

Analisis Kapasitas Kolom Dengan Penerapan Base Isolation Pada Gedung Terintegrasi Universitas Teuku Umar

Yulita Rahmi¹⁾, Nursiti Arsy²⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, Meulaboh
Email: Yulita.civil@utu.ac.id, nursitiarsy@gmail.com²

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v13i2.921>

(Received: 12 February 2023 / Revised: 14 August 2023 / Accepted: 05 September 2023)

Abstrak

Base isolation adalah alat yang disisipkan antara struktur bawah dengan struktur atas. Metode ini merupakan salah satu teknologi yang sedang dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan struktur dalam penggunaan isolator dan tanpa isolator. Sehingga mengetahui seberapa jauh isolator dapat meredam gaya gempa yang ditinjau dari gaya geser dasar, *displacement*, dan gaya dalam. Gedung yang ditinjau berlantai 4 dengan tinggi 20,95 m. Perencanaan desain gedung yaitu struktur tanpa isolator (*fixed base*) dan struktur dengan isolator (*base isolation*) menggunakan software SAP2000. Isolator yang digunakan adalah tipe *elastomeric rubber bearing*. Analisis gaya gempa menggunakan metode gempa statis dengan menggunakan respon spektrum. Berdasarkan hasil perencanaan diperoleh dimensi isolator diameter 0,85 meter. Hasil analisa menunjukkan bahwa gaya-gaya dalam dapat tereduksi seperti gaya geser 49,3%, gaya momen 4,0%, gaya aksial 43,4%. *Displacement* yang terjadi pada struktur menggunakan base isolator lebih besar dari struktur tanpa menggunakan isolator yaitu rata-rata 44,91% arah X dan 41,14% arah Y.

Kata kunci: *Kolom persegi, Perilaku struktur, Beban gempa, Base isolation*

Abstract

Base isolation is a tool that is inserted between the lower structure and the upper structure. This method is one of the technologies being developed. This study aims to determine the structure comparison in the use of isolators and without isolators. So that it knows how far the insulator can dampen the earthquake forces in terms of the base shear force, displacement, and internal force. The building under review has four story with a height of 20,95 meters. Building design planning namely structure without isolators (*fixed base*) and structure with isolators (*base isolation*) using SAP2000 software. The isolation used is the type *elastomeric rubber bearing*. Earthquake force analysis uses the static earthquake methods using a response spectrum. Based on the planning results obtained isolator dimensions of 0,850 meters. The result of the analysis show that the internal forces can be reduced by Shear forces of 49,3%, moment force of 4,0%, axial force of 43,4%. Displacement that occurs in structure using base isolation is greater than structure without using isolation namely an average of 44,91% in the x direction, and 41,14% in the y direction.

Keywords: *Square columns, Structure responses, Earthquake loads, Base isolation*

1. Latar Belakang

Aceh Barat merupakan salah satu kabupaten/kota yang terletak dibagian ujung Barat pulau Sumatra. Pada tahun 2004 Aceh mengalami gempa berkekuatan 9,3 skala richer dan berdampak stunami. Gempa bumi merupakan getaran yang timbul akibat adanya perlepasan energi dari dalam bumi secara tiba-tiba sehingga

dapat menciptakan gelombang seismic. Untuk menahan gaya gempa yang bekerja pada sistem bangunan maka diperlukan struktur bangunan yang direncanakan berdasarkan peraturan-peraturan untuk perencanaan bangunan tahan gempa (Andini et al., 2019). Berdasarkan peta gempa Indonesia wilayah Aceh digolongkan ke dalam zona gempa 5 (SNI 1726, 2019)

Pengaruh dari gempa bumi yang merusak struktur bangunan adalah struktur kolom. Kolom berfungsi sebagai elemen struktur yang menyalurkan gaya-gaya dalam dari balok dan pelat untuk diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi (Krisnamurti et al., 2013). Perbedaan bentuk penampang kolom dapat memberikan pengaruh yang berbeda pada kekuatan struktur bangunan itu sendiri. Bila aliran gaya pada bangunan itu lebih besar dari kekuatan struktur maka bangunan tersebut akan rusak (Hayati et al., 2015).

Seiring banyaknya gedung bertingkat dan beragam telah dikembangkan suatu inovasi untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan akibat gempa, dan mampu mempertahankan integritas komponen struktural dan nonstruktural (Saloma, 2015). Salah satu teknik yang digunakan dalam bangunan tahan gempa adalah sistem base isolator. Prinsip sistem ini yaitu memisahkan struktur bawah dengan struktur atas agar gempa yang diterima struktur bawah (pondasi) tidak masuk ke struktur atas bangunan (Muliadi & Afifuddin, 2014). Saat gempa terjadi, *bearing* (karet) yang digunakan akan fleksibel untuk mengurangi getaran gempa sedangkan lempengan baja digunakan untuk menambah kekakuan bantalan karet sehingga defleksi dan deformasi bangunan saat bertumpu di atas bantalan karet tidak besar (Andrian, 2017). Ada berbagai jenis base isolator, diantaranya adalah jenis High Damping Rubber Bearings (HDRB). HDRB merupakan bahan anti seismic yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan extra fine carbon block, oil atau resin, serta bahan isian lainnya sehingga meningkatkan damping antara 10% - 20% (Larasati, 2019). Saat ini system isolator dengan menggunakan bantalan karet (*elastomeric*) banyak digunakan karena bantalan karet relatif mudah diproduksi, tahan terhadap lingkungan dan tidak terpengaruh oleh waktu. Base isolator mempunyai sifat yang fleksibel terhadap gaya horisontal, dan mampu menahan berat bangunan dengan baik (Wicaksono & Wahyuni, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penggunaan base isolation berupa seismic bearing jenis high damping rubber bearing dalam meredam gaya gempa yang terjadi bila dibandingkan dengan gedung tanpa base isolation di wilayah 5 gempa. Struktur akan didesain menjadi 2 model bangunan (*fixedbase* dan *base isolation*) dengan menggunakan program Sap2000, Analisis gaya gempa menggunakan metode gempa statis dengan menggunakan respon spektrum. Hasil yang dibandingkan berupa gaya-gaya dalam, simpangan dan drift dari kedua model tersebut. *Base isolation* direkomendasikan khusus untuk bangunan dengan kategori risiko IV. Penggunaan *Base Isolator* pada gedung kuliah di Kota Meulaboh ini diharapkan dapat memperkecil pengaruh gaya gempa terhadap struktur. Dengan demikian, kerusakan struktur gedung tersebut dapat diminimalisir pada saat gempa

2. Metode Penelitian

Proses dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu: pengumpulan data gedung yang digunakan dalam perencanaan meliputi gambar eksisting dan data tanah,

Data perencanaan gedung

Nama Gedung	: Gedung Terintegrasi Universitas Teuku Umar
Fungsi	: Gedung kuliah
Lokasi	: Desa Ujong Tanah Darat, Kecamatan Meurbo
Tinggi bangunan	: 20,95 m (4 lantai)
Lebar bangunan	: 40,50 m
Struktur utama	: Beton bertulang
Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 400 Mpa



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Studi literatur dan peraturan-peraturan yang digunakan sebagai pedoman. Perencanaan dimensi elemen struktur sesuai dengan gambar eksisting berupa balok induk, balok anak, kolom, dan dimensi plat lantai sesuai dengan SNI 2847:2013.

Tabel 1 Dimensi elemen struktur

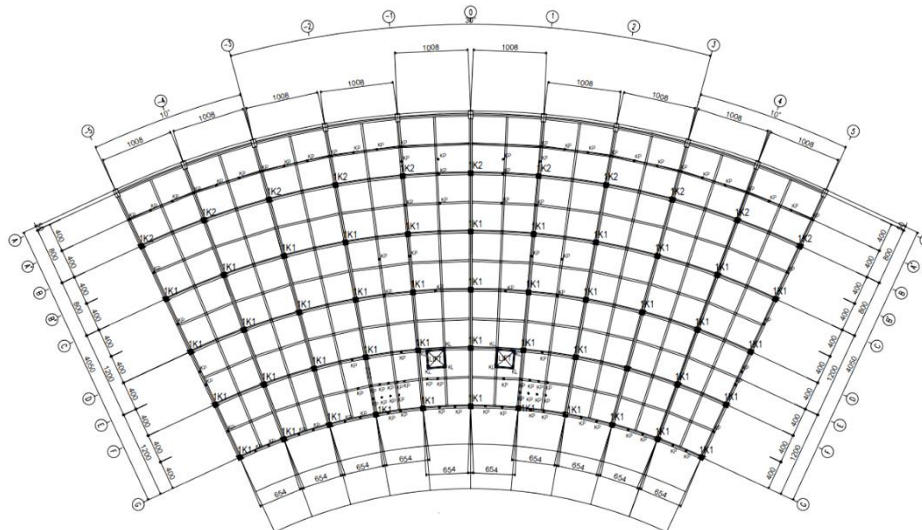
No	Notasi	Dimensi	
		h (m)	b (m)
1.	Balok induk (B1)	0,40	0,70
2.	Balok anak (B2)	0,25	0,55
3.	Kolom (K1)	0,60	0,60
4.	Kolom miring (Km)	0,60	0,80

Pembebanan struktur direncanakan menggunakan acuan beban mati, beban hidup yang ditetapkan pada peraturan pembebanan indonesia untuk gedung SNI 1727:2020. Sedangkan beban gempa direncanakan menggunakan analisis dinamik respon spektrum sesuai dengan parameter-parameter yang ada pada SNI 1726:2019. Pada tahap kontrol design perhitungan analisa dikontrol sebelum dilanjutkan pada tahap berikutnya yang kemudian akan membandingkan hasil analisis berupa nilai simpangan, drift, dan gaya-gaya dalam struktur.

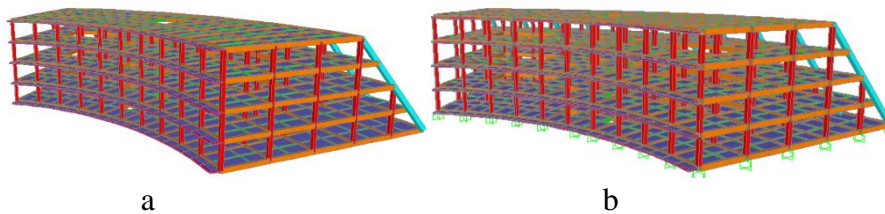
2.1 Permodelan struktur

Dalam penelitian ini struktur gedung didesain menggunakan program software SAP2000 dengan dimensi elemen sesuai gambar eksisting yang telah ada. Model Struktur didesain dengan 2 tipe, pada desain 1 struktur tanpa menggunakan

isolator (*fixed base*). Pada desain 2 struktur akan menggunakan isolator (*base isolation*) dengan jenis isolator *high damping rubber bearing*. Hasil analisis diambil dari output perangkat lunak SAP2000. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excell. Apabila struktur gedung tanpa isolator telah memenuhi kriteria desain yang disyaratkan. Maka dilakukan permodelan ke 2 yaitu gedung dengan menggunakan isolator. Gambar struktur gedung dapat dilihat pada Gambar 2. Dan gambar 3D gedung dengan dan tanpa isolator dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 2 Denah struktur Gedung



Gambar 3 struktur tanpa isolator (a), struktur dengan isolator (b)

2.2 Pemilihan base isolator yang digunakan

Berikut Langkah-langkah yang dijadikan dasar dalam memilih jenis base isolator yang akan digunakan (Ismail, 2012)

1. Menentukan gaya aksial bangunan dari struktur untuk masing-masing kolom berdasarkan beban yang telah direncanakan.
2. menentukan tipe seismic base isolator yang akan digunakan berdasarkan gaya aksial tiap kolom.

Untuk mendesain base isolator yang akan digunakan pada struktur dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut (Naeim & Kelly, 1999)

Simpangan rencana

$$DD = \frac{g \times SM1 \times T}{4\pi^2 \times BD} \quad (1)$$

Keterangan:

D_D = simpangan rencana

S^{M1} = Parameter percepatan spektrum pada periode 1 detik

T = periode

B_D = koefisien pereduksi.

Kekakuan horizontal struktur

$$K_H = \frac{W}{g} \times \frac{(2\pi)^2}{T^2} \quad (2)$$

Keterangan

K^H = kekakuan horizontal struktur.

W = berat per struktur kolom.

T = periode getar rencana.

G = percepatan gravitasi

Perhitungan ketebalan karet dan tebal base isolator

$$S = \frac{1 \times f \times v}{\sqrt{6} \times fh} \quad (3)$$

$$t = \frac{\varphi \times RB}{4 \times S} \quad (4)$$

$$n = \frac{tr}{t} \quad (5)$$

Keterangan:

tr = total ketebalan karet

D_D = simpangan rencana

γ = *shear strain* karet (dalam persen)

t = ketebalan 1 karetnya

n = jumlah lapisan karet

S = shape factor

Diameter HDRB

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (6)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad (7)$$

Keterangan:

A = luasan elastomer.

D = diameter elastomer.

Estimasi luasan HDRB

$$K_H = \frac{(G \times A)}{tr} \quad (8)$$

$$A = \frac{W \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \times tr}{G \times A} \quad (9)$$

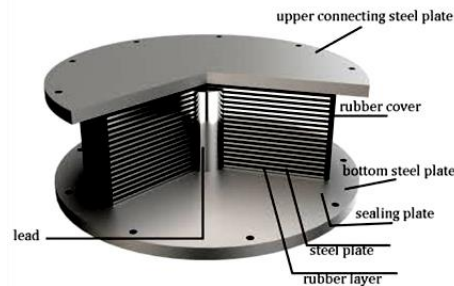
Keterangan:

K_H = kekakuan struktur.

G = modulus geser dari elastomer.

A = luasan elastomer.

Tr = ketebalan total dari elastomer.



Gambar 4 High damping rubber bearing

Dapat dilihat pada Gambar 4 gambar tersebut merupakan ilustrasi jenis HDRB (High Damping Rubber Bearing) yang menunjukkan komponen-komponen yang ada di bagian base isolator jenis HDRB seperti *flange* yang diletakkan bagian atas dan bawah karet senyawa. *cover rubber* merupakan penutup karet yang berada di tengah yang fungsinya meredam getaran. Dan *steel plate* merupakan pelat baja tulangan untuk menguatkan base isolator (Cahyani & Sitanggang, 2021).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Struktur tanpa isolator (fixedbase)

Dalam perancangan bangunan fixed base, struktur bangunan dapat dikatakan baik dan layak digunakan ketika struktur tersebut mampu memenuhi parameter kekuatan dan kekakuan setelah menerima beban yang disyaratkan (Fakrunnisa, 2020). Berdasarkan hasil analisis struktur nilai gaya dalam dan gaya dasar yang terjadi pada struktur kolom tanpa isolator (fixedbase) disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Gaya dalam maks *fixedbase* pada kolom

Gaya aksial (Kn)	6198,829
Gaya geser (Kn)	475,530
momen (Kn)	889,610

Tabel 3 Gaya geser dasar

0,85 V _{statik}		V _{dinamik}	
Arah X (Kn)	Arah Y (Kn)	Arah X (Kn)	Arah Y (Kn)
8348,41	8348,41	8702,6	9868,40

Dari hasil perhitungan pada Tabel 3 terlihat gaya geser statik lebih kecil dari gaya geser dinamik, dimana nilai V_{statik} yang didapat telah memenuhi persyaratan yaitu V_{dinamik} > 85% V_{statik}.

Tabel 4 Simpangan arah x

Struktur	Lantai	H (m)	Δe (mm)	δ _{xe} (mm)	δ _x (mm)	Δ ijin (mm)	ket
Kolom persegi	atap	4.2	27,83	3,83	14,07	42	ok
	4	4.2	23,99	7,10	26,04	42	ok
	3	4.2	16,89	9,16	33,59	42	ok
	2	4.2	7,72	7,72	28,33	42	ok
	1	4.15	0,00	0,00	0,00	41.5	ok

Tabel 5 Simpangan arah y

Struktur	Lantai	H (m)	δ_e (mm)	δ_{ye} (mm)	δ_y (mm)	Δ ijin (mm)	ket
Kolom persegi	atap	4.2	27,93	3,59	13,19	42	ok
	4	4.2	24,33	7,07	25,94	42	ok
	3	4.2	17,25	10,33	37,88	42	ok
	2	4.2	6,92	6,92	25,38	42	ok
	1	4.15	0,00	0,00	0,00	41.5	ok

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4 dan Tabel 5 nilai simpangan maks pada struktur tanpa menggunakan isolator (fixedbase) terjadi pada lantai 3 arah x sebesar 33,59 mm dan 37,88 mm arah y. Selain simpangan yang terjadi tidak ada yang melebihi dari simpangan ijinnya masing-masing (Δ_{ijin}).

3.2 Struktur dengan isolator (base isolation)

Konsep bangunan struktur dengan base isolation adalah untuk menjaga struktur untuk tetap bersifat elastik ketika gempa yang kuat terjadi (Budiono & Setiawan, 2014). Setelah perencanaan struktur gedung tanpa isolator (fixed base) selesai dan didapatkan dimensi isolator yang cocok untuk bangunan maka struktur dimodelkan menggunakan isolator. Kemudian dilihat pengaruh penggunaan seismic base isolation system terhadap struktur bangunan. (Ismail, 2012). Berdasarkan hasil analisis yang terjadi pada struktur dengan menggunakan isolator (base isolation) berupa gaya dalam dan simpangan seperti pada Tabel 6 - Tabel 9.

Tabel 6 Gaya dalam maks *isolation* pada kolom

Gaya aksial (Kn)	8888,15
Gaya geser (Kn)	241,11
momen (Kn)	854,04

Tabel 7 Gaya geser dasar

0,85 V_{statik}		$V_{dinamik}$	
Arah X (Kn)	Arah Y (Kn)	Arah X (Kn)	Arah Y (Kn)
6137,47	6137,47	7002,22	7639,93

Dari hasil perhitungan pada Tabel 7 terlihat gaya geser statik lebih kecil dari gaya geser dinamik, di mana nilai V_{statik} yang didapat telah memenuhi persyaratan yaitu $V_{dinamik} > 85\% V_{statik}$.

Tabel 8 Simpangan arah x

Struktur	Lantai	H (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	ket
Kolom persegi	atap	4,2	23,82	2,03	2,71	63	ok
	4	4,2	21,78	3,13	4,18	63	ok
	3	4,2	18,65	3,92	5,22	63	ok
	2	4,2	14,72	6,02	8,03	63	ok
	1	4,15	8,70	0,00	0,00	62	ok

Tabel 9 Simpangan arah y

Struktur	Lantai	H (m)	Δe (mm)	δy_e (mm)	δy (mm)	Δ ijin (mm)	ket
Kolom persegi	atap	4,2	22,31	2,82	3,76	63	ok
	4	4,2	19,48	3,85	5,13	63	ok
	3	4,2	15,63	4,81	6,41	63	ok
	2	4,2	10,82	6,15	8,20	63	ok
	1	4,15	4,66	0,00	0,00	62	ok

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 8 dan Tabel 9 nilai batas layan simpangan maks pada struktur dengan menggunakan isolator (base isolation) terjadi pada lantai 2 arah x sebesar 8,03 mm dan 8,20 mm arah y. Selain itu simpangan yang terjadi tidak ada yang melebihi dari simpangan ijinnya masing-masing (Δ_{ijin}).

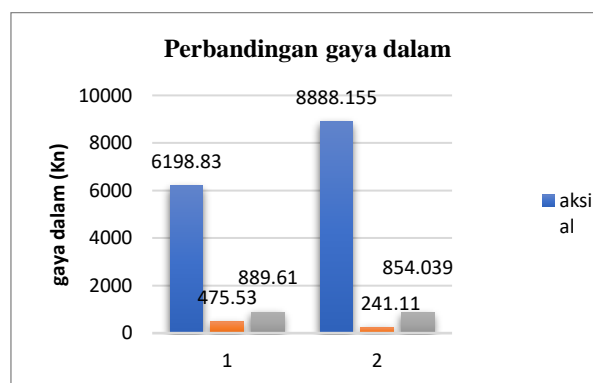
3.3 Hasil Perbandingan Struktur Fixedbase dan Struktur Base Isolator

Berdasarkan hasil didesain diatas selanjutnya akan dibandingkan hasil dari kedua struktur tersebut, di mana perencanaan yang menggunakan sistem base ini dapat mereduksi gaya gempa yang terjadi pada struktur. (Rahmawati et al., 2019) Hasil perbandingan analisis dan grafik dari kedua struktur meliputi gaya-gaya dalam, displacement, dan story drift yang dapat dilihat pada Tabel 10.

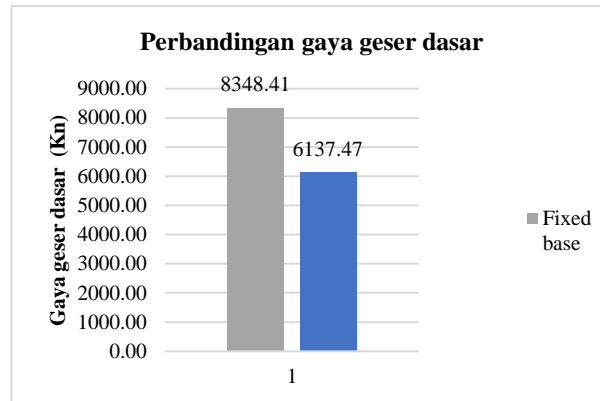
Tabel 10 Perbandingan gaya dalam struktur

Gaya dalam	Fixed base (Kn)	Base isolation (Kn)
Gaya aksial	6198,829	8888,15
Gaya geser	475,530	241,11
Momen	889,610	854,04
Gaya geser dasar	8348,41	6137,47

Berdasarkan hasil tersebut jika dipersentasekan besarnya reduksi yang terjadi pada struktur tanpa dan dengan isolator mengasilkan rata-rata sebesar 43,4% gaya aksial, 49,3% gaya geser, 4,0% momen, dan 26,48% gaya geser dasar.



Gambar 5 Struktur tanpa isolator (1) dengan isolator (2)



Gambar 6 Perbandingan gaya geser dasar

Perbandingan nilai simpangan (displacement) pada struktur tanpa isolator dan dengan isolator dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12

Tabel 11 Perbandingan displacement arah x

Lantai	Fixed base (mm)	Base isolator (mm)	Peningkatan (%)
Atap	27,83	23,82	14,39
4	23,99	21,78	9,18
3	16,89	18,65	10,41
2	7,72	14,72	90,58
1	0,00	8,70	100
Rata-rata			44,91

Tabel 12 Perbandingan displacement arah y

Lantai	Fixedbase (mm)	Base isolator (mm)	Peningkatan (%)
Atap	27,93	22,31	20,13
4	24,33	19,48	19,92
3	17,25	15,63	9,41
2	6,92	10,82	56,26
1	0,00	4,66	100
Rata-rata			41,14

Berdasarkan hasil dari Tabel 11 dan Tabel 12 terlihat nilai displacement pada struktur dengan menggunakan isolator lebih besar dari struktur tanpa isolator. Displacement terbesar pada struktur tanpa isolator sebesar 27,83 mm arah x, 27,93 mm arah y . dan displacement terbesar pada struktur dengan menggunakan isolator sebesar 23,82 mm arah x, 22,31 mm arah y yang sama-sama terjadi pada lantai atap. Perbandingan displacement dari kedua struktur tersebut mengalami reduksi rata-rata sebesar 44,91% arah X, dan 41,14% arah Y.

Dari hasil displacement yang terjadi pada setiap lantai struktur maka dapat diketahui nilai story drift. perbandingan nilai drift pada struktur tanpa isolator dan dengan isolator dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

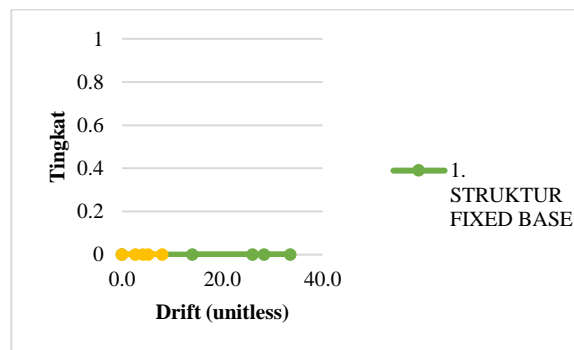
Tabel 13 Perbandingan story drift arah x

Lantai	Fixedbase (mm)	Base isolator (mm)	Peningkatan (%)
Atap	14,07	2,71	80,71
4	26,04	4,18	83,92
3	33,59	5,22	84,43
2	28,33	8,03	71,63
1	0,0	0,0	0,0
Rata-rata		64,14	

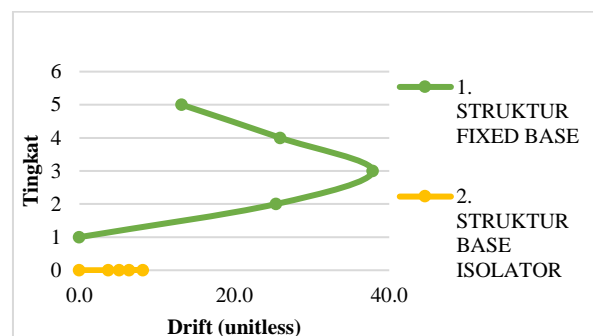
Tabel 14 Perbandingan story drift arah y

Lantai	Fixedbase (mm)	Base isolator (mm)	Peningkatan (%)
Atap	13,19	3,76	71,46
4	25,94	5,13	80,19
3	37,88	6,41	83,06
2	25,39	8,20	67,69
1	0,0	0,0	0,0
Rata-rata		60,48	

Berdasarkan hasil tabel 13 dan table 14 diketahui bahwa nilai drift maksimum pada struktur tanpa isolator terjadi pada lantai 3 sebesar 33,59 mm arah x dan 37,88 mm arah y. Sedangkan pada struktur dengan menggunakan isolator nilai maksimum drift diperoleh sebesar 8,03 mm arah x dan 8,20 mm arah y. Selisih dari keduanya rata2 sebesar 64,14% arah X dan 60,48% arah Y.



Gambar 7 Perbandingan Drift Arah x



Gambar 8 Perbandingan Drift Arah y

Sehingga berdasarkan hasil perbandingan grafik di atas maka dapat terlihat bahwa perbandingan struktur fixed base memiliki nilai story drift yang rata-rata lebih besar dibandingkan struktur dengan base isolation.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dengan membandingkan hasil analisis perhitungan perencanaan struktur yang menggunakan base isolator dengan struktur tanpa base isolator dapat disimpulkan bahwa: Penggunaan isolator pada struktur dapat meredam gaya gempa yang terjadi sehingga gaya-gaya dalam struktur seperti gaya aksial tereduksi sebesar 43,4% Gaya geser 49,3% momen 4,0% dan gaya geser dasar 26,48%. Simpangan maks yang terjadi pada struktur tanpa isolator: 27,83 mm arah x, 27,93 arah y. pada struktur dengan isolator: 23,82 mm arah x, 22,31 mm arah y. dengan batas syarat layan lebih kecil dari batas ultimit yang diizinkan. Perbandingan story Drift yang terjadi pada struktur dengan menggunakan isolator lebih kecil dari struktur yang tanpa menggunakan isolator. Simpangan drift maksimum yang terjadi sebesar dapat tereduksi sebesar 64,14% arah X. pada arah Y dapat tereduksi rata-rata sebesar 60,48%.

4.2 Saran

Ada pun saran yang diberikan untuk perancangan selanjutnya adalah: Perlu dilakukan penelitian mengenai kinerja struktur gedung dari pengaruh penggunaan isolator pada jenis penampang kolom. Perlu dilakukan analisis yang mendalam tentang pengaruh jarak penempatan base isolator agar mengetahui lebih detail dari penggunaan isolator didaerah yang rawan gempa.

Daftar Kepustakaan

- Andini, N. D., Yusdinar, H., & Nugraha, N. (2019). analisis perencanaan bangunan tahan gempa pada gedung sekolah pondok pesantren al-kamil kabupaten cianjur. *Jurnal Prosiding Semnastera*.
- Andrian, W., Faimun, & Wahyuni, E. (2017). Evaluasi Kinerja Gedung Menggunakan Base Isolation Tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB) Pada Modifikasi Gedung J-Tos Jogjakarta Dengan Perencanaan Analisis Pushover. *Jurnal Teknik*, 6(2), C624–C629.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727)*.
- Badan Standardisasi Nasional, S. 1726. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung (SNI 1726)*.
- Badan Standardisasi Nasional, S. 2847. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Badan Standardisasi Nasional (SNI 2847)*. www.bsn.go.id
- Bridgestone seismic isolation product. (2017). *Seismic Isolation Product Line-up High Damping Rubber Bearing Lead Rubber Bearing Natural Rubber Bearing Elastic Sliding Bearing*. https://www.bridgestone.com/products/diversified/antiseismic_rubber/pdf/catalog_201710.pdf

- Budiono, B., & Setiawan, A. (2014). Studi Komparasi Sistem Isolasi Dasar High-Damping Rubber Bearing dan Friction Pendulum System pada Bangunan Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, 21(3).
- Cahyani, R. O., & Sitanggung, A. N. (2021). Efek Penggunaan Base Isolator Terhadap Periode Natural Bangunan Gedung Bertingkat Yang Tereksitasi Oleh Gempa. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 2(2).
- Fakrunnisa, I. A. (2020). Perancangan Gedung 8 Lantai Dengan Menggunakan Base Isolator Tipe High Damping Rubber Bearing Dan Lead Rubber Bearing. Universitas Pertamina.
- Hayati, B., Hanwar, S., & Khadavi, D. (2015). Perencanaan Dimensi Base Isolator Tipe Elastomeric Rubber Bearing Untuk Rumah Sakit Umum Daerah Di Kota Padang. <https://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/jftsp/article/view/5556>
- 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.
- Ismail, F. A. (2012). Pengaruh Penggunaan Seismic Base Isolation System Terhadap Respons Struktur Gedung Hotel Ibis Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 45–60.
- Krisnamurti, Wiswamitra, K. A., & Kriswardhana, W. (2013). Pengaruh Variasi Bentuk Penampang Kolom Terhadap Perilaku Elemen Struktur Akibat Beban Gempa. *Rekayasa Sipil*, 7(1), 13–27.
- Larasati, D. F. (2019). Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (Fik) Universitas Negeri Malang (Um) Dengan Menggunakan Metode Base Isolation High Damping Rubber Bearing (HDRB). Institut Teknologi Sepuluh November.
- Muliadi, & Afifuddin, M. B. A. B. T. (2014). Analisis Respon Bangunan Menggunakan Base Isolator Sebagai Pereduksi Beban Gempa Di Wilayah Gempa Kuat. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 109.
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*.
- Rahmawati, D., Sulardi, & Basri, H. (2019). Sistem Kontrol Base Isolation Untuk Perencanaan Gedung Tahan Gempa. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 6(1), 19–27.
- Saloma. (2015). Analisis Struktur Rangka Baja Menggunakan Base Isolation Dengan Time History Analysis. *Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 20–26. <http://cantilever.unsri.ac.id>
- Wicaksono, A. D., & Wahyuni, E. (2017). Modifikasi Perencanaan Gedung RSUD Koja Jakarta Menggunakan Struktur Komposit Baja- Beton dengan Base Isolator: High Damping Rubber Bearing. *Teknik ITS*, 6(2), D99-G103.