Program Studi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: lilikannur2004@gmail.com

Abstrak

Bangunan gedung di wilayah rawan gempa seperti Sumatera Barat menghadapi risiko kerusakan struktural yang tinggi apabila hanya mengandalkan sistem struktur konvensional *(fixed base)* dalam meredam energi gempa. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat untuk meningkatkan kinerja seismik bangunan adalah penerapan sistem isolasi dasar *(base isolation)*, khususnya *Lead Rubber Bearing* (LRB), yang bekerja dengan memperpanjang periode getar alami struktur dan meningkatkan redaman sehingga respons dinamik akibat gempa dapat direduksi. Penelitian ini bertujuan melakukan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk memetakan tren publikasi, kategori fokus, serta bukti empiris mengenai perbandingan kinerja seismik bangunan *fixed base* dan bangunan berisolasi dasar *Lead Rubber Bearing* pada periode 2020–2026. Penelitian menggunakan metode SLR dengan pedoman PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan melalui *Publish or Perish* (PoP) terhadap database Scopus yang menghasilkan 200 rekaman. Setelah proses skrining, penilaian *eligibility*, dan penapisan relevansi tematik, diperoleh 36 artikel yang memenuhi kriteria inklusi untuk disintesis. Hasil analisis menunjukkan bahwa: (1) jumlah publikasi meningkat tajam menuju tahun 2026, meskipun dampak sitasi kumulatif tertinggi masih berasal dari artikel-artikel awal periode (2021); (2) fokus penelitian didominasi oleh kajian kinerja isolator *Lead Rubber Bearing*/*High Damping Rubber Bearing* (33,3%) dan studi komparatif langsung *fixed base versus base-isolated* (30,6%), dengan mayoritas menggunakan pendekatan numerik/komputasional (72,2%); (3) bangunan berisolasi dasar LRB secara konsisten menunjukkan penurunan gaya geser dasar, percepatan lantai, dan simpangan antar lantai dibandingkan bangunan *fixed base*, meskipun perpindahan pada lapisan isolasi meningkat; dan (4) tantangan implementasi meliputi kompleksitas desain sambungan, kebutuhan celah seismik, biaya material isolator, serta dominasi studi berbasis simulasi numerik dibandingkan pengujian pada bangunan nyata. Analisis bibliometrik VOSViewer terhadap kata kunci menunjukkan keterkaitan erat antara klaster *"isolated building"*, *"interaction"*, dan *"isolation"* sebagai representasi struktur tematik utama bidang ini. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *Lead Rubber Bearing* merupakan solusi yang efektif dan telah terbukti secara luas dalam literatur global untuk meningkatkan kinerja seismik bangunan, sehingga relevan sebagai dasar pertimbangan teknis bagi bangunan publik di wilayah rawan gempa seperti Gedung MUI Sumatera Barat.

Kata kunci: *base isolation; fixed base; kinerja seismik; lead rubber bearing; systematic literature review*

Article History
Received: Juli 2026
Reviewed:Juli 2026
Published: Juli 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstract

Buildings located in earthquake-prone regions such as West Sumatra face a high risk of structural damage when relying solely on conventional fixed-base systems to dissipate seismic energy. Base isolation, particularly the Lead Rubber Bearing (LRB), has emerged as a widely studied approach to improving building seismic performance by elongating the structure's natural period and increasing damping, thereby reducing the dynamic response induced by earthquakes. This study conducts a Systematic Literature Review (SLR) to map publication trends, focus categories, and empirical evidence comparing the seismic performance of fixed-base and Lead Rubber Bearing base-isolated buildings during 2020–2026. The review follows the PRISMA 2020 guideline. Literature was retrieved through Publish or Perish (PoP) from the Scopus database, yielding 200 records; after screening, eligibility assessment, and thematic-relevance filtering, 36 articles met the inclusion criteria for synthesis. The results show that: (1) the number of publications rose sharply toward 2026, although the highest cumulative citation impact still originates from early-period articles (2021); (2) research focus is dominated by studies on Lead Rubber Bearing/High Damping Rubber Bearing isolator performance (33.3%) and direct fixed-base versus base-isolated comparative studies (30.6%), with numerical/computational approaches predominating (72.2%); (3) LRB-isolated buildings consistently show reduced base shear, floor acceleration, and interstory drift compared with fixed-base buildings, although displacement demand at the isolation layer increases; and (4) implementation challenges include connection-detailing complexity, the need for adequate seismic gaps, isolator material cost, and the predominance of numerical-simulation studies over testing on real buildings. A VOSViewer keyword co-occurrence analysis reveals a close relationship among the "isolated building", "interaction", and "isolation" clusters as the main thematic structure of this field. This study concludes that Lead Rubber Bearing is an effective and well-evidenced solution in the global literature for improving building seismic performance, making it a relevant technical consideration for public buildings in earthquake-prone regions such as the MUI Building in West Sumatra.

***Keywords**: base isolation; fixed base; lead rubber bearing; seismic performance; systematic literature review*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas seismik tertinggi di dunia karena berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, serta terletak pada jalur cincin api Pasifik *(Ring of Fire)*. Kondisi geotektonik ini menyebabkan wilayah Indonesia, termasuk Sumatera Barat, menghadapi ancaman gempa bumi yang tinggi dan berulang. Peristiwa gempa Sumatera Barat tahun 2009 menjadi salah satu bukti nyata dampak destruktif gempa terhadap infrastruktur perkotaan, di mana sejumlah bangunan di Kota Padang mengalami kerusakan berat hingga keruntuhan akibat kombinasi kelemahan struktural dan konsentrasi deformasi antar lantai *(soft story effect)* pada bangunan bersistem konvensional *(fixed base)*.

Dalam rekayasa struktur, kinerja seismik bangunan dinilai melalui beberapa indikator utama, yaitu simpangan *(displacement)*, rasio simpangan antar lantai *(interstory drift)*, percepatan lantai, dan gaya geser dasar *(base shear)*. Pada bangunan *fixed base*, energi gempa

ditransfer secara langsung dari tanah ke struktur atas sehingga respons dinamik yang dihasilkan cenderung besar dan berpotensi menimbulkan kerusakan pada elemen struktural maupun non-struktural. Salah satu pendekatan yang telah banyak dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah penerapan sistem isolasi dasar *(base isolation),* khususnya *Lead Rubber Bearing* (LRB). LRB bekerja dengan prinsip memperpanjang periode getar alami struktur dan meningkatkan redaman efektif melalui inti timbal *(lead core)* pada isolator elastomer, sehingga transfer energi gempa ke struktur atas dapat direduksi secara signifikan (Chopra, 2017; Naeim & Kelly, 1999).

Meskipun efektivitas sistem isolasi dasar telah banyak diuji pada studi-studi individual di berbagai negara, sintesis sistematis yang memetakan tren publikasi, kategori fokus penelitian, jenis isolator, serta bukti komparatif kinerja seismik antara bangunan *fixed base* dan bangunan berisolasi dasar *Lead Rubber Bearing* pada literatur ilmiah terkini masih terbatas. Kondisi ini menjadi relevan khususnya bagi bangunan publik dengan tingkat kepentingan tinggi di wilayah rawan gempa, seperti halnya Gedung MUI Sumatera Barat, yang memerlukan dasar teoritis yang komprehensif sebelum penerapan sistem isolasi dasar pada tahap perencanaan maupun evaluasi struktur eksisting.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan melakukan *Systematic Literature Review* (SLR) guna menganalisis secara komprehensif perbandingan kinerja seismik bangunan *fixed base* dan bangunan berisolasi dasar *Lead Rubber Bearing* berdasarkan publikasi ilmiah terindeks Scopus periode 2020–2026. Secara spesifik, penelitian ini dirumuskan ke dalam empat pertanyaan penelitian *(Research Questions/RQ)* sebagai berikut:

RQ1: Bagaimana perkembangan tren publikasi mengenai perbandingan kinerja seismik bangunan *fixed base* dan *base-isolated* (khususnya *Lead Rubber Bearing*) selama periode 2020–2026?

RQ2: Kategori fokus, jenis isolator, dan metode penelitian apa yang paling banyak digunakan dalam literatur mengenai kinerja seismik bangunan *fixed base* dan *Lead Rubber Bearing*?

RQ3: Bagaimana kinerja seismik bangunan berisolasi dasar *Lead Rubber Bearing* dibandingkan dengan bangunan *fixed base* ditinjau dari parameter simpangan antar lantai, gaya geser dasar, percepatan lantai, dan periode getar berdasarkan sintesis literatur?

RQ4: Faktor atau tantangan apa yang memengaruhi efektivitas penerapan sistem isolasi dasar *Lead Rubber Bearing* pada bangunan nyata?

KAJIAN LITERATUR

Bagian ini menguraikan konsep dasar yang melandasi penelitian, mencakup bangunan tahan gempa dan kinerja seismik, sistem isolasi dasar (base isolation), karakteristik *Lead Rubber Bearing* (LRB), serta perbandingan kinerja *fixed base* dan *base-isolated* sebagaimana dilaporkan pada literatur.

Bangunan Tahan Gempa dan Kinerja Seismik

Kinerja seismik bangunan merujuk pada kemampuan struktur dalam merespons beban gempa tanpa mengalami kerusakan yang membahayakan keselamatan penghuni maupun fungsi bangunan pascagempa. Parameter yang umum digunakan untuk menilai kinerja tersebut meliputi simpangan lateral, rasio simpangan antar lantai *(interstory drift ratio),* percepatan lantai, periode getar alami, dan gaya geser dasar (Chopra, 2017). Bangunan dengan sistem

struktur konvensional *(fixed base)* menyalurkan energi gempa secara langsung dari fondasi ke struktur atas, sehingga respons dinamik yang timbul sangat dipengaruhi oleh kekakuan dan distribusi massa struktur. Ketidakseragaman kekakuan antar lantai, misalnya akibat *soft story effect*, dapat menyebabkan konsentrasi deformasi dan peningkatan risiko keruntuhan progresif.

Sistem Isolasi Dasar *(Base Isolation)*

Sistem isolasi dasar *(base isolation)* merupakan strategi mitigasi seismik yang bekerja dengan memisahkan (mengisolasi) struktur atas dari pergerakan tanah melalui perangkat isolator fleksibel yang dipasang di antara fondasi dan struktur atas. Prinsip utama *base isolation* adalah memperpanjang periode getar alami struktur menjauhi periode dominan gempa, sehingga percepatan spektral dan gaya inersia yang diterima struktur atas berkurang signifikan (Naeim & Kelly, 1999). Selain elastomer berinti timbal *(Lead Rubber Bearing)*, literatur turut mengidentifikasi berbagai varian isolator lain seperti *High Damping Rubber Bearing* (HDRB), *Friction Pendulum System* (FPS)/*Curved Surface Slider*, serta sistem isolasi berbiaya rendah *(low-cost isolation)* berbasis material lokal yang banyak diteliti untuk aplikasi pada bangunan masonry di negara berkembang.

Lead Rubber Bearing (LRB) sebagai Isolator Seismik

Lead Rubber Bearing (LRB) merupakan salah satu jenis isolator elastomer yang paling banyak diterapkan pada bangunan gedung. LRB terdiri atas lapisan-lapisan karet *(rubber)* dan pelat baja yang disusun berselang-seling, dengan sebuah inti timbal *(lead core)* di bagian tengah. Inti timbal berfungsi memberikan kekakuan awal yang cukup untuk menahan beban layan (seperti angin), sekaligus memberikan disipasi energi melalui deformasi plastis timbal ketika terjadi gempa. Kombinasi karakteristik ini menjadikan LRB mampu memperpanjang periode getar struktur sekaligus meningkatkan rasio redaman efektif hingga rentang 15–30%, jauh lebih tinggi dibandingkan redaman inheren struktur *fixed base* yang umumnya berkisar 5% (Naeim & Kelly, 1999). Berbagai studi yang disintesis dalam penelitian ini juga mengevaluasi karakteristik LRB pada kondisi khusus, seperti pemanasan inti timbal *(lead core heating)* dan pengaruhnya terhadap respons struktur regular maupun irregular.

Perbandingan Kinerja *Fixed Base* dan *Base-Isolated*

Sejumlah penelitian komparatif secara konsisten melaporkan bahwa bangunan berisolasi dasar menunjukkan kinerja seismik yang lebih baik dibandingkan bangunan *fixed base*, khususnya dalam hal reduksi gaya geser dasar, percepatan lantai, dan simpangan antar lantai. Namun demikian, perbandingan tersebut juga menunjukkan bahwa perpindahan pada lapisan isolasi meningkat signifikan, sehingga memerlukan penyediaan celah seismik *(seismic gap)* yang memadai pada tahap desain. Studi-studi terbaru turut mengevaluasi interaksi tanah-struktur *(soil-structure interaction)*, pengaruh kondisi tanah lunak, serta kombinasi isolasi dasar dengan perangkat kontrol tambahan seperti *tuned mass damper* dan *negative stiffness device* untuk lebih meningkatkan efektivitas mitigasi seismik.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengikuti pedoman PRISMA *(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)* versi 2020 (Page et al., 2021). SLR merupakan metode review yang sistematis, eksplisit, dan reproducible untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis bukti-bukti penelitian yang relevan (Kitchenham et al., 2007).

Waktu dan Sumber Data

Pencarian dan ekstraksi data dilakukan pada Juli 2026 menggunakan perangkat lunak *Publish or Perish* (PoP) terhadap database Scopus dengan fokus pencarian pada topik kinerja seismik bangunan *fixed base* dan sistem isolasi dasar (*base isolation*, khususnya *Lead Rubber Bearing*). Proses ekstraksi menghasilkan korpus data yang diekspor dalam dua format berkas yang saling melengkapi (*Microsoft Excel* dan RIS) dan mencakup korpus pencarian yang sama (n = 200 rekaman unik, setelah penggabungan dan penghapusan duplikat), mencakup metadata bibliografis berupa judul, penulis, tahun, sumber publikasi, DOI, volume, halaman, jumlah sitasi *(Cites)*, dan kata kunci.

Sebagai bagian dari transparansi metodologis, perlu dicatat bahwa konfigurasi pencarian *Publish or Perish* pada awalnya ditetapkan dengan target maksimum 1.000 rekaman, namun jumlah rekaman yang benar-benar tersedia dan dapat diekstraksi dari Scopus untuk topik spesifik ini adalah 200 rekaman unik. Selain itu, data bibliografis yang diekspor melalui *Publish or Perish* pada konfigurasi yang digunakan hanya merekam nama penulis pertama *(corresponding/lead author)* untuk sebagian besar rekaman, bukan daftar lengkap seluruh penulis. Oleh karena itu, pada sebagian entri di Daftar Pustaka, nama penulis kedua dan seterusnya dituliskan sebagai *"et al."* mengikuti data sumber, kecuali dua entri (Losanno, 2021; Zhang, 2021) yang telah diverifikasi silang secara manual dengan metadata penerbit dan dituliskan lengkap.

Strategi Pencarian

Pencarian literatur pada database Scopus menggunakan kombinasi kata kunci sebagai berikut: *"base isolation" AND "building"*; *"seismic isolation" AND "building performance"*; *"lead rubber bearing" AND "seismic response"*; *"fixed base" AND "base-isolated" AND "comparison"*; *"high damping rubber bearing"*; *"friction pendulum" AND "seismic"*; serta *"low-cost base isolation" AND "masonry"* untuk menjangkau studi mengenai isolasi berbiaya rendah pada bangunan non-teknik. Struktur hubungan antarkata kunci ini turut dikonfirmasi melalui pemetaan bibliometrik VOSViewer (Gambar 2) yang menunjukkan keterkaitan erat antara klaster *"isolated building"*, *"interaction"*, dan *"isolation"*.

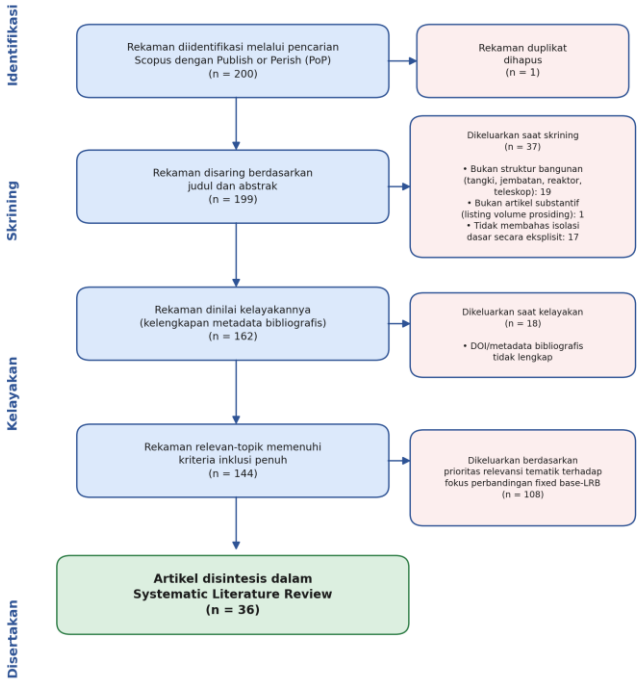
Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel membahas sistem isolasi dasar *(base isolation)*, termasuk namun tidak terbatas pada *Lead Rubber Bearing*, yang diterapkan pada struktur bangunan gedung; (2) menyajikan perbandingan atau evaluasi kinerja seismik antara konfigurasi *fixed base* dan/atau *base-isolated*; (3) diterbitkan dalam jurnal, prosiding, atau bab buku *peer-reviewed* terindeks Scopus pada periode 2020–2026; (4) berbahasa Inggris; (5) menyediakan metadata bibliografis lengkap (DOI, jumlah sitasi, volume, dan/atau halaman).

Kriteria eksklusi meliputi: (1) artikel yang berfokus pada struktur non-bangunan gedung, seperti tangki penyimpanan *(storage tank)*, jembatan, reaktor nuklir, teleskop, atau rak penyimpanan *(storage rack)*, karena berada di luar cakupan kinerja seismik bangunan gedung; (2) rekaman berupa listing volume prosiding konferensi yang bukan merupakan artikel penelitian substantif; (3) artikel yang tidak membahas sistem isolasi dasar secara eksplisit meskipun membahas topik kegempaan secara umum; (4) duplikat; (5) rekaman dengan metadata bibliografis tidak lengkap (DOI tidak tersedia).

Proses Seleksi PRISMA 2020

Proses seleksi mengikuti alur PRISMA 2020 yang terdiri atas empat tahap (Page et al., 2021). Tahap identifikasi menghasilkan 200 rekaman dari pencarian Scopus melalui *Publish or Perish*, yang berkurang menjadi 199 rekaman setelah penghapusan 1 duplikat. Tahap skrining judul/abstrak mengeksklusi 37 rekaman, terdiri atas 19 rekaman yang berfokus pada struktur non-bangunan gedung (tangki, jembatan, reaktor, teleskop), 1 rekaman berupa listing volume prosiding, dan 17 rekaman yang tidak membahas isolasi dasar secara eksplisit, sehingga tersisa 162 rekaman. Tahap *eligibility* mengeksklusi 18 rekaman lebih lanjut karena metadata bibliografis (DOI) tidak lengkap, menyisakan 144 rekaman yang relevan topik. Pada tahap akhir, dilakukan penapisan berdasarkan prioritas relevansi tematik terhadap fokus spesifik perbandingan fixed base dan Lead Rubber Bearing (misalnya kesesuaian dengan istilah *"fixed base"*, *"lead rubber bearing*/LRB", studi komparatif langsung, serta kategori pendukung seperti aplikasi pada bangunan historis/masonry, fasilitas kritis, dan sistem kontrol tambahan), yang mengeksklusi 108 rekaman dengan relevansi tematik lebih rendah terhadap fokus penelitian. Tahap included menghasilkan 36 artikel yang memenuhi kriteria dan disintesis dalam penelitian ini. Diagram alur PRISMA 2020 disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur PRISMA 2020

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui dua pendekatan yang saling melengkapi. Pertama, analisis deskriptif-kuantitatif digunakan untuk memetakan distribusi artikel berdasarkan tahun publikasi, kategori fokus penelitian, jenis metode/pendekatan, dan jurnal publikasi beserta kuartilnya. Kedua, analisis konten tematik digunakan untuk mengidentifikasi pola temuan, tantangan implementasi, dan implikasi praktis dari 36 artikel yang disintesis (Braun & Clarke, 2006). Selain itu, dilakukan analisis bibliometrik berbasis co-occurrence kata kunci menggunakan VOSViewer terhadap 697 kata kunci hasil pencarian untuk memetakan jaringan tematik literatur (van Eck & Waltman, 2009), baik pada kata kunci yang digunakan dalam strategi pencarian (metode) maupun kata kunci yang muncul pada artikel-artikel hasil (hasil), sebagaimana dibahas lebih lanjut pada subbagian Analisis VOSViewer Berdasarkan Kata Kunci.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis deskriptif-kuantitatif dan sintesis tematik terhadap 36 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, disajikan dalam delapan tabel analisis, dilanjutkan dengan analisis bibliometrik VOSViewer, sintesis temuan, dan jawaban terhadap rumusan masalah penelitian.

Tabel 1 menyajikan distribusi 36 artikel yang disintesis berdasarkan tahun publikasi beserta data sitasi kumulatifnya.

Tabel 1. Distribusi Artikel Berdasarkan Tahun Publikasi dan Sitasi

Tahun	Jumlah Artikel	Persentase	Total Sitasi	Rata-rata Sitasi
2020	2	5.6%	2	1.0
2021	4	11.1%	207	51.8
2022	5	13.9%	35	7.0
2023	5	13.9%	58	11.6
2024	4	11.1%	40	10.0
2025	6	16.7%	18	3.0
2026	10	27.8%	6	0.6
Total	36	100%	366	10.2

Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah artikel meningkat menjelang tahun 2026 (10 artikel, 27,8%), mencerminkan minat riset yang terus tumbuh terhadap topik perbandingan kinerja seismik fixed base dan Lead Rubber Bearing. Namun demikian, total sitasi tertinggi justru berasal dari artikel-artikel tahun 2021 (207 sitasi, rata-rata 51,8 sitasi per artikel), yang didominasi oleh studi rintisan mengenai isolasi berbiaya rendah untuk bangunan masonry (Losanno, 2021; Zhang, 2021). Pola ini konsisten dengan karakteristik studi bibliometrik pada umumnya, di mana artikel yang lebih baru (2025–2026) belum memiliki cukup waktu untuk mengakumulasi sitasi meskipun volume publikasinya tinggi, sehingga dampak akademik jangka panjang dari gelombang publikasi 2025–2026 baru dapat dinilai secara lebih pasti pada beberapa tahun mendatang.

Tabel 2 memaparkan distribusi artikel berdasarkan kategori fokus penelitian yang diidentifikasi selama proses sintesis.

Tabel 2. Distribusi Artikel Berdasarkan Kategori Fokus Penelitian

Kategori Fokus	Jumlah	Persentase	Deskripsi Singkat
Kinerja Isolator Lead Rubber Bearing (LRB)/HDRB	12	33.3%	Karakteristik dan perilaku isolator LRB/HDRB pada berbagai konfigurasi bangunan
Perbandingan Kinerja Fixed Base vs Base-Isolated (Umum)	11	30.6%	Studi komparatif langsung kinerja seismik fixed base dan base-isolated

Kategori Fokus	Jumlah	Persentase	Deskripsi Singkat
Isolasi Dasar pada Bangunan Historis/Masonry	5	13.9%	Isolasi berbiaya rendah pada bangunan masonry/heritage di negara berkembang
Sistem Kontrol Tambahan (TMD/Damper Hybrid)	3	8.3%	Kombinasi isolasi dasar dengan damper tambahan/kontrol hibrida
Aplikasi pada Fasilitas Kritis (Rumah Sakit)	3	8.3%	Kinerja seismik elemen struktural dan non-struktural rumah sakit
Interaksi Tanah-Struktur (SSI) pada Bangunan Terisolasi	1	2.8%	Pengaruh interaksi tanah-struktur terhadap efektivitas isolasi
Retrofit Struktur dengan Isolasi Dasar	1	2.8%	Penerapan isolasi dasar untuk retrofit bangunan eksisting

Tabel 2 menunjukkan bahwa kategori kinerja isolator Lead Rubber Bearing/High Damping Rubber Bearing merupakan fokus terbanyak (33,3%), diikuti oleh studi komparatif langsung fixed base versus base-isolated (30,6%). Kedua kategori ini bersama-sama mencakup 63,9% dari seluruh artikel yang disintesis, menegaskan bahwa evaluasi langsung terhadap karakteristik isolator dan perbandingannya dengan sistem konvensional merupakan arus utama penelitian pada bidang ini. Kategori isolasi pada bangunan historis/masonry (13,9%) mencerminkan perhatian riset terhadap solusi isolasi berbiaya rendah bagi bangunan non-teknik di negara berkembang, sementara kategori fasilitas kritis, sistem kontrol tambahan, interaksi tanah-struktur, dan retrofit melengkapi cakupan tematik penelitian secara lebih spesifik.

Tabel 3 menampilkan distribusi artikel berdasarkan jenis metode atau pendekatan penelitian yang digunakan.

Tabel 3. Distribusi Artikel Berdasarkan Jenis Metode/Pendekatan Penelitian

Jenis Metode/Pendekatan	Jumlah	Persentase	Karakteristik
Studi Numerik/Komputasional (Pemodelan & Analisis Dinamik)	26	72.2%	Pemodelan elemen hingga, analisis riwayat waktu, dan simulasi dinamik non-linier
Studi Eksperimental (Uji Laboratorium/Shaking Table)	5	13.9%	Pengujian fisik model skala pada meja getar (shaking table) atau uji siklik
Tinjauan Komprehensif (Review)	3	8.3%	Sintesis naratif/tinjauan sistematis lintas studi sebelumnya

Jenis Metode/Pendekatan	Jumlah	Persentase	Karakteristik
Machine Learning/Optimasi Komputasional	2	5.6%	Prediksi respons struktur dan optimasi parameter isolator berbasis algoritma

Tabel 3 menunjukkan bahwa mayoritas artikel (72,2%) menggunakan pendekatan numerik/komputasional berupa pemodelan dan analisis dinamik (misalnya melalui SAP2000, ETABS, atau OpenSees), sementara hanya 13,9% yang melibatkan pengujian eksperimental langsung seperti shaking table test. Dominasi pendekatan numerik ini mencerminkan karakteristik umum riset kinerja seismik bangunan, di mana pengujian eksperimental berskala penuh memerlukan biaya dan fasilitas laboratorium yang besar sehingga lebih jarang dilakukan dibandingkan simulasi komputasional. Kehadiran artikel tinjauan komprehensif (8,3%) dan pendekatan machine learning/optimasi (5,6%) menunjukkan bahwa bidang ini juga mulai diperkaya dengan pendekatan sintesis pengetahuan dan otomasi desain, meskipun proporsinya masih relatif kecil dibandingkan studi numerik konvensional.

Tabel 4 menyajikan jurnal-jurnal dengan jumlah publikasi terbanyak dari artikel yang disintesis beserta kuartil Scopus masing-masing.

Tabel 4. Jurnal/Sumber Publikasi Terbanyak dari Artikel yang Disintesis

Rank	Nama Jurnal/Sumber	Jumlah Artikel	Kuartil (Scopus)	Bidang
1	Asian Journal of Civil Engineering	3	Q2 (Scopus)	Teknik Sipil/Struktur
2	Earthquake Engineering and Structural Dynamics	2	Q1 (Scopus)	Teknik Gempa
2	Bulletin of Earthquake Engineering	2	Q1 (Scopus)	Teknik Gempa
2	Engineering Structures	2	Q1 (Scopus)	Teknik Struktur
2	Structures	2	Q1 (Scopus)	Teknik Struktur
2	Buildings	2	Q2 (Scopus)	Teknik Sipil/Arsitektur
2	AIP Conference Proceedings	2	Non-kuartil (prosiding)	Multidisiplin
2	Sustainable Civil Infrastructures	2	Non-kuartil (book series)	Teknik Sipil

Tabel 4 menunjukkan bahwa artikel yang disintesis tersebar pada jurnal-jurnal bereputasi di bidang teknik sipil dan kegempaan, dengan Asian Journal of Civil Engineering sebagai jurnal dengan jumlah publikasi terbanyak (3 artikel, kuartil Q2). Beberapa jurnal papan

atas bidang rekayasa gempa seperti Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Bulletin of Earthquake Engineering, Engineering Structures, dan Structures — seluruhnya berkuartil Q1 — turut berkontribusi masing-masing 2 artikel, menegaskan bahwa topik perbandingan kinerja fixed base dan Lead Rubber Bearing mendapat perhatian dari komunitas ilmiah bereputasi tinggi. Selain itu, 19 jurnal/sumber lainnya masing-masing menyumbang 1 artikel, mencerminkan sebaran topik yang cukup luas lintas jurnal spesialis teknik struktur, teknik gempa, dan prosiding konferensi internasional.

Tabel 5 merangkum statistik sitasi dari 36 artikel yang disintesis dalam penelitian ini.

Tabel 5. Statistik Sitasi 36 Artikel yang Disintesis

Indikator	Nilai
Total Sitasi	366
Rata-rata Sitasi per Artikel	10.2
Median Sitasi	3.0
Sitasi Tertinggi	93 (Zhang (2021))
Sitasi Terendah	0
Artikel dengan >10 sitasi	10 (27.8%)
Artikel dengan 1–10 sitasi	13 (36.1%)
Artikel dengan 0 sitasi	13 (36.1%)

Tabel 5 menunjukkan bahwa sebaran sitasi pada korpus ini cukup timpang (skewed), dengan median sitasi hanya 3,0 dibandingkan rata-rata 10,2 sitasi per artikel — mengindikasikan bahwa sebagian kecil artikel (khususnya yang diterbitkan pada 2021) menyumbang proporsi sitasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan mayoritas artikel lainnya. Artikel Zhang (2021) mengenai sistem isolasi berbasis friksi berbiaya rendah untuk bangunan masonry tercatat sebagai artikel dengan sitasi tertinggi (93 sitasi), diikuti Losanno (2021) dengan topik serupa (84 sitasi). Sebanyak 13 artikel (36,1%) belum memiliki sitasi sama sekali, yang secara wajar dapat dijelaskan oleh dominannya artikel terbitan 2025–2026 dalam korpus ini yang belum memiliki cukup waktu untuk diakumulasi sitasinya.

Tabel 6 merangkum temuan utama berdasarkan kategori fokus yang teridentifikasi dalam artikel-artikel yang disintesis.

Tabel 6. Temuan Utama Berdasarkan Kategori Fokus

Kategori Fokus	Jumlah Studi	Temuan Utama
Kinerja Isolator LRB/HDRB	12	Karakteristik kekakuan efektif dan redaman inti timbal (lead core) secara konsisten memperpanjang periode getar struktur dan menurunkan gaya geser dasar; performa LRB dilaporkan setara atau lebih baik dibandingkan HDRB pada sebagian besar skenario, meskipun sensitif terhadap variasi suhu dan pemanasan inti timbal.
Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	11	Studi komparatif langsung secara seragam melaporkan penurunan signifikan pada simpangan antar lantai dan percepatan lantai pada konfigurasi base-

Kategori Fokus	Jumlah Studi	Temuan Utama
		isolated dibandingkan fixed base pada bangunan yang identik, dengan trade-off berupa peningkatan perpindahan pada lapisan isolasi.
Isolasi pada Bangunan Historis/Masonry	5	Isolator berbiaya rendah (low-cost, sliding/friction-based, atau elastomer daur ulang) terbukti efektif mereduksi respons seismik pada bangunan masonry non-teknik di negara berkembang dengan biaya jauh lebih rendah dibandingkan isolator komersial.
Sistem Kontrol Tambahan (TMD/Damper)	3	Kombinasi isolasi dasar dengan perangkat kontrol tambahan (tuned mass damper inerter, negative stiffness device) meningkatkan lebih lanjut reduksi respons struktur dibandingkan isolasi dasar tunggal, khususnya pada struktur dengan periode isolasi yang mendekati periode dominan tanah.
Fasilitas Kritis (Rumah Sakit)	3	Isolasi dasar pada bangunan rumah sakit terbukti penting untuk menjaga fungsi elemen non-struktural (peralatan medis) pascagempa; hasil blind-prediction numerik menunjukkan tingkat akurasi memadai dibandingkan hasil uji shaking table.
Interaksi Tanah-Struktur (SSI)	1	Kondisi tanah lunak dapat memengaruhi efektivitas isolasi dasar sehingga interaksi tanah-struktur perlu dipertimbangkan dalam evaluasi kinerja isolator pada tahap desain.
Retrofit dengan Isolasi Dasar	1	Retrofit menggunakan Lead Rubber Bearing terbukti efektif meningkatkan kinerja seismik bangunan eksisting tanpa memerlukan modifikasi besar pada elemen struktur atas.

Tabel 6 menunjukkan bahwa seluruh kategori fokus melaporkan keunggulan sistem isolasi dasar, khususnya Lead Rubber Bearing dalam mereduksi respons seismik dibandingkan sistem fixed base, dengan trade-off berupa peningkatan perpindahan pada lapisan isolasi yang perlu diakomodasi melalui celah seismik yang memadai pada tahap desain. Konsistensi temuan lintas kategori, mulai dari studi numerik komparatif hingga aplikasi pada bangunan historis dan fasilitas kritis memperkuat argumen bahwa Lead Rubber Bearing merupakan solusi mitigasi seismik yang telah terbukti secara luas dan lintas konteks bangunan, bukan hanya pada kondisi ideal tertentu.

Tabel 7 menyajikan perbandingan karakteristik kinerja seismik antara sistem fixed base dan sistem isolasi dasar Lead Rubber Bearing (LRB) sebagaimana disintesis dari literatur.

Tabel 7. Perbandingan Karakteristik Fixed Base dan Lead Rubber Bearing (LRB)

Aspek Kinerja	Fixed Base	Lead Rubber Bearing (LRB)
Periode getar alami	Relatif pendek, mengikuti kekakuan struktur atas	Diperpanjang signifikan, menjauhi periode dominan gempa
Gaya geser dasar	Cenderung tinggi mengikuti percepatan spektral periode pendek	Tereduksi signifikan akibat perpanjangan periode dan redaman
Simpangan antar lantai (interstory drift)	Tinggi, berpotensi terkonsentrasi pada lantai berkekakuan rendah	Rendah, karena deformasi terkonsentrasi pada lapisan isolasi
Percepatan lantai	Tinggi, terutama pada lantai atas	Signifikan lebih rendah, melindungi elemen non-struktural
Perpindahan pada level isolasi	Tidak relevan (tanpa lapisan isolasi)	Meningkat, memerlukan celah seismik (seismic gap) memadai
Redaman efektif	Mengikuti redaman inheren struktur (~5%)	Meningkat signifikan akibat inti timbal (~15–30%)
Kompleksitas & biaya konstruksi	Relatif konvensional dan lebih murah	Lebih kompleks, memerlukan detailing dan biaya isolator tambahan

Tabel 7 menegaskan bahwa sistem Lead Rubber Bearing secara konsisten unggul dalam mereduksi gaya geser dasar, percepatan lantai, dan simpangan antar lantai dibandingkan sistem fixed base, sejalan dengan tujuan mitigasi kerusakan struktural dan non-struktural pada bangunan. Namun demikian, keunggulan tersebut disertai konsekuensi berupa peningkatan perpindahan pada level isolasi serta kompleksitas dan biaya desain yang lebih tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan LRB bukan tanpa trade-off, sehingga keputusan penerapannya pada bangunan nyata, termasuk bangunan publik dengan tingkat kepentingan tinggi, perlu mempertimbangkan baik keunggulan kinerja seismik maupun aspek teknis dan ekonomis penerapannya.

Tabel 8 menyajikan ringkasan seluruh 36 artikel yang disintesis dalam penelitian ini, mencakup penulis, tahun, kategori fokus, metode, dan jumlah sitasi.

Tabel 8. Ringkasan 36 Artikel yang Disintesis

No	Penulis (Tahun)	Kategori Fokus	Metode	Sitasi
1	Darwish et al. (2022)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	15
2	Deringöl et al. (2023)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	10
3	Hu et al. (2023)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	10
4	Domadzra et al. (2025)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	8
5	Patel et al. (2024)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Tinjauan (Review)	8

No	Penulis (Tahun)	Kategori Fokus	Metode	Sitasi
6	Gupta et al. (2025a)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Tinjauan (Review)	1
7	Akash et al. (2026)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	0
8	Dahat et al. (2026)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	0
9	Domadzra et al. (2026)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	0
10	Gupta et al. (2025b)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	0
11	Nishipriya et al. (2023)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	0
12	Yanik et al. (2026)	Kinerja Isolator LRB/HDRB	Numerik/Komputasional	0
13	Jalali et al. (2021)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	17
14	Ozer et al. (2023)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	14
15	Fakih et al. (2021)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	13
16	Fu et al. (2024)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Eksperimental	12
17	Öztürk et al. (2022)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	6
18	Khare et al. (2024)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	3
19	Ditommaso et al. (2026)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	1
20	Biswas et al. (2026)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	ML/Optimasi	0
21	Nurhuda et al. (2026)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	0
22	Patel et al. (2025)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	0
23	Rosales et al. (2020)	Perbandingan Fixed Base-Base Isolated	Numerik/Komputasional	0
24	Zhang et al. (2021)	Isolasi pada Bangunan Historis/Masonry	Eksperimental	93
25	Losanno et al. (2021)	Isolasi pada Bangunan Historis/Masonry	Numerik/Komputasional	84

No	Penulis (Tahun)	Kategori Fokus	Metode	Sitasi
26	Losanno et al. (2023)	Isolasi pada Bangunan Historis/Masonry	Numerik/Komputasional	24
27	Ergun et al. (2026)	Isolasi pada Bangunan Historis/Masonry	Numerik/Komputasional	5
28	Zoheb et al. (2022)	Isolasi pada Bangunan Historis/Masonry	Numerik/Komputasional	3
29	Pasala et al. (2025)	Sistem Kontrol Tambahan (TMD/Damper)	Eksperimental	6
30	Kiran et al. (2025)	Sistem Kontrol Tambahan (TMD/Damper)	ML/Optimasi	3
31	Mazloum et al. (2020)	Sistem Kontrol Tambahan (TMD/Damper)	Numerik/Komputasional	2
32	Mazza et al. (2024)	Fasilitas Kritis (Rumah Sakit)	Eksperimental	17
33	Mazza et al. (2022)	Fasilitas Kritis (Rumah Sakit)	Eksperimental	11
34	Bayraktar et al. (2026)	Fasilitas Kritis (Rumah Sakit)	Numerik/Komputasional	0
35	Mahdavi Naderi et al. (2022)	Interaksi Tanah-Struktur (SSI)	Tinjauan (Review)	0
36	Kayı et al. (2026)	Retrofit dengan Isolasi Dasar	Numerik/Komputasional	0

Tabel 8 menunjukkan bahwa 36 artikel yang disintesis tersebar pada tujuh kategori fokus dengan pendekatan metode yang bervariasi, dari studi numerik/komputasional hingga tinjauan komprehensif dan machine learning. Sebaran ini mencerminkan bahwa kajian kinerja seismik fixed base dan Lead Rubber Bearing merupakan bidang riset yang matang dan multiperspektif, mencakup evaluasi isolator itself, aplikasi pada berbagai tipologi bangunan (masonry, rumah sakit, bangunan tinggi), hingga kombinasinya dengan sistem kontrol tambahan.

Analisis VOSViewer Berdasarkan Kata Kunci

Untuk memperdalam pemahaman mengenai pola dan struktur tematik dalam literatur yang disintesis, dilakukan analisis bibliometrik berbasis co-occurrence kata kunci menggunakan perangkat VOSViewer terhadap 697 kata kunci yang teridentifikasi dari korpus pencarian. Analisis dilakukan baik pada kata kunci yang digunakan dalam strategi pencarian (metode) maupun kata kunci yang muncul pada artikel-artikel hasil (hasil), untuk memetakan lima kata kunci utama yang saling terhubung. Hasil pemetaan jaringan kata kunci disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2. Network Visualization VOSViewer atas Kata Kunci Terkait Isolasi Dasar Bangunan (697 kata kunci, 5 kata kunci utama saling terhubung)

Gambar 2 menampilkan network visualization hasil analisis co-occurrence kata kunci yang memperlihatkan lima simpul (node) kata kunci yang saling terhubung dalam satu rangkaian jaringan. Simpul "isolated building" tervisualisasikan dengan ukuran lingkaran yang relatif besar (berwarna hijau dan kuning yang saling tumpang tindih), menandakan tingginya frekuensi kemunculan istilah ini pada korpus artikel konsisten dengan temuan pada Tabel 2 bahwa kategori kinerja isolator dan perbandingan fixed base-base isolated bersama-sama mencakup 63,9% dari seluruh artikel yang disintesis. Simpul "isolation" pada sisi kanan jaringan turut berukuran besar (berwarna ungu), merepresentasikan istilah payung (umbrella term) yang menghubungkan hampir seluruh sub-tema dalam bidang ini.

Yang menarik, kedua simpul dominan tersebut, "isolated building" dan "isolation" terhubung melalui simpul penjembatan (bridging node) "interaction" yang berukuran lebih kecil namun secara struktural penting. Keterhubungan ini merefleksikan bahwa istilah "interaction" yang dalam konteks korpus ini merepresentasikan soil-structure interaction (interaksi tanah-struktur) berperan sebagai jembatan tematik antara literatur mengenai bangunan ber-isolasi dasar dengan konsep isolasi seismik secara umum. Hal ini sejalan dengan Tabel 6 yang mengidentifikasi kategori interaksi tanah-struktur sebagai salah satu tema pendukung yang secara konsisten disebutkan lintas berbagai studi, meskipun proporsinya relatif kecil sebagai kategori mandiri (2,8%).

Analisis frekuensi kata kunci dari metadata RIS turut mendukung temuan ini, dengan istilah "base isolation" (13 kemunculan) dan "seismic isolation" (10 kemunculan) sebagai kata kunci dengan frekuensi tertinggi, diikuti "friction pendulum bearing" dan "lead rubber bearing" (masing-masing 4 kemunculan), serta "soil-structure interaction (SSI)" (3 kemunculan). Pola frekuensi ini memperkuat struktur jaringan pada Gambar 2, di mana isolasi dasar secara umum menjadi tema sentral, dengan Lead Rubber Bearing dan interaksi tanah-struktur sebagai sub-tema penting yang saling melengkapi. Keterikatan erat antara ketiga klaster ini menegaskan relevansi pendekatan SLR pada penelitian ini untuk mensintesis dimensi kinerja isolator, perbandingan komparatif, dan faktor kontekstual (tanah, tipologi bangunan) secara terpadu.

Sintesis Temuan dan Diskusi

Dari sintesis 36 artikel, sistem isolasi dasar Lead Rubber Bearing terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kinerja seismik bangunan dibandingkan sistem fixed base. Temuan ini konsisten dengan studi komparatif langsung (Fakih, 2021; Jalali, 2021; Ozer, 2023) yang secara seragam melaporkan penurunan gaya geser dasar dan simpangan antar lantai pada konfigurasi base-isolated. Studi Zhang (2021) dan Losanno (2021) memberikan bukti kuat bahwa bahkan sistem isolasi berbiaya rendah berbasis material lokal mampu memberikan reduksi respons seismik yang substansial pada bangunan masonry non-teknik di negara berkembang, sebuah temuan yang relevan bagi konteks pembangunan di wilayah dengan keterbatasan anggaran.

Pada aspek karakteristik isolator, studi-studi mengenai Lead Rubber Bearing dan High Damping Rubber Bearing (Darwish, 2022; Deringöl, 2023; Hu, 2023) menunjukkan bahwa efektivitas isolator sangat dipengaruhi oleh parameter kekakuan efektif dan redaman yang dipilih pada tahap desain, serta dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu operasional. Sementara itu, pada aspek aplikasi fasilitas kritis, studi Mazza (2022, 2024) mengenai bangunan rumah sakit menegaskan bahwa isolasi dasar tidak hanya melindungi elemen struktural, tetapi juga elemen non-struktural yang krusial bagi keberlangsungan fungsi bangunan pascagempa.

Secara keseluruhan, pola temuan pada seluruh kategori fokus memperkuat argumen bahwa Lead Rubber Bearing merupakan solusi mitigasi seismik yang telah teruji secara luas pada berbagai tipologi bangunan dan konteks geografis, sebuah kesimpulan yang juga tercermin pada keterkaitan erat antar-klaster dalam analisis VOSViewer (Gambar 2). Temuan ini memberikan dasar teoritis yang relevan bagi evaluasi penerapan Lead Rubber Bearing pada bangunan publik dengan tingkat kepentingan tinggi di wilayah rawan gempa, seperti Gedung MUI Sumatera Barat.

Jawaban Terhadap Rumusan Masalah Penelitian

RQ1: Tren publikasi mengenai perbandingan kinerja seismik bangunan fixed base dan base-isolated Lead Rubber Bearing menunjukkan peningkatan volume yang tajam menjelang tahun 2026 (10 dari 36 artikel, 27,8%), namun dampak sitasi kumulatif tertinggi masih berasal dari artikel rintisan tahun 2021 (207 sitasi), yang mengindikasikan bahwa topik ini terus berkembang dan belum mencapai titik jenuh riset (Tabel 1).

RQ2: Kategori fokus yang paling banyak diteliti adalah kinerja isolator Lead Rubber Bearing/High Damping Rubber Bearing (33,3%) dan studi komparatif langsung fixed base versus base-isolated (30,6%), dengan metode dominan berupa studi numerik/komputasional (72,2%) dibandingkan pengujian eksperimental (13,9%). Jenis isolator yang paling sering diteliti mencakup Lead Rubber Bearing, High Damping Rubber Bearing, dan Friction Pendulum System/Curved Surface Slider (Tabel 2 dan Tabel 3).

RQ3: Berdasarkan sintesis literatur (Tabel 6 dan Tabel 7), bangunan ber-isolasi dasar Lead Rubber Bearing secara konsisten menunjukkan periode getar yang lebih panjang, gaya geser dasar yang lebih rendah, simpangan antar lantai yang lebih kecil, dan percepatan lantai yang lebih rendah dibandingkan bangunan fixed base. Keunggulan ini disertai trade-off berupa peningkatan perpindahan pada lapisan isolasi yang memerlukan celah seismik memadai.

RQ4: Tantangan implementasi Lead Rubber Bearing pada bangunan nyata meliputi: (1) kompleksitas detailing sambungan struktural pada level isolasi; (2) kebutuhan penyediaan celah seismik (seismic gap) yang memadai untuk mengakomodasi perpindahan isolator; (3) biaya material dan pengadaan isolator yang relatif tinggi, khususnya di negara berkembang; dan (4) dominasi studi berbasis simulasi numerik dibandingkan pengujian pada bangunan nyata berskala penuh, sehingga validasi lapangan pada kondisi operasional aktual masih perlu diperluas.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diungkapkan secara transparan. Pertama, data penulis pada metadata hasil ekspor Publish or Perish yang digunakan hanya mencakup penulis pertama untuk sebagian besar rekaman, sehingga sebagian entri pada Daftar Pustaka dituliskan dengan format "et al." mengikuti keterbatasan data sumber, kecuali dua entri yang telah diverifikasi silang secara manual. Kedua, nilai kuartil jurnal pada Tabel 4 didasarkan pada klasifikasi umum yang telah mapan untuk masing-masing jurnal dan belum seluruhnya diverifikasi ulang secara langsung melalui Scopus/Scimago pada tanggal akses artikel ini disusun. Ketiga, konfigurasi pencarian Publish or Perish pada awalnya ditetapkan dengan target 1.000 rekaman, namun jumlah rekaman yang benar-benar tersedia untuk topik spesifik ini hanya 200 rekaman unik, sehingga cakupan korpus awal lebih terbatas dibandingkan target awal. Keempat, karena metadata abstrak tidak tersedia pada berkas ekspor yang digunakan, proses skrining dan penapisan relevansi tematik dilakukan berdasarkan judul artikel, yang berpotensi melewatkan sejumlah kecil artikel relevan yang judulnya tidak secara eksplisit mencantumkan istilah isolasi dasar. Keterbatasan-keterbatasan ini tidak mengurangi validitas

temuan utama, namun perlu menjadi perhatian bagi pembaca dalam menginterpretasikan cakupan penelitian.

KESIMPULAN

Berdasarkan Systematic Literature Review terhadap 36 artikel yang bersumber dari database Scopus periode 2020–2026, disimpulkan bahwa sistem isolasi dasar Lead Rubber Bearing memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kinerja seismik bangunan dibandingkan sistem fixed base. Secara spesifik: (1) tren publikasi meningkat tajam menjelang 2026 dengan dampak sitasi tertinggi tetap berasal dari artikel rintisan 2021; (2) kategori kinerja isolator LRB/HDRB (33,3%) dan perbandingan fixed base-base isolated (30,6%) merupakan fokus penelitian terbanyak, dengan pendekatan numerik/komputasional sebagai metode dominan (72,2%); (3) Lead Rubber Bearing secara konsisten unggul dalam mereduksi gaya geser dasar, percepatan lantai, dan simpangan antar lantai dibandingkan fixed base, meskipun disertai peningkatan perpindahan pada lapisan isolasi; dan (4) tantangan implementasi utama meliputi kompleksitas desain sambungan, kebutuhan celah seismik, biaya material, serta perlunya validasi lapangan yang lebih luas melampaui simulasi numerik. Analisis bibliometrik VOSViewer memperkuat temuan ini melalui keterkaitan erat antara klaster "isolated building", "interaction", dan "isolation" sebagai representasi struktur tematik utama bidang ini. Penelitian ini merekomendasikan bahwa Lead Rubber Bearing merupakan pertimbangan teknis yang relevan dan telah teruji secara luas bagi peningkatan ketahanan gempa bangunan publik dengan tingkat kepentingan tinggi di wilayah rawan gempa, termasuk sebagai dasar teoritis bagi evaluasi lebih lanjut pada bangunan seperti Gedung MUI Sumatera Barat.

REFERENSI

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Chopra, A. K. (2017). Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering (5th ed.). Pearson.

Kitchenham, B., Budgen, D., Brereton, P., Turner, M., Charters, S., & Linkman, S. (2007). Large-scale software engineering questions – expert opinion or empirical evidence? IET Software, 1(5), 161–171. https://doi.org/10.1049/iet-sen:20060052

Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). Design of seismic isolated structures: From theory to practice. John Wiley & Sons.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2009). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, 84(2), 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Akash, et al. (2026). Impact of Lead Rubber Bearings on Plan-Irregular Reinforced Concrete Buildings under Low and High PGA/PGV Earthquake Ground Motions. International Journal of Advanced Science and Engineering, 12(3), 6050–6062. https://doi.org/10.29294/IJASE.12.3.2026.6050-6062

Bayraktar, A., et al. (2026). Evidence-based seismic performance assessment of non-structural components in fixed-base and base-isolated hospital buildings using monitoring data. Bulletin of Earthquake Engineering, 24(6), 4459–4484. https://doi.org/10.1007/s10518-026-02400-4

Biswas, N., et al. (2026). Response Prediction of Fixed Based and Base-Isolated Asymmetric RCC Building Through Machine Learning. Lecture Notes in Civil Engineering, 780, 175–193. https://doi.org/10.1007/978-981-95-4009-9_13

Dahat, P.G., et al. (2026). Comparative analysis of seismic response reduction of building with and without base isolation (lead rubber bearing, elastomeric bearing, friction pendulum system). AIP Conference Proceedings, 3441(1). https://doi.org/10.1063/5.0334606

Darwish, A.Q., et al. (2022). Vibration Response Reduction of Seismic Forces Using Lead Rubber Bearing Isolators in Composite Buildings. Journal of Vibration Engineering and Technologies, 10(4), 1309–1324. https://doi.org/10.1007/s42417-022-00447-6

Deringöl, A.H., et al. (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

Ditommaso, R., et al. (2026). Vertical Ground-Motion Effects in Base-Isolated Buildings: Preliminary Observations from Twin Fixed-Base and Base-Isolated Structures During the 18 March 2025 Potenza Sequence. Buildings, 16(3). https://doi.org/10.3390/buildings16030482

Domadzra, Y., et al. (2025). Influence of Characteristics of Lead Rubber Bearing Isolator on the Seismic Response of a Base-Isolated Building. Journal of Structural Design and Construction Practice, 30(3). https://doi.org/10.1061/JSDCCC.SCENG-1737

Domadzra, Y., et al. (2026). Nonlinear seismic performance of LRB-isolated buildings under near-field ground motions: influence and limits of maximum isolator displacement. Asian Journal of Civil Engineering. https://doi.org/10.1007/s42107-026-01709-4

Ergun, M., et al. (2026). Resilience-oriented seismic retrofit of heritage masonry minarets using hybrid base isolation and supplemental damping. Structures, 83. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.110893

Fakih, M., et al. (2021). Effect of lead-rubber bearing isolators in reducing seismic damage for a high-rise building in comparison with normal shear wall system. SDHM Structural Durability and Health Monitoring, 15(3), 247–260. https://doi.org/10.32604/SDHM.2021.015174

Fu, H., et al. (2024). Substructural shake table testing for nonstructural elements of various damage sensitivity in a fixed-base and a base-isolated building. Engineering Structures, 321. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.119017

Gupta, G., et al. (2025a). Review on “Seismic Performance of Buildings with Fixed Base and Lead Rubber Bearing Base Isolator”. Sustainable Civil Infrastructures, 255–264. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82133-2_19

Gupta, G., et al. (2025b). Seismic Performance of Regular and Irregular Buildings with Fixed Base and Lead Rubber Bearing Base Isolator. Sustainable Civil Infrastructures, 379–395. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82133-2_29

Hu, G.J., et al. (2023). Design and analysis of LRB base-isolated building structure for multilevel performance targets. Structures, 57. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105236

Jalali, Y., et al. (2021). Comparative response assessment of base-isolated braced-frame buildings considering effects of ductility design. Journal of Building Engineering, 43. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103110

Kayı, D.B., et al. (2026). Effect of superstructure characteristics on seismic response of an RC building retrofitted with lead rubber bearings. Bulletin of Earthquake Engineering. https://doi.org/10.1007/s10518-026-02466-0

Khare, K., et al. (2024). Comparative study of seismic performance between fixed base and base-isolated regular RC frames (G+21 floors) using SAP 2000. Asian Journal of Civil Engineering, 25(8), 5657–5667. https://doi.org/10.1007/s42107-024-01136-3

Kiran, K.K., et al. (2025). Optimization of Tuned Mass Damper Inerter Systems for Seismic Control of Base-Isolated and Fixed-Base Structures. Arabian Journal for Science and Engineering, 50(20), 17153–17187. https://doi.org/10.1007/s13369-025-10352-1

Losanno, D., Ravichandran, N., Parisi, F., Calabrese, A., & Serino, G. (2021). Seismic performance of a Low-Cost base isolation system for unreinforced brick Masonry buildings in developing countries. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 141. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106501

Losanno, D., et al. (2023). Seismic fragility models for base-isolated unreinforced masonry buildings with fibre-reinforced elastomeric isolators. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 52(2), 308–334. https://doi.org/10.1002/eqe.3761

Mahdavi Naderi, A., et al. (2022). Simultaneous Evaluation and Comparison of the Performance of Isolator Models in the Soil Structure Interface and Dampers at the Height of Structure under Seismic Load. Journal of the Earth and Space Physics, 48(3), 515–529. https://doi.org/10.22059/JESPHYS.2022.313061.1007259

Mazloum, A.A., et al. (2020). Study and comparison of seismic behaviour of isolator-damper hybrid control system with conventional structural systems. Journal of Rehabilitation in Civil Engineering, 8(2), 1–17. https://doi.org/10.22075/JRCE.2019.17441.1329

Mazza, F., et al. (2022). Seismic vulnerability of fixed-base and base-isolated hospitals: blind comparison between shaking table and numerical tests. Procedia Structural Integrity, 44, 147–154. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.020

Mazza, F., et al. (2024). Structural and non-structural numerical blind prediction of shaking table experimental tests on fixed-base and base-isolated hospitals. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 53(10), 2961–2987. https://doi.org/10.1002/eqe.4146

Nishipriya, D., et al. (2023). Design of base-isolation using lead rubber bearing. AIP Conference Proceedings, 2754(1). https://doi.org/10.1063/5.0169519

Nurhuda, I., et al. (2026). Seismic Response Comparison of Fixed-Base and Base-Isolated 8-Story Buildings with Frame and Shear Wall Systems. Advances in Technology Innovation, 11(2), 199–215. https://doi.org/10.46604/aiti.2026.16055

Ozer, E., et al. (2023). Seismic Performance Comparison of Fixed and Base-Isolated Models. Iranian Journal of Science and Technology Transactions of Civil Engineering, 47(2), 1007–1023. https://doi.org/10.1007/s40996-022-00936-4

Öztürk, H., et al. (2022). Effects of Lead Core Heating on the Response of Isolated-Base and Fixed-Base Regular and Irregular Reinforced Concrete Structures. Buildings, 12(8). https://doi.org/10.3390/buildings12081087

Pasala, D.T.R., et al. (2025). Negative stiffness device for seismic protection of MDOF yielding fixed base structures: Experimental and analytical study. Earthquake Spectra, 41(1), 682–703. https://doi.org/10.1177/87552930241292348

Patel, D., et al. (2024). Advancements in base isolation for seismic mitigation: Perspectives on elastomeric and lead rubber bearings. Research on Engineering Structures and Materials, 10(3), 1017–1049. https://doi.org/10.17515/resm2024.15ma0927rv

Patel, D., et al. (2025). Dynamic analysis of base-isolated and fixed-base RC frame buildings under near-field and far-field earthquakes. Sādhanā (Academy Proceedings in Engineering Sciences), 50(2). https://doi.org/10.1007/s12046-025-02736-8

Rosales, A., et al. (2020). Proposal of parameters for the design of seismic insulators through a comparative analysis of the seismic response of an essential building with anti-seismic isolation under various international standards. Proceedings of the Laccei International Multi Conference for Engineering Education and Technology. https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.40

Yanik, A., et al. (2026). Comparative seismic performance of LRB and HDRB systems in reinforced concrete buildings. Asian Journal of Civil Engineering. https://doi.org/10.1007/s42107-026-01722-7

Zhang, C., Ali, A., & Sun, L. (2021). Investigation on low-cost friction-based isolation systems for masonry building structures: Experimental and numerical studies. Engineering Structures, 243. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112645

Zoheb, N.M., et al. (2022). Seismic Behavior of Masonry Building with Spread Base Isolation Using Natural Rubber. Lifelines 2022 1971 San Fernando Earthquake and Lifeline Infrastructure Selected Papers from the Lifelines 2022 Conference, 2, 556–565. https://doi.org/10.1061/9780784484449.049