

PENGARUH PENGGUNAAN BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING TERHADAP KINERJA STRUKTUR

THE EFFECT OF USING HIGH DAMPING RUBBER BEARING BASE ISOLATION ON STRUCTURAL PERFORMANCE

Anastasia Andriani De Rosary¹, Mohammad Erfan², Vega Aditama³

^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang, 65145, Indonesia

Email: derosarytasya@gmail.com

Received: 15 Januari 2026 Revised: 27 Juni 2026 Accepted: 30 Juni 2026 Published: 8 Agustus 2026

ABSTRAK

Gedung Penunjang PT Bank NTT merupakan bangunan perkantoran berstruktur beton bertulang di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, yang berada pada wilayah dengan tingkat aktivitas seismik relatif tinggi sehingga memerlukan sistem struktur yang mampu mereduksi respons gempa secara efektif. Penelitian ini mengkaji alternatif perencanaan struktur dengan penerapan sistem base isolation tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB) sebagai perangkat peredam gempa untuk mengurangi energi gempa yang diteruskan ke struktur atas. Analisis dilakukan menggunakan respons spektrum melalui pemodelan numerik pada perangkat lunak ETABS v22, dengan membandingkan respons struktur fixed-base dan base-isolated. Parameter evaluasi meliputi periode getar, gaya geser dasar, simpangan lateral, dan efek P-Delta. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan base isolator meningkatkan periode getar struktur dari 1,7 detik menjadi 5,028 detik serta meningkatkan gaya geser dasar dinamis pada lapisan isolator. Selain itu, simpangan lateral maksimum pada lantai atas mengalami reduksi signifikan, sementara simpangan pada lantai bawah meningkat akibat konsentrasi deformasi pada isolator. Evaluasi P-Delta menunjukkan bahwa kedua sistem memenuhi kriteria stabilitas.

Kata kunci: ETABS, Gempa, HDRB, Peredam, Struktur

ABSTRACT

The Supporting Building of PT Bank NTT is a reinforced concrete office building located in Kupang City, East Nusa Tenggara, an area with relatively high seismic activity that requires a structural system capable of effectively reducing earthquake responses. This study examines an alternative structural design through the implementation of a base isolation system using High Damping Rubber Bearing (HDRB) as a seismic energy dissipation device to reduce the transmission of earthquake forces to the superstructure. The analysis was conducted using the response spectrum method through numerical modeling in ETABS v22 software, by comparing the structural responses of fixed-base and base-isolated systems. The evaluation parameters included natural period, base shear, lateral displacement, and P-Delta effects. The analysis results indicate that the use of base isolators increases the structural natural period from 1.7 seconds to 5.028 seconds and increases the dynamic base shear at the isolation layer. In addition, the maximum lateral displacement at the upper floors is significantly reduced, while the displacement at the lower floors increases due to the concentration of deformation in the isolator. The P-Delta evaluation shows that both structural systems satisfy the stability criteria.

Keywords: Earthquake, ETABS, HDRB, Isolation, Structure

PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang berpotensi menimbulkan kerusakan berat pada infrastruktur dan bangunan, terutama di wilayah rawan gempa dengan pertumbuhan pembangunan yang pesat (Boys dan Pranata, 2026)

Gempa bumi di Indonesia sering menimbulkan kerugian material dan korban jiwa akibat keruntuhan bangunan, sehingga diperlukan konsep bangunan tahan gempa sebagai upaya mitigasi risiko (Simanjuntak, 2020).

Indonesia, khususnya wilayah timur seperti Kota Kupang, berada pada kawasan seismik aktif akibat pengaruh zona subduksi dan sistem sesar regional, sehingga bangunan di wilayah ini memiliki risiko tinggi terhadap kerusakan akibat gempa bumi. Kondisi tersebut menuntut penerapan sistem struktur yang mampu mereduksi respons seismik secara efektif, terutama pada bangunan vital. Struktur beton bertulang konvensional yang bersifat kaku umumnya hanya mengandalkan peningkatan kekuatan dan kekakuan, yang berpotensi meningkatkan percepatan lantai dan gaya internal struktur.

Seiring perkembangan teknologi, sistem proteksi gempa pada bangunan terus dikembangkan, mulai dari penggunaan dinding geser (*shear wall*), sistem *bracing*, hingga penerapan *base isolator* sebagai metode yang lebih efektif dalam mereduksi respons struktur terhadap gempa (Heru, 2023).

Base isolator ini memiliki konsep yaitu memisahkan struktur atas dengan struktur bawah yang bekerja dengan menjaga struktur di atasnya sebagai satu kesatuan, arah getaran gempa yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi *base isolator* karena *base isolator* ini sifatnya elastis, sedangkan struktur di atasnya akan bergetar

atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur (Irwansyah, 2019).

Penggunaan *base isolation* pada struktur bangunan dapat meningkatkan periode getar alami dan mengurangi respons percepatan lantai, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan performa struktur dalam menahan beban gempa (Kaplan dan Şahin, 2022).

Sistem isolasi dasar LRB dan HDRB terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja seismik gedung bertingkat tinggi. Kedua jenis isolator mampu memperpanjang periode alami struktur sehingga respons gempa yang diterima bangunan menjadi lebih kecil. Perbedaan utama keduanya terletak pada mekanisme disipasi energi, di mana LRB memanfaatkan deformasi inti timbal, sedangkan HDRB mengandalkan sifat redaman tinggi dari material karetinya (Savita C dkk., 2025).

Penerapan *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada dasar bangunan terbukti meningkatkan fleksibilitas struktur dan mengurangi respons seismik, sehingga bangunan mampu menahan getaran gempa secara aman dan efisien (Islam, 2018).

Penerapan bantalan karet redaman tinggi *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada bangunan bertingkat menunjukkan efektivitas dalam mereduksi respons seismik hingga sekitar 25%, yang ditunjukkan oleh penurunan gaya geser dasar dan peningkatan kinerja struktur secara keseluruhan (Rahardjo dkk., 2025).

Penerapan *High Damping Rubber Bearings* (HDRB) sebagai sistem isolasi dasar pada gedung Rumah Sakit Kabupaten Lombok Barat terbukti meningkatkan kinerja seismik struktur. Penggunaan HDRB meningkatkan periode alami struktur hingga sekitar 95,43% dibandingkan bangunan tanpa isolasi dasar, serta menghasilkan nilai simpangan antar lantai yang sangat kecil dan mampu

mengurangi gaya geser dasar, sehingga respons bangunan terhadap gempa menjadi lebih terkendali (Burhan, 2024).

Salah satu pengaruh utama penggunaan HDRB adalah penurunan gaya geser dasar (*base shear*) yang bekerja pada struktur. Dengan adanya mekanisme redaman yang tinggi pada material karet, energi gempa dapat diserap sehingga gaya yang diteruskan ke struktur atas menjadi lebih kecil (Tjokrohadi dkk., 2023).

Penerapan sistem *base isolation* bertujuan untuk memperpanjang periode getar alami struktur dan mengurangi respons percepatan akibat gempa, sehingga struktur bagian atas tetap berada dalam kondisi elastis dan potensi kerusakan struktural dapat ditekan (FEMA, 2006).

Berdasarkan hasil penelitian Ibrahim, dkk. (2019), dikemukakan bahwa perpindahan lantai pada gedung yang menggunakan isolator dasar dapat direduksi hingga 30%. Pengurangan gaya dalam perpindahan lantai tersebut tidak dapat dijadikan dasar untuk mengurangi kekakuan struktur gedung. Penggunaan isolasi dasar juga menunjukkan bahwa gaya gempa dapat direduksi sebesar 47%, serta sistem ini dapat memperkecil dimensi komponen struktur. Demikian pula, respons struktur lainnya akan mengalami perubahan pada bangunan yang menggunakan isolasi dasar dibandingkan dengan yang tidak (Ibrahim dkk., 2019).

Penggunaan sistem *base isolation* tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) efektif dalam meningkatkan kinerja struktur terhadap beban gempa, terutama pada bangunan dengan jumlah lantai rendah hingga menengah. Penerapan *base isolator* pada gedung 8 lantai mampu meningkatkan periode getar struktur secara signifikan dari 0,597 detik menjadi 2,096 detik atau sebesar 58%, sedangkan pada gedung 25 lantai peningkatan periode hanya sebesar 12,5%, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas *base isolator* cenderung lebih

besar pada bangunan dengan jumlah lantai yang lebih rendah. Oleh karena itu, penerapan sistem *base isolation* pada gedung 5 lantai dengan dak atap diperkirakan dapat memberikan peningkatan kinerja struktur yang lebih optimal dalam mereduksi respons gempa (Fasikhullisan, 2023).

Penggunaan HDRB dalam *base isolation* telah dibandingkan dengan sistem lain seperti *Lead-Rubber Bearings* (LRB) dan *Friction Pendulum Systems* (FPS) untuk mengevaluasi efektivitas mereka dalam mengurangi rangsangan seismik pada bangunan (Kencanawati dkk., 2023).

Negara-negara yang memiliki risiko tinggi terhadap gempa, seperti Jepang, Turki, Italia, Portugal, Amerika Serikat, Iran, China, Selandia Baru, dan Taiwan, telah banyak mengadopsi penggunaan *base isolator*. Di Indonesia, implementasi *base isolator* telah dilakukan pada beberapa bangunan penting, seperti RSUD Kota Manado dan RSUD Anutapura Palu, dengan hasil yang positif dalam meningkatkan ketahanan seismik.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan sistem isolator dasar (*base isolation*), terbukti mampu memperpanjang periode getar alami, mengurangi gaya geser dasar serta meningkatkan kinerja struktur terhadap gempa. Setiap jenis *base isolator* memiliki karakteristik dan mekanisme kerja yang berbeda dalam mereduksi respons seismik. Pemilihan tipe *base isolator* harus mempertimbangkan besarnya beban kolom, kebutuhan redaman energi, keterbatasan ruang, serta karakteristik gempa di lokasi bangunan, agar sistem isolasi yang diterapkan dapat bekerja secara optimal.

Pada penelitian ini jenis *base isolator* yang digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing* (HDRB). *High-Damping Rubber Bearing* (HDRB) merupakan perangkat isolasi seismik yang dikembangkan berbasis karet alam dengan

karakteristik kekakuan horizontal relatif rendah. Melalui rekayasa material dengan penambahan *extra fine carbon black*, minyak, atau resin, HDRB mampu menghasilkan tingkat redaman energi yang lebih tinggi dibandingkan jenis *base isolator* lainnya, yaitu berkisar antara 10–20% (Tjokrohadi dkk., 2023).

High Damping Rubber Bearing (HDRB) merupakan *base isolator* yang terbuat dari karet dengan karakteristik kekakuan elastis sekaligus redaman tinggi, sehingga mampu berfungsi sebagai pegas dan peredam energi gempa secara bersamaan. Dengan karakteristik histeresis yang relatif halus, HDRB tidak memerlukan peredam tambahan terpisah, sehingga sangat sesuai diterapkan pada bangunan dengan keterbatasan ruang konstruksi. HDRB tersedia dalam beberapa variasi modulus elastis, seperti E0.3R, E0.4S, dan X0.6R, yang memungkinkan penggunaannya pada bangunan dengan beban kolom ringan hingga bangunan bertingkat tinggi (Bridgestone, 2015).

Kajian penerapan sistem *base isolator* dengan pendekatan analisis dinamik nonlinier pada bangunan perkantoran bertingkat menengah di wilayah seismik aktif Indonesia masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa evaluasi kinerja struktur beton bertulang Gedung Penunjang PT Bank NTT di Kota Kupang dengan membandingkan sistem *fixed-base* dan *base-isolated* menggunakan analisis respons spektrum. Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh penerapan *base isolator* terhadap respons struktur, meliputi periode getar alami, gaya geser dasar, simpangan, partisipasi massa, dan efek P–Delta, sebagai kontribusi dalam pengembangan perencanaan bangunan tahan gempa di wilayah rawan seismik.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode analisis numerik komparatif untuk mengevaluasi perbedaan kinerja struktur antara struktur eksisting beton bertulang (*fixed-base*) dan struktur beton bertulang dengan sistem isolasi dasar (*base-isolated*). Objek penelitian adalah Gedung Penunjang PT Bank NTT yang terdiri dari lima lantai dan satu lantai dak atap. Pada penelitian ini, gedung dimodelkan dalam dua kondisi perencanaan, yaitu kondisi eksisting tanpa isolasi dasar dan kondisi gedung dengan penerapan *base isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB).

Perencanaan pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727:2020 untuk beban gravitasi yang meliputi beban mati dan beban hidup, sedangkan perencanaan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019. Analisis gempa pada struktur eksisting (*fixed-base*) dilakukan menggunakan metode respons spektrum untuk mengevaluasi respons dinamik global bangunan terhadap beban gempa. Demikian pula pada struktur yang menggunakan sistem isolasi dasar (*base isolator*), analisis gempa juga dilakukan dengan metode respons spektrum. Metode ini digunakan untuk membandingkan respons struktur antara kondisi tanpa isolator dan dengan isolator dasar, sehingga dapat dievaluasi pengaruh penerapan *base isolator* terhadap parameter respons struktur seperti simpangan, periode getar, dan gaya geser dasar bangunan.

Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS v22, dengan material struktur beton bertulang yang sama untuk kedua model guna memastikan hasil perbandingan yang objektif.

Tahapan analisis diawali dengan pemodelan geometri dan pendefinisian properti material struktur, dilanjutkan dengan penerapan pembebanan dan

Pengaruh Penggunaan *Base Isolation* (Rosary/hal. 1-12)

kombinasi pembebanan sesuai ketentuan peraturan. Selanjutnya, dilakukan analisis struktur untuk masing-masing kondisi guna memperoleh respons struktur. Evaluasi kinerja struktur dilakukan dengan membandingkan beberapa parameter utama, yaitu periode getar alami, partisipasi massa, gaya geser dasar (*base shear*), simpangan, serta pengaruh efek P–

Delta. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk menilai efektivitas penerapan sistem base isolator dalam meningkatkan kinerja seismik struktur beton bertulang dibandingkan dengan struktur eksisting. Berikut adalah deskripsi Gedung Penunjang PT Bank NTT 6 lantai yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Teknik Gedung Penunjang PT. Bank NTT

Deskripsi Gedung	Keterangan
Fungsi	Perkantoran
Tinggi	28 m
Mutu Beton	25 MPa
Tinggi Lantai	
Lantai 1	4,5 m
Lantai 2	4,5 m
Lantai 3	4,5 m
Lantai 4	4,5 m
Lantai 5	4,0 m
Lantai Dak	4,0 m
Dimensi Sloof dan Balok	
S1	30 x 50
SP	15 x 20
B1	30 x 50
B2	25 x 40
Dimensi Kolom	
K1	60 x 60
K2	50 x 50
K3	40 x 40
K4	30 x 50
Pelat Lantai	Tebal 125 mm

Pada tahap pemodelan, dimasukkan data pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati dan beban hidup mengacu pada data perencanaan Gedung Penunjang Bank NTT, beban gempa ditentukan berdasarkan

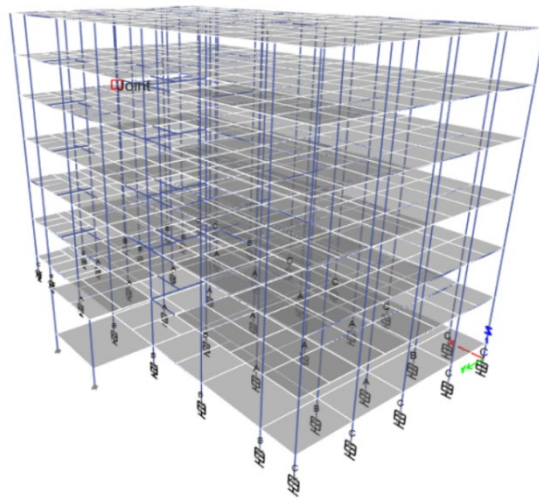
data respons spektrum. Selanjutnya, jenis perletakan struktur ditetapkan dalam pemodelan Gedung Penunjang Bank NTT, yaitu menggunakan perletakan jepit penuh. Jenis *seismic base isolator* ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. *Type Seismic Base Isolator* yang Digunakan Berdasarkan Reaksi Perletakan Gedung

<i>Type Base Isolator</i>	<i>Type HDRB</i>	<i>Rubber Code</i>	<i>Outer Diameter (mm)</i>	<i>Nominal Long Term Column Load (kN)</i>
A	MVBR-0519	X0.4S	750	3090
B	MVBR-0519	X0.4S	650	1830
C	MVBR-0519	X0.4S	600	1300

Tabel 2 menyajikan jenis *seismic base isolator* yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan besarnya reaksi perletakan gedung. Pemilihan *base isolator* dilakukan dengan mengacu pada hasil analisis beban vertikal maksimum kolom yang diperoleh dari pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS. Berdasarkan katalog *Bridgestone Seismic Isolation Product Line*, digunakan *base isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) dengan kode produk MVBR-0519 dan *rubber code* X0.4S. Variasi tipe A, B, dan

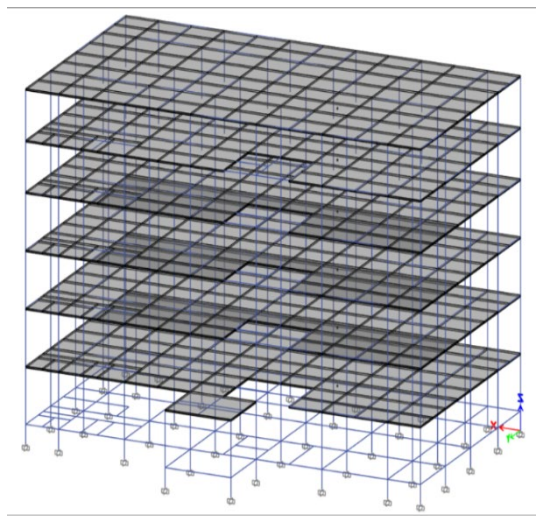
C dibedakan berdasarkan diameter luar isolator dan kapasitas *nominal long-term column load*, yaitu masing-masing 750 mm dengan kapasitas 3090 kN, 650 mm dengan kapasitas 1830 kN, serta 600 mm dengan kapasitas 1300 kN. Penentuan tipe tersebut disesuaikan dengan kebutuhan kapasitas beban pada tiap titik perletakan guna menjamin kinerja isolasi seismik yang optimal. Pemodelan 3D Gedung tanpa *base isolator* ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Model 3D Gedung Penunjang Bank NTT Tanpa *Base Isolation*

Gambar 2 menunjukkan model 3D Gedung Penunjang PT Bank NTT dengan penerapan *base isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada setiap

perletakan kolom, yang berfungsi mereduksi respons seismik dengan memusatkan deformasi pada lapisan isolasi.

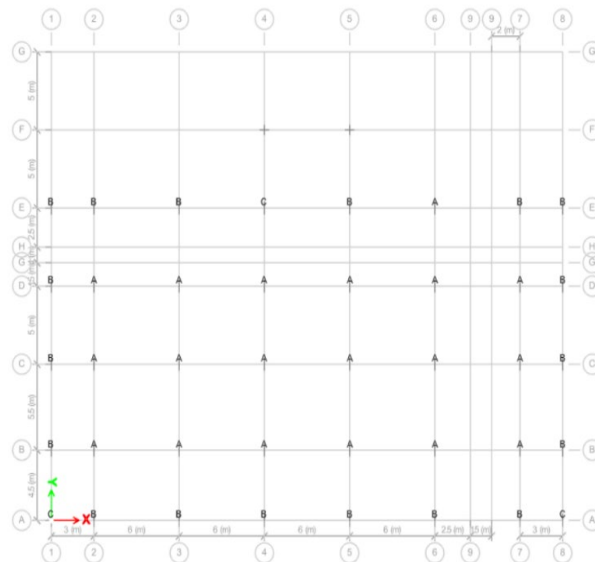


Gambar 2. Model 3D Gedung Penunjang Bank NTT dengan *Base Isolation*

Pengaruh Penggunaan *Base Isolation* (Rosary/hal. 1-12)

Gambar 3 memperlihatkan denah penempatan *base isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada setiap titik perletakan kolom sesuai dengan grid struktur bangunan. Tata letak ini

dirancang berdasarkan distribusi beban vertikal dan konfigurasi struktur, dengan tujuan memastikan kinerja sistem isolasi seismik yang efektif dan merata pada seluruh bangunan.



Gambar 3. Denah Penempatan *Base Isolator* Tipe HDRB

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan analisis terhadap struktur *fixed-base* dan struktur *base isolation*, diperoleh respons struktur berupa periode getar, gaya geser dasar, simpangan lateral, dan efek P-Delta. Perbandingan respons antara kedua sistem struktur tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan

grafik untuk memudahkan interpretasi hasil.

Tabel 3 menyajikan perbandingan periode getar struktur antara sistem *fixed-base* dan sistem *base isolation* menggunakan HDRB pada beberapa mode getar.

Tabel 3. Periode Getar

Modal	Tumpuan Jepit (detik)	HDRB (detik)
1	1,7	5,028
2	1,593	4,213
3	1,419	2,268
4	0,515	0,853
5	0,489	0,752
6	0,437	0,595
7	0,274	0,348
8	0,262	0,338
9	0,232	0,296
10	0,175	0,252
11	0,169	0,227
12	0,149	0,223

Hasil menunjukkan bahwa penerapan *base isolation system* secara signifikan meningkatkan periode getar struktur. Pada mode pertama, periode struktur meningkat dari 1,7 detik pada struktur *fixed-base* menjadi 5,028 detik pada struktur dengan HDRB, atau mengalami kenaikan sebesar 195,76%. Peningkatan periode ini

menunjukkan bahwa struktur menjadi lebih fleksibel, sehingga respons seismik yang diteruskan ke struktur atas dapat berkurang.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa, gaya geser dasar pada struktur dengan sistem HDRB meningkat dibandingkan struktur *fixed-base*.

Tabel 4. Gaya Geser Dasar

Arah	Tipe Analisis	<i>Fixed Base</i> (kN)	HDRB (kN)
X	Statis	-2559,3	-2559,3
	Dinamis	1227,58	2500,44
Y	Statis	-2259,3	-2559,3
	Dinamis	1112,98	2593,61

Peningkatan gaya geser dasar sebesar 103,7% pada arah X dan 133,1% pada arah Y. Hal ini disebabkan oleh kontribusi gaya inersia pada sistem isolasi dasar yang memusatkan respons seismik pada tingkat isolator, sehingga meskipun gaya geser dasar meningkat, respons simpangan dan

gaya internal pada superstruktur tetap lebih terkendali.

Tabel 5 menyajikan nilai simpangan lateral maksimum pada masing-masing lantai dan kecenderungan simpangan lateral struktur *fixed-base* dan HDRB sepanjang tinggi bangunan dari arah X.

Tabel 5. Simpangan Lateral Maksimum Arah X

Tinggi (mm)	<i>Fixed-Base</i> (mm)	HDRB (mm)	Perubahan (%)
4000	29,5625	166,30	-29,60
4000	50,776	161,42	-23,79
4500	85,696	152,77	-9,78
4500	91,702	137,71	21,43
4500	95,414	121,13	72,01
4500	72,666	103,42	208,57
1500	6,655	89,401	2966,76
0	0	88,195	-

Tabel 6 menyajikan nilai simpangan lateral maksimum pada masing-masing lantai dan kecenderungan simpangan lateral

struktur *fixed-base* dan HDRB sepanjang tinggi bangunan dari arah Y.

Tabel 6. Simpangan Lateral Maksimum Arah Y

Tinggi (m)	<i>Fixed-Base</i> (mm)	HDRB (mm)	Perubahan (%)
27500	32,56	84,197	-158,59
23500	57,035	81,566	-42,99

Tinggi (m)	<i>Fixed-Base</i> (mm)	HDRB (mm)	Perubahan (%)
19500	96,943	80,169	17,30
15000	104,99	76,459	27,17
10500	107,99	66,053	38,84
6000	80,053	48,833	39,36
1500	7,2985	27,205	-272,75
0	0	21,805	-

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penerapan sistem *base isolator* menyebabkan reduksi simpangan pada lantai atas hingga 29,60% di tingkat atap, sementara peningkatan simpangan terjadi pada lantai bawah akibat konsentrasi deformasi pada lapisan isolasi, yang merupakan karakteristik sistem isolasi dasar.

Penerapan sistem *base isolator* tipe HDRB menunjukkan kecenderungan reduksi simpangan lateral pada lantai atas, dengan penurunan terbesar terjadi pada tingkat menengah-atas hingga sekitar 39,36% dan 38,84%, serta reduksi yang

masih signifikan pada tingkat di atasnya. Sebaliknya, peningkatan simpangan terjadi pada lantai bawah hingga dasar struktur, yang menunjukkan bahwa deformasi gempa lebih banyak terpusat pada lapisan isolasi. Fenomena ini menegaskan karakteristik utama sistem isolasi dasar, yaitu meningkatkan fleksibilitas pada tingkat isolator sehingga respons simpangan pada superstruktur bagian atas menjadi lebih kecil.

Hasil evaluasi efek P-delta untuk arah X pada struktur *fixed-base* ditunjukkan pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. P-delta untuk Arah X pada *Fixed-Base*

No.	Story	P _x (kN)	h _{sx} (mm)	Δ _i (mm)	V _x	Θ _i	Θ _{maks}	Keterangan
1.	Atap	9196,040	27500	29,56	126,64	0,0142	0,0909	Stabil
2.	Lantai 5	19931,498	23500	50,78	323,81	0,0242	0,0909	Stabil
3.	Lantai 4	31116,455	19500	85,70	535,16	0,0465	0,0909	Stabil
4.	Lantai 3	42769,422	15000	91,70	672,05	0,0707	0,0909	Stabil
5.	Lantai 2	54319,315	10500	95,41	758,38	0,1183	0,0909	Tidak stabil
6.	Lantai 1	67192,646	6000	72,67	795,27	0,1860	0,0909	Tidak stabil
7.	Lantai Dasar	76567,623	1500	6,66	800,48	0,0771	0,0909	Stabil

Hasil evaluasi efek P-delta untuk arah Y pada struktur *fixed-base*

ditunjukkan pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. P-delta untuk Arah Y pada *Fixed-Base*

No.	Story	P _x (kN)	h _{sx} (mm)	Δ _i (mm)	V _x	Θ _i	Θ _{maks}	Keterangan
1.	Atap	9196,040	27500	32,56	422,12	0,005	0,0909	Stabil
2.	Lantai 5	19931,498	23500	57,04	422,12	0,021	0,0909	Stabil
3.	Lantai 4	31116,455	19500	96,94	1783,9	0,016	0,0909	Stabil
4.	Lantai 3	42769,422	15000	104,99	2240,2	0,024	0,0909	Stabil

No.	Story	Px (kN)	hsx (mm)	Δi (mm)	Vx	Θ_i	Θ_{maks}	Keterangan
5.	Lantai 2	54319,315	10500	107,99	2527,9	0,040	0,0909	Stabil
6.	Lantai 1	67192,646	6000	80,05	2650,9	0,061	0,0909	Stabil
7.	Lantai Dasar	76567,623	1500	7,30	2668,3	0,025	0,0909	Stabil

Hasil evaluasi efek P-delta untuk arah X pada struktur dengan *base isolator* ditunjukkan pada Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. P-delta untuk Arah X pada *Base Isolator*

No.	Story	Px (kN)	hsx (mm)	Δi (mm)	Vx	Θ_i	Θ_{maks}	Keterangan
1.	Atap	14682,295	27500	24,53	600,56	0,004	0,0909	Stabil
2.	Lantai 5	30127,124	23500	43,41	1135,3	0,009	0,0909	Stabil
3.	Lantai 4	46093,83	19500	75,65	1537,1	0,021	0,0909	Stabil
4.	Lantai 3	63068,975	15000	83,27	1832,4	0,035	0,0909	Stabil
5.	Lantai 2	79941,651	10500	88,99	2108,3	0,058	0,0909	Stabil
6.	Lantai 1	97673,782	6000	70,4	2411,6	0,086	0,0909	Stabil
7.	Lantai Dasar	110213,37	1500	6,06	2643,6	0,031	0,0909	Stabil

Hasil evaluasi efek P-delta untuk arah Y pada struktur dengan *base isolator* ditunjukkan pada Tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 10. P-delta untuk Arah Y pada *Base Isolator*

No.	Story	Px (kN)	hsx (mm)	Δi (mm)	Vx	Θ_i	Θ_{maks}	Keterangan
1.	Atap	14682,295	27500	25,83	654,96	0,004	0,0909	Stabil
2.	Lantai 5	30127,124	23500	45,26	654,96	0,016	0,0909	Stabil
3.	Lantai 4	46093,83	19500	76,78	1628,3	0,020	0,0909	Stabil
4.	Lantai 3	63068,975	15000	83,62	1877,4	0,034	0,0909	Stabil
5.	Lantai 2	79941,651	10500	84,41	2111,9	0,055	0,0909	Stabil
6.	Lantai 1	97673,782	6000	69,86	2403	0,086	0,0909	Stabil
7.	Lantai Dasar	110213,37	1500	4,86	2642,5	0,025	0,0909	Stabil

Berdasarkan hasil evaluasi efek P-Delta yang disajikan pada Tabel 7 hingga Tabel 10, diperoleh bahwa nilai koefisien stabilitas (θ) pada struktur *fixed-base* maupun struktur dengan *base isolator* berada di bawah batas maksimum yang diizinkan ($\theta_{max} = 0,0909$) pada seluruh tingkat lantai, baik untuk arah X maupun arah Y. Hal ini menunjukkan bahwa kedua sistem struktur memenuhi persyaratan stabilitas terhadap pengaruh efek P-Delta.

SIMPULAN

Hasil analisis struktur pada gedung *fixed-base* dan struktur *base isolator* menunjukkan perbedaan periode struktur, gaya geser dasar, simpangan dan P-Delta sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan *base isolator* mampu meningkatkan periode getar struktur secara signifikan, di mana periode fundamental meningkat dari 1,70 detik menjadi 5,028

detik, atau mengalami kenaikan sebesar 195,76% dibandingkan struktur *fixed-base*. Peningkatan periode ini menunjukkan bahwa struktur menjadi lebih fleksibel dan respons gempa berkurang.

Pada analisis dinamis, gaya geser dasar pada sistem HDRB meningkat sebesar 103,7% pada arah X dan 133,1% pada arah Y dibandingkan struktur *fixed-base*, namun peningkatan ini terkonsentrasi pada lapisan isolator sehingga respons seismik pada superstruktur tetap lebih kecil dan terkendali.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan sistem *base isolator* tipe HDRB menyebabkan reduksi simpangan lateral maksimum pada lantai atas bangunan. Pada arah X, reduksi simpangan mencapai 29,60%, sedangkan pada arah Y sebesar 26,92% di tingkat atap. Sebaliknya, terjadi peningkatan simpangan pada lantai bawah hingga lantai dasar, dengan kenaikan maksimum sebesar 208,57% pada arah X dan 1513,46% pada arah Y. Fenomena ini menunjukkan karakteristik sistem isolasi dasar, di mana deformasi lateral terkonsentrasi pada lapisan isolator, sehingga respons simpangan pada superstruktur menjadi lebih kecil dan terkendali.

Hasil evaluasi efek P-Delta menunjukkan bahwa struktur *fixed-base* maupun struktur dengan *base isolator* memenuhi kriteria stabilitas, dengan nilai koefisien stabilitas (θ) pada seluruh tingkat lantai berada di bawah batas maksimum yang diizinkan ($\theta_{\max} = 0,0909$) baik pada arah X maupun arah Y.

DAFTAR PUSTAKA

- Boys, M. S. H. B. dan Pranata, Y. A. (2026). Studi Komparasi Struktur Tanpa dan dengan Dinding Geser (Studi Kasus: Gedung Hotel Bertingkat Sedang). *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 21(1), 62 - 74.
- Bridgestone. (2015). *Seismic Isolation Product Line-up (Vol. 1)*. Tokyo: Bridgeston Corporation,
- Burhan, L. I. (2024). Analisa Penggunaan Base Isolation System Tipe HDRB pada Gedung Rumah Sakit Kabupaten Lombok Barat. *Journal Syntax Idea*, 6(11), 6624 - 6632.
- Fasikhullisan. (2023). Studi Perbandingan Kinerja Gedung Menggunakan Base Isolator Type High Damping Rubber Bearing (HDRB) 8 Lantai dan 25 Lantai (Studi Kasus: Rumah Susun Politeknik Pekerjaan Umum). *Universitas Islam Sultan Agung Semarang*.
- FEMA. (2006). *FEMA 451 NEHRP Recommended Provisions: Design Examples*. Washington, D. C.: The Federal Emergency Management Agency.
- Heru, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Base Isolator terhadap Perilaku Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Tinggi Akibat Beban Gempa. *Universitas Muhammadiyah Mataram*.
- Ibrahim, A., Desmaliana, E., dan Pribadi, A. (2019). Kajian Respon Bangunan Menggunakan Base Isolator pada Gedung Bertingkat Sistem Pracetak dan Sistem Cast in Situ. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 50 - 61.
- Irwansyah, M. (2019). Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Rumah Sakit yang Menggunakan Base Isolator dengan Modal Analysis (Studi Kasus: Gedung Rumah Sakit Umum Daerah Kab. Labuhan Batu Utara).

Universitas Sumatera Utara.

- Islam, A. B. M. S. (2018). Evaluation of Story Response in Seismic Prone Building Construction using High Damping Rubber Bearing. *Journal of Construction*, 17(3), 354 - 363.
- Kaplan, B. dan Şahin, F. (2022). Determination of Earthquake Behaviors of a Reinforced Concrete Building with and without Earthquake Base Isolation. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 12(4), 51 - 60.
- Kencanawati, N. N., Aprianingsih, L., Hariyadi, Ngudiyono, Mahmud, F., dan Widianty, D. (2023). Perbandingan Respon Seismik Struktur Gedung Sistem Konvensional dengan Sistem Isolasi Dasar (Studi Kasus: Gedung Tempat Evakuasi Sementara, Bangsal, Kabupaten Lombok Utara). *Spektrum Sipil*, 10(1), 49 - 60.
- Rahardjo, I. P., Tajunnisa, Y., Komara, I., Arifa, G. N., Sungkono, dan Wahyudi, D. I. (2025). Performance of High-Damping Rubber Bearings for Seismic Isolation – Case Study of Nayumi Sam Tower Malang Apartment. *IPTEK The Journal of Engineering*, 9(3), 106 – 110.
- Savita C., M., Reshma M., K., dan Madhuri, M., K. (2025). Seismic Analysis of High-rise Building using Different Base Isolators. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, 3(11), 4114-4123.
- Simanjuntak, P. (2020). Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan - CENTECH*, 1(1), 44 – 53.
- Tjokrohadi, A., Cahya, A. D. C., Ghewa, G. J. P., dan Setiadi, B. (2023). Analisis Pengaruh Penggunaan High Damping Rubber Bearing (HDRB) Terhadap Level Kinerja dengan Analisis Non-Linear Time History (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung X). *G-SMART Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang*, 7(2), 81 - 89.