

Pengaruh Model Perletakan Struktur Rangka Baja Sistem B्रेसing Akibat Beban Gempa

Bartholomeus¹, Humisar Pasaribu²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas HKBP Nommensen
Email: bartholomeus@uhn.ac.id; humisar.pasaribu@uhn.ac.id

ABSTRAK

Sistem struktur rangka baja bresing konsentris dan eksentris merupakan sistem struktur konstruksi yang termasuk dalam struktur yang tahan terhadap beban gempa. Pada penelitian ini, masing-masing sistem struktur rangka baja bresing konsentris dan eksentris tersebut dianalisis dengan model perletakan yang berbeda-beda mulai dari struktur dengan perletakan sendi, jepit, dan struktur yang menggunakan *base isolator*. Model struktur juga divariasikan dengan jumlah tingkat yang berbeda yaitu tingkat 3, 4, dan 5, namun dimensi lebar dan panjangnya dibuat sama. Tahap awal yang dilakukan pada penelitian adalah melakukan *preliminary design* dan pemodelan struktur. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan data gempa riwayat waktu di permukaan. Setelah itu, dilanjutkan dengan penentuan parameter *base isolator* struktur, dan kemudian melakukan analisis struktur. Hasil analisis struktur menunjukkan kenaikan rata-rata periode Struktur Rangka B्रेसing Konsentris (SRBK) dari perletakan sendi dan jepit masing-masing adalah sebesar 2,20 dan 2,32 kali jika menggunakan perletakan *base isolator*. Sedangkan kenaikan rata-rata periode Struktur Rangka B्रेसing Eksentris (SRBE) dengan perletakan sendi dan jepit masing-masing adalah sebesar 2,07 dan 2,20 kali jika menggunakan perletakan *base isolator*. Selain itu, penggunaan *base isolator* pada struktur SRBK dan SRBE dengan jumlah tingkat dan periode struktur yang lebih tinggi akan membuat struktur akan cenderung lebih fleksibel dan belum tentu membuat struktur SRBK dan SRBE tahan gempa, namun dapat mengontrol struktur tersebut sehingga terhindar dari periode struktur dalam kondisi resonansi yang berbahaya.

Kata Kunci: *rangka baja, bresing konsentris dan eksentris, base isolator, beban gempa.*

ABSTRACT

The concentric and eccentric braced steel frame structural system is a construction structural system that is included in structures that are resistant to earthquake loads. In this research, each concentric and eccentric braced steel frame structural system was analyzed using different restraint models starting from structures with pinned restraint, fixed restraint, and structures using base isolators. The structural model is also varied with different levels, namely levels 3, 4, and 5, but the dimensions of width and length are the same. The initial stage carried out in the research was conducting preliminary design and structural modeling. Then proceed with determining the time history of earthquake data on the surface. After that, proceed with determining the base insulator structural parameters, and then carry out structural analysis. The results of the structural analysis show that the average increase in the period of the concentric braced frame structure (SRBK) from the pinned restraint and fixed restraint is 2.20 and 2.32 times respectively when using the base isolator. While, the average increase in the period of the eccentrically braced frame structure (SRBE) with the pinned restraint and fixed restraint is 2.07 and 2.20 times respectively when using the base isolator. Apart from that, the use of base isolators in SRBK and SRBE structures with a higher number of levels and structural periods will make the structure more flexible and will not necessarily make the SRBK and SRBE structures earthquake resistant, but can control the structure so that it avoids periods of the structure being in dangerous resonance conditions.

Keywords: *steel frame; concentric and eccentric braced, base isolator, earthquake loads.*

Submitted: 04 Jan 2024	Reviewed: 15 Feb 2024	Revised 22 Feb 2024	Published: 01 August 2024
----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------

PENDAHULUAN

Pengembangan sebuah kawasan sebagai bagian dari proyek strategis tentunya akan mengundang pembangunan konstruksi di wilayah tersebut dan konstruksi tersebut harus direncanakan tahan terhadap potensi bahaya dari beban-beban lingkungan yang bekerja seperti beban angin dan beban gempa. Perencanaan konstruksi pada area

yang berpotensi bahaya seperti ini memerlukan perencanaan yang menghasilkan konstruksi aman, nyaman, bernilai ekonomis, dan sesuai dengan fungsinya. Berdasarkan Taveriyanto (2011), apabila sesuatu gedung semakin tinggi, respon struktur terhadap beban lateral (baik akibat gempa maupun beban angin) menjadi sangat penting.

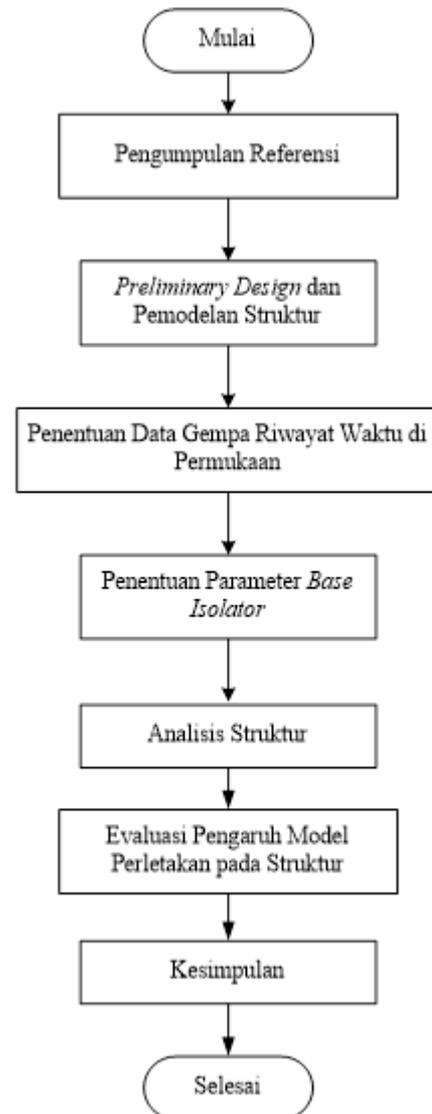
Dengan demikian, pada perencanaan konstruksi yang tahan gempa, sistem struktur yang mampu menahan beban gempa merupakan hal yang perlu untuk diperhatikan.

Penelitian ini difokuskan pada konstruksi dengan sistem struktur baja yang mampu menahan beban gempa tersebut. Sistem struktur baja yang ditinjau dalam penelitian ini adalah sistem struktur rangka bresing konsentris (SRBK) dan struktur rangka bresing eksentris (SRBE). Menurut Panjaitan dkk. (2018) elemen bresing berperilaku sebagai rangka batang yaitu hanya menerima gaya tarik atau tekan. Pada penelitian ini, masing-masing sistem SRBK dan SRBE tersebut dianalisis dengan model perletakan yang berbeda-beda mulai dari struktur dengan perletakan sendi, jepit, dan struktur yang menggunakan *base isolator*. Menurut Yusmar dkk. (2022), *base isolator* merupakan suatu elemen fleksibel yang ditempatkan pada dasar bangunan yang mampu secara signifikan memperbesar nilai periode alami serta redaman struktur. Beberapa penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa penggunaan *base isolator* di dasar struktur akan menyebabkan adanya peningkatan periode natural struktur dan adanya reduksi perpindahan struktur dibandingkan dengan struktur dengan perletakan jepit. Berdasarkan Cahyani & Sitanggang (2021), hasil peningkatan periode alami struktur diperoleh sebesar 1,59 sampai dengan 1,63 kali dan penurunan perpindahan struktur sebesar 41% sampai dengan 66%. Selain itu, Sukirno & Wijanto (2019) memperoleh hasil peningkatan periode struktur sebesar 119,26% dan penurunan total perpindahan pada atap sebesar 37,91% serta penurunan simpangan antar lantai sebesar 71,13%. Namun, Zahura dkk. (2016) yang menganalisis struktur rangka baja dan rangka baja bresing menyatakan bahwa *base isolator* tidak membuat struktur bangunan tahan gempa, tetapi dapat membuat struktur lebih fleksibel untuk mengontrol frekuensinya dari rentang resonansi yang berbahaya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh pengaruh dari beberapa model perletakan struktur yaitu perletakan jepit, sendi, dan *base isolator* pada struktur rangka baja dengan sistem bresing konsentrik dan eksentris yang diberi beban gempa sebagai beban lateral pada struktur. Untuk mendapatkan perbandingan hasil, struktur dimodelkan dengan variasi jumlah tingkat yang berbeda yaitu tingkat 3, 4, dan 5, namun dimensi lebar dan panjangnya dibuat sama. Pengaruh yang ditinjau pada struktur ini adalah dari segi besarnya periode struktur dan deformasi lateral struktur sistem SRBK dan SRBE.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan *preliminary design* untuk mendapatkan dimensi elemen struktur yang digunakan pada pemodelan struktur. Struktur dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi (3D) yang terdiri dari struktur baja dengan tipe bresing SRBK dan SRBE. Masing-masing tipe struktur akan dimodelkan dengan variasi tingkat 3, 4, dan 5 serta masing-masing variasi tingkat tersebut dimodelkan dengan jenis perletakan yang berbeda yaitu dengan perletakan sendi, jepit, dan *base isolator*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sehingga total jumlah model struktur keseluruhan terdiri dari 18 model. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan data gempa riwayat waktu di permukaan untuk digunakan sebagai beban gempa pada struktur. Setelah itu, parameter *base isolator* ditentukan dan dilanjutkan dengan analisis struktur dengan bantuan Program Analisis Struktur. Hasil analisis struktur kemudian dievaluasi sehingga akan diperoleh bagaimana pengaruh model perletakan yang berbeda terhadap struktur rangka baja tersebut seperti besarnya periode struktur dan

deformasi atau perpindahan lateral yang diperoleh dari masing-masing variasi struktur yang dianalisis. Gambar 1 di atas merupakan diagram alir yang menggambarkan proses pengerjaan penelitian ini.

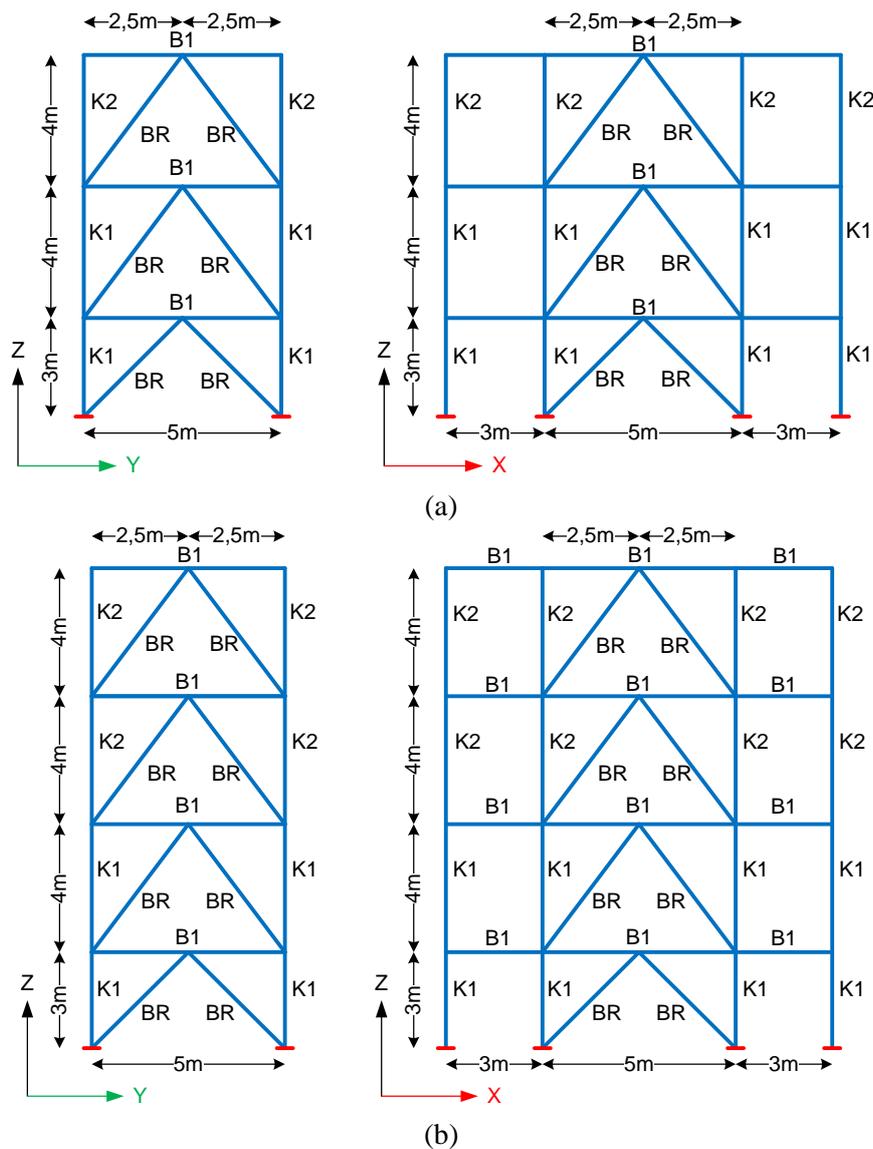
Pemodelan Struktur

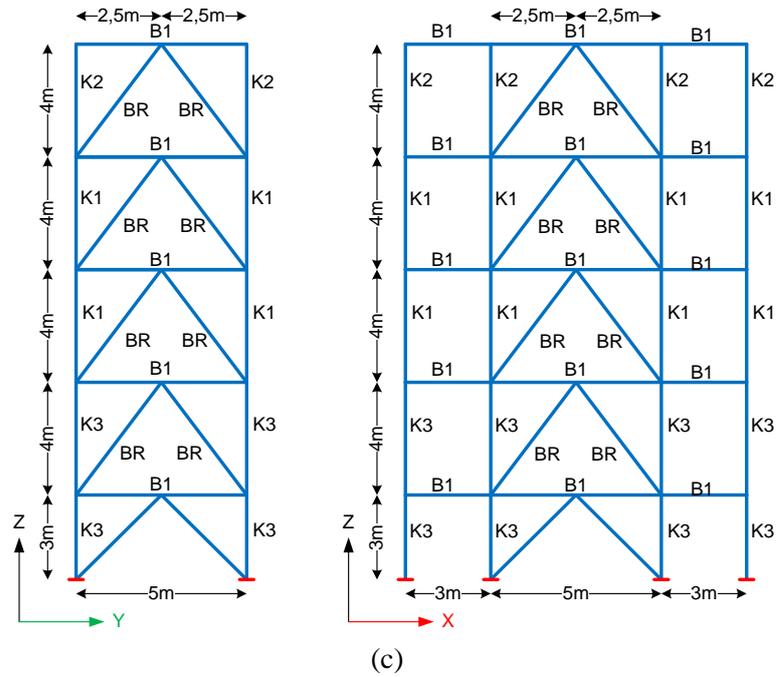
Struktur rangka bresing yang dianalisis pada penelitian ini adalah sistem struktur baja SRBK dan SRBE yang terdiri dari 18 model, dengan variasi tingkat 3, 4, dan 5 serta masing-masing variasi tingkat tersebut dimodelkan dengan jenis perletakan yang berbeda yaitu dengan perletakan sendi, jepit, dan *base isolator*. Pemodelan dilakukan dalam bentuk 3 Dimensi dengan

menggunakan Program Analisis Struktur. Dari hasil *preliminary design*, diperoleh profil baja yang digunakan pada elemen struktur sebagai berikut.

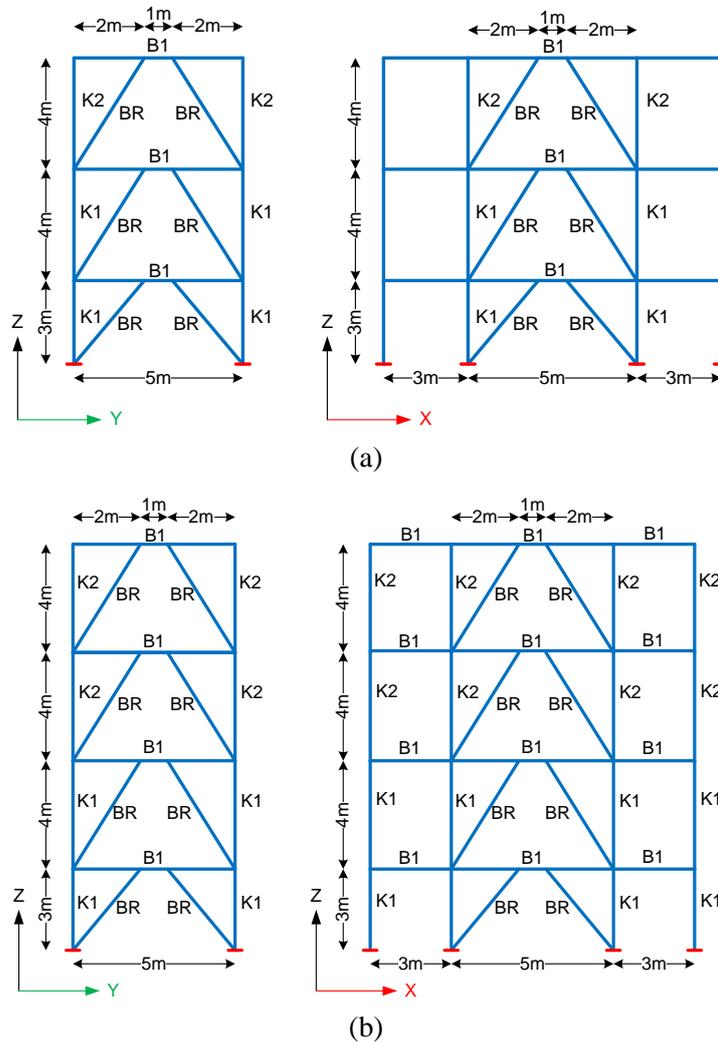
- Kolom K1 = H250x250x11x11
- Kolom K2 = H200x200x12x12
- Kolom K3 = H300x300x12x12
- Balok B1 = I250x175x7x11
- Bresing BR = T200x150x6x9

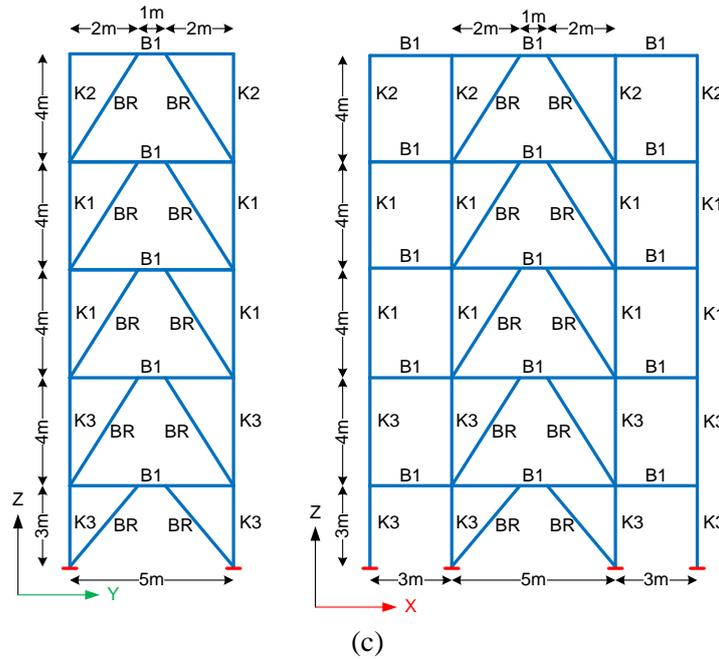
Sketsa tipikal dari masing-masing model struktur rangka baja SRBK dan SRBE untuk variasi tingkat 3, 4, dan 5 yang dianalisis ditunjukkan pada gambar di bawah ini.





Gambar 2. Sketsa Model Struktur Rangka B्रेसing Konsentris (a) Struktur 3 Lantai Tampak dalam Arah Sumbu X dan Y; (b) Struktur 4 Lantai Tampak dalam Arah Sumbu X dan Y; (c) Struktur 5 Lantai Tampak dalam Arah Sumbu X dan Y

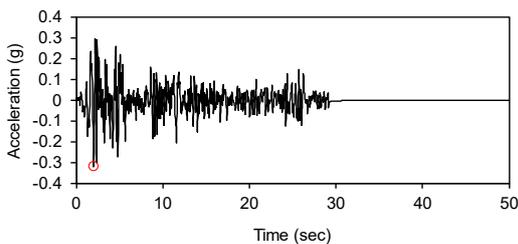




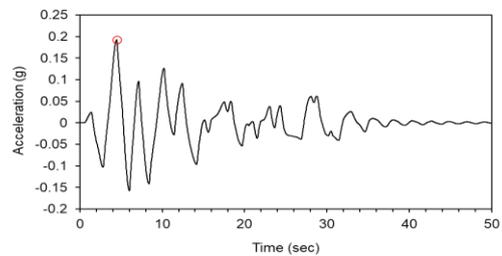
Gambar 3. Sketsa Model Struktur Rangka B्रेसing Eksentris (a) Struktur 3 Lantai Tampak dalam Arah Sumbu X dan Y; (b) Struktur 4 Lantai Tampak dalam Arah Sumbu X dan Y; (c) Struktur 5 Lantai Tampak dalam Arah Sumbu X dan Y

Penentuan Beban Gempa

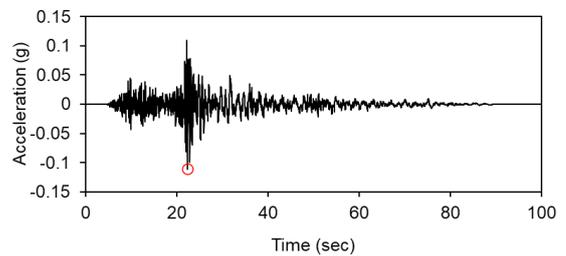
Dalam SNI 1726:2019 Pasal 12 dinyatakan bahwa prosedur riwayat respons boleh digunakan untuk perencanaan semua struktur dengan isolasi seismik dan harus digunakan untuk perencanaan semua struktur dengan isolasi seismik yang tidak memenuhi kriteria dalam Pasal 12 (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Sehingga analisis beban gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis non-linier riwayat waktu (*Non-Linier Time History Analysis*). Beban gempa yang digunakan adalah beban gempa dengan data gempa riwayat waktu percepatan El Centro 1940 dan KOCAELI/ATS-UP. Data percepatan ini kemudian dirambatkan ke permukaan agar dapat digunakan sebagai input riwayat waktu (*time history*) pada analisis struktur. Untuk merambatkan percepatan gempa dari batuan dasar ke permukaan, digunakan program NERA (*Nonlinier Earthquake site Respons Analyses*).



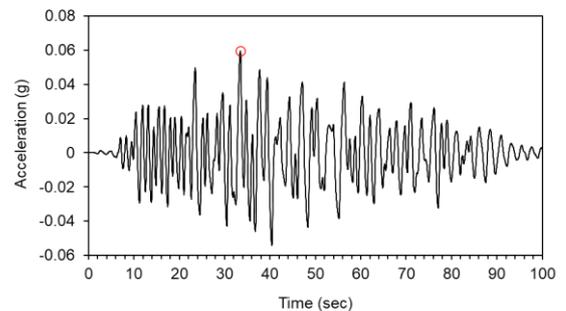
Gambar 4. Data Riwayat Waktu El Centro 1940 di Batuan Dasar



Gambar 5. Data Riwayat Waktu El Centro 1940 di Permukaan



Gambar 6. Data Riwayat Waktu KOCAELI/ATS-UP di Batuan Dasar



Gambar 7. Data Riwayat Waktu KOCAELI/ATS-UP di Permukaan

Gambar 4 dan 5 masing-masing merupakan data riwayat waktu El Centro 1940 yang terdapat di batuan dasar dan data riwayat waktu hasil perambatan percepatan gempa dari batuan dasar ke permukaan. Sedangkan Gambar 6 dan 7 masing-masing merupakan data riwayat waktu KOCAELI/ATS-UP yang terdapat di batuan dasar dan data riwayat waktu hasil perambatan

percepatan gempa dari batuan dasar ke permukaan. Data riwayat waktu percepatan gempa yang digunakan sebagai input beban gempa pada analisis struktur adalah data riwayat waktu di permukaan yang merupakan hasil perambatan percepatan gempa dari batuan dasar ke permukaan baik El Centro 1940 maupun KOCAELI/ATS-UP.

Tabel 1. Data Tanah Perambatan Percepatan Gempa dari Batuan Dasar ke Permukaan

Nomor Lapisan Tanah	Tebal Lapisan Tanah (m)	Modulus Geser Maksimum G_{max} (MPa)	Berat Isi Tanah (kN/m^3)	Kecepatan Rambat Geser (m/sec)	Kedalaman Lapisan Tanah (m)	Tekanan Efektif Vertikal (kPa)
1	7,0	1,08	16,58	25,3	0,0	0,00
2	5,0	1,73	15,30	33,33	7,0	116,06
3	6,0	6,27	15,30	63,4	12,0	192,56
4	6,0	9,30	16,00	75,5	18,0	284,36
5	9,0	57,46	16,38	185,5	24,0	380,36
6	7,0	103,67	17,85	238,7	33,0	527,78
7	10,0	103,67	17,85	238,7	40,0	652,73
8	10,0	103,67	17,85	238,7	50,0	831,23
9	10,0	80,58	18,15	208,7	60,0	1009,73
10	10,0	3229,36	22,00	1200	70,0	1191,23

Untuk mendapatkan data riwayat waktu di permukaan, diperlukan juga data tanah. Tabel 1 di atas merupakan data tanah yang digunakan dalam perambatan percepatan gempa dari batuan dasar ke permukaan untuk kedua data riwayat waktu yang digunakan.

Parameter Base Isolator

Base isolator yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB). Penentuan parameter *base isolator* diuraikan sebagai berikut (Fortino Tirtosugondo dkk., 2022). Dalam hal ini, diambil contoh perhitungan untuk struktur rangka baja SRBK dan SRBE 5 tingkat mewakili keseluruhan model struktur.

1. Penentuan kekakuan horizontal *base isolator* (K_H):

$$K_H = \frac{W \times \left(\frac{2\pi}{T_M}\right)^2}{g \times L} \quad \dots (1)$$

Dengan:

W = berat seismik efektif struktur

g = percepatan gravitasi

L = Panjang bentang

T_M = periode efektif struktur yang diisolasi (asumsi awal digunakan $T_M = 3T_1$)

T_1 = periode alami struktur dengan perletakan jepit.

2. Penentuan luasan *rubber* (A):

$$A = \frac{K_H t_k}{G} \quad \dots (2)$$

Dengan:

G = modulus geser base isolation,

t_k = tebal karet total

3. Penentuan diameter *base isolator* (D)

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \dots (3)$$

4. Penentuan karakteristik untuk sistem HDRB yang akan digunakan.

Pada penentuan parameter *base isolator* ini, terlebih dahulu diasumsikan *total rubber thickness* (t_k) = 200 mm dan *shear modulus* (G) = 0,3 N/mm², sehingga t_k/G = 666,7 mm/N. Hasil perhitungan dari persamaan (1) sampai dengan (3) dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 2. Penentuan Parameter Base Isolator

Tipe Rangka Baja	T_1 (det)	$T_M = 3 \times T_1$ (det)	W (N)	K_H (N/mm)	A (mm ²)	D (mm)
SRBK	0,364	1,09	29439	24,87	16581.22	145.30
SRBE	0,399	1,20	29223	20,57	13710.87	132.13

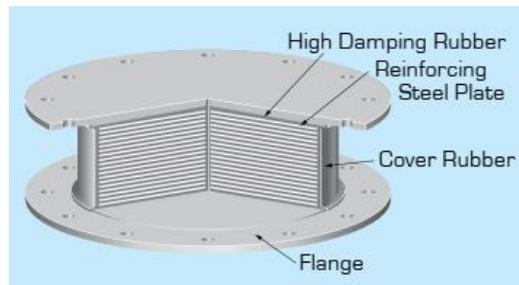
Dari perhitungan yang dilakukan dan dengan menggunakan referensi dari Katalog Bridgestone 2017, maka untuk semua model struktur

digunakan Tipe HN060X3R. Karakteristik *Base Isolator* yang digunakan adalah seperti yang diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik *Base Isolator*

Karakteristik	Simbol	Satuan	HN060X3R
<i>Outer diameter</i>	D_o	mm	600
<i>Inner diameter</i>	D_i	mm	15
<i>Effective plane area</i>	A	$\times 10^2 \text{ mm}^2$	2826
<i>Thickness of one rubber layer</i>	t_r	mm	5,0
<i>Number of the rubber layer</i>	n		40
<i>Total rubber thickness</i>	t_k	mm	200
<i>Compressive stiffness (U_1)</i>	K_{eff}	$\times 10^3 \text{ kN/m}$	1390
<i>Initial stiffness (U_2, U_3)</i>	K_1	$\times 10^3 \text{ kN/m}$	3,06
<i>Post yield stiffness (U_2, U_3)</i>	K_2	$\times 10^3 \text{ kN/m}$	0,306
<i>Equivalent shear stiffness</i>	τ	$\times 10^3 \text{ kN/m}$	0,424
<i>Equivalent damping ratio</i>	β_M		0,17
<i>Shear modulus</i>	G	N/mm ²	0,300

(Sumber: Katalog Bridgestone, 2017)



Gambar 8. Penampang *Base Isolator* HDRB
 (Sumber: Katalog Bridgestone, 2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Struktur

Dari hasil analisis struktur, diperoleh periode fundamental masing-masing struktur lebih kecil dari 1 detik. Kenaikan rata-rata periode struktur bresing konsentrik dengan perletakan sendi dan jepit masing-masing adalah sebesar 2,20 dan 2,32 kali jika dibandingkan dengan struktur bresing konsentrik yang menggunakan perletakan *base isolator*. Sedangkan kenaikan rata-rata periode struktur bresing eksentrik dengan perletakan sendi dan jepit masing-masing adalah sebesar 2,07 dan 2,20 kali jika dibandingkan dengan struktur bresing eksentrik yang menggunakan perletakan *base isolator*. Hasil analisis periode struktur dengan peletakan sendi, jepit dan *base isolator* untuk untuk struktur baja SRBK dan SRBE yang dimodelkan masing-masing ditunjukkan pada Tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4. Periode Struktur dengan Perletakan Sendi

No.	Jumlah Lantai	Periode (T) maks (det)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	0,320	0,334
2	4	0,351	0,373
3	5	0,377	0,415

Tabel 5. Periode Struktur dengan Perletakan Jepit

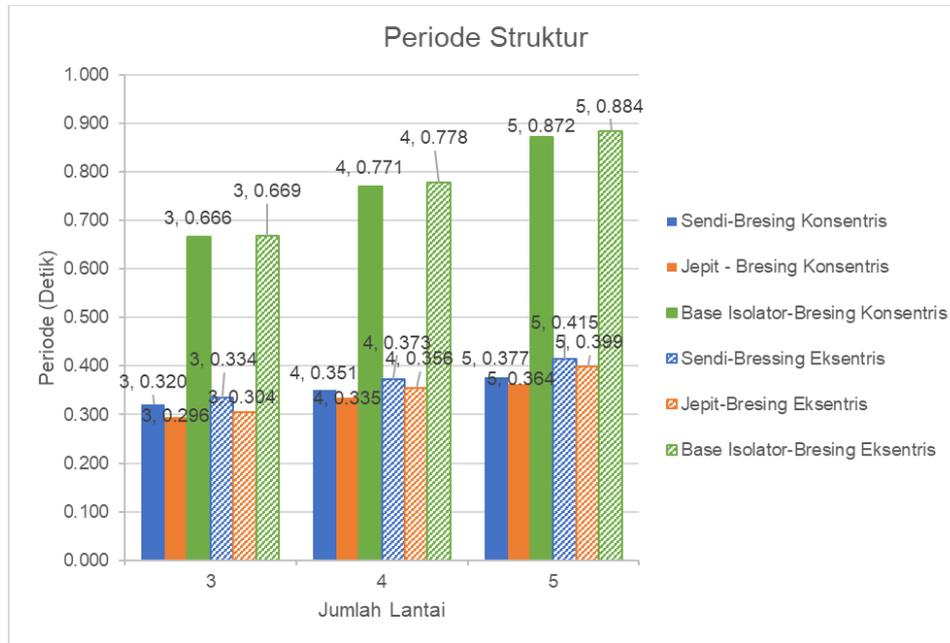
No.	Jumlah Lantai	Periode (T) maks (det)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	0,296	0,304
2	4	0,335	0,356
3	5	0,364	0,399

Tabel 6. Periode Struktur dengan Perletakan *Base Isolator*

No.	Jumlah Lantai	Periode (T) maks (det)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	0,666	0,669
2	4	0,771	0,778
3	5	0,872	0,884

Peningkatan perioda struktur dari beberapa model struktur yang dianalisis tersebut sesuai dengan Mayes & Naeim (2001), yang menyatakan bahwa jika bangunan kaku dengan perletakan jepit memiliki perioda fundamental

struktur sebesar 1 detik atau lebih kecil, maka perioda fundamental struktur dengan perletakan terisolasi akan meningkat sebesar 1,5 sampai dengan 2,5 kali.



Gambar 9. Perbandingan Perioda Struktur

Deformasi Struktur

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa SRBE menghasilkan deformasi lateral atau dalam arah horizontal yang lebih besar dibandingkan dengan SRBK. Hal ini menunjukkan SRBE lebih fleksibel dibanding dengan SRBK. Dari hasil analisis diperoleh bahwa deformasi untuk SRBE dan SRBK yang menggunakan *base isolator* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan dalam mereduksi deformasi akibat adanya beban gempa. Penggunaan *base isolator* pada struktur SRBK dan SRBE dengan jumlah tingkat dan perioda struktur yang lebih tinggi akan membuat struktur akan lebih fleksibel. Hal ini sejalan

dengan Zahura dkk. (2016) yang menyatakan bahwa *base isolator* tidak membuat struktur bangunan tahan gempa, tetapi dapat membuat struktur lebih fleksibel untuk mengontrol frekuensinya dari rentang resonansi yang berbahaya. Sehingga dapat dikatakan bahwa pemakaian *base isolator* pada perletakan struktur bresing baik SRBK maupun SRBE belum tentu menghasilkan tingkat kenyamanan yang lebih baik pada kondisi gempa dibandingkan dengan struktur bresing dengan perletakan sendi atau jepit. Namun penggunaan *base isolator* dapat mengontrol struktur tersebut sehingga terhindar dari perioda struktur dalam kondisi resonansi yang berbahaya.

Tabel 7. Deformasi Horizontal Struktur dengan Perletakan Sendi Akibat Beban Gempa El Centro 1940

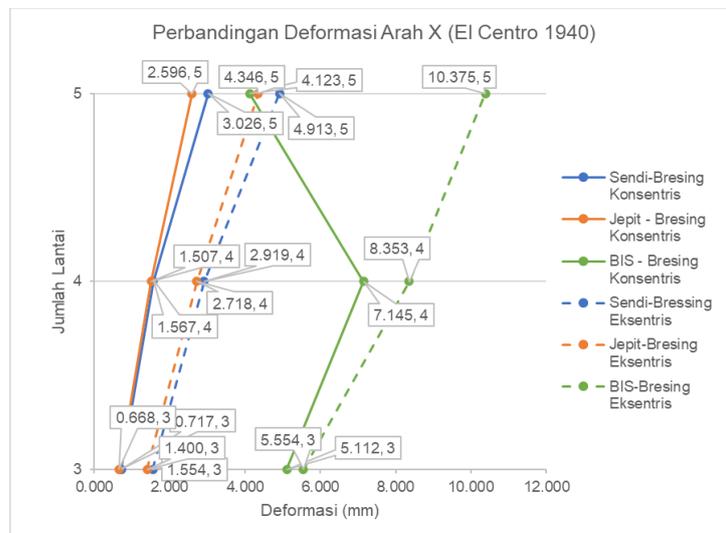
No.	Jumlah Lantai	ΔX (mm)		ΔY (mm)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris	Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	0,717	1,554	5,574	6,381
2	4	1,567	2,919	6,792	8,099
3	5	3,026	4,913	9,596	10,721

Tabel 8. Deformasi Horizontal Struktur dengan Perletakan Jepit Akibat Beban Gempa El Centro 1940

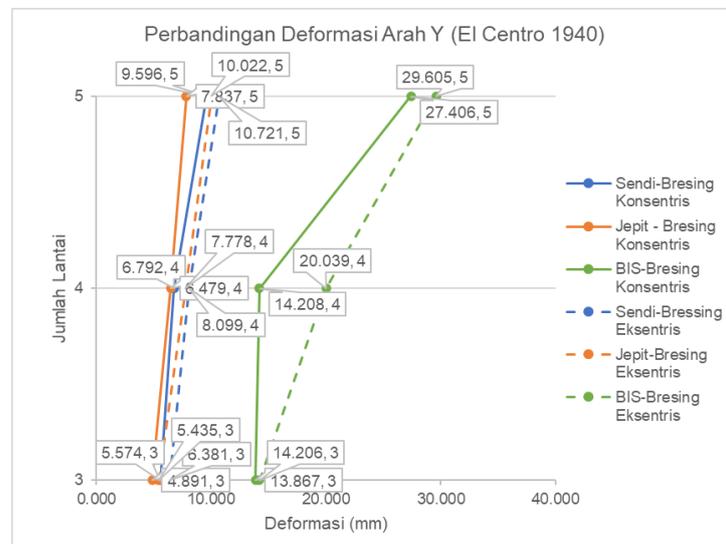
No.	Jumlah Lantai	ΔX (mm)		ΔY (mm)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris	Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	0,668	1,400	4,891	5,435
2	4	1,507	2,718	6,479	7,778
3	5	2,596	4,346	7,837	10,022

Tabel 9. Deformasi Horizontal Struktur dengan Perletakan Base Isolator Akibat Beban Gempa El Centro 1940

No.	Jumlah Lantai	ΔX (mm)		ΔY (mm)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris	Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	5,112	5,554	13,867	14,206
2	4	7,145	8,353	14,208	20,039
3	5	4,123	10,375	27,406	29,605



Gambar 10. Deformasi Struktur Arah Sumbu X Akibat Beban Gempa El Centro 1940



Gambar 11. Deformasi Struktur Arah Sumbu Y Akibat Beban Gempa El Centro 1940

Tabel 10. Deformasi Horizontal Struktur dengan Perletakan Sendi Akibat Beban Gempa KOCAELI/ATS-UP

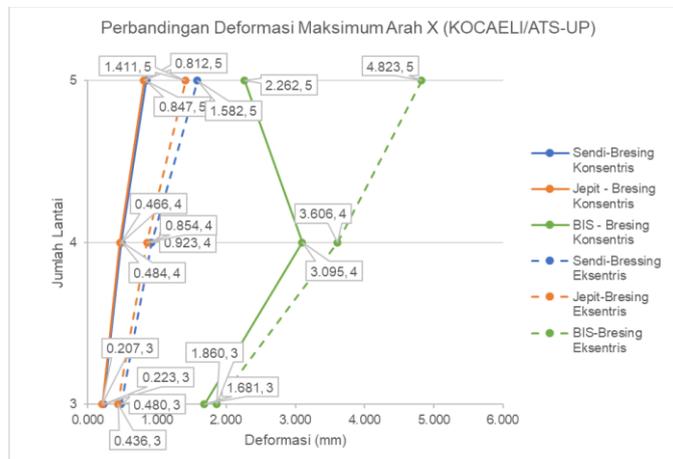
No.	Jumlah Lantai	ΔX (mm)		ΔY (mm)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris	Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	0,223	0,480	1,724	1,983
2	4	0,484	0,923	2,132	2,613
3	5	0,847	1,582	2,568	3,567

Tabel 11. Deformasi Horizontal Struktur dengan Perletakan Jepit Akibat Beban Gempa KOCAELI/ATS-UP

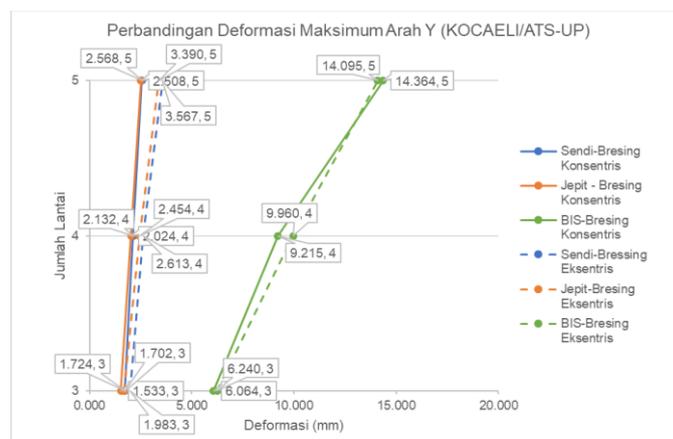
No.	Jumlah Lantai	ΔX (mm)		ΔY (mm)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris	Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	0,207	0,436	1,533	1,702
2	4	0,466	0,854	2,024	2,454
3	5	0,812	1,411	2,508	3,390

Tabel 12. Deformasi Horizontal Struktur dengan Perletakan Base Isolator Gempa KOCAELI/ATS-UP

No.	Jumlah Lantai	ΔX (mm)		ΔY (mm)	
		Bresing Konsentris	Bresing Eksentris	Bresing Konsentris	Bresing Eksentris
1	3	1,681	1,860	6,064	6,240
2	4	3,095	3,606	9,215	9,960
3	5	2,262	4,823	14,364	14,095



Gambar 12. Deformasi Struktur Arah Sumbu X Akibat Beban Gempa KOCAELI/ATS-UP



Gambar 13. Deformasi Struktur Arah Sumbu Y Akibat Beban Gempa KOCAELI/ATS-UP

Tabel 7, 8, 9, 10, 11 dan 12, serta Gambar 10, 11, 12 dan 13 di atas ini menunjukkan deformasi masing-masing struktur untuk posisi *joint* dimana posisi kolom dengan perletakan *base*

isolator mengalami deformasi maksimum. *Joint* yang diambil merupakan *joint* lantai teratas untuk setiap model struktur dengan variasi

tingkat 3, 4, dan 5 namun pada posisi kolom yang sama dalam arah sumbu horizontal.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Periode struktur yang menggunakan model perletakan *base isolator* memiliki periode yang lebih besar dibandingkan dengan model struktur dengan perletakan sendi dan jepit. Kenaikan rata-rata periode struktur bresing konsentrik dari perletakan sendi dan jepit masing-masing adalah sebesar 2,20 dan 2,32 kali jika struktur bresing konsentrik tersebut menggunakan perletakan *base isolator*. Sedangkan kenaikan rata-rata periode struktur bresing eksentris dengan perletakan sendi dan jepit masing-masing adalah sebesar 2,07 dan 2,20 kali jika struktur bresing eksentris tersebut menggunakan perletakan *base isolator*.
- b. Penggunaan *base isolator* pada struktur SRBK dan SRBE dengan jumlah tingkat dan periode struktur yang lebih tinggi akan membuat struktur akan cenderung lebih fleksibel dengan deformasi yang lebih besar dan belum tentu membuat struktur SRBK dan SRBE tahan gempa, namun penggunaan *base isolator* dapat mengontrol struktur tersebut sehingga terhindar dari periode struktur dalam kondisi resonansi yang berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Bangunan Tahan Gempa (SNI 1726-2019)*.
<http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Cahyani, R. O., & Sitanggang, 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).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.37253/jcep.v2i2.6205>
- Katalog Bridgestone. (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
- Mayes, R. L., & Naeim, F. (2001). Design of Structures with Seismic Isolation. Dalam *The Seismic Design Handbook* (hlm. 723–755). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1693-4_14
- Mentari, S. (2021). Study of Inelastic Behaviour Steel Structure of Special Moment Frame (SMF) and Eccentrically Braced Frame (EBF) with Pushover Analysis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 622, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
- Panjaitan, A., Khatulistiani, U., & Priantoro, S. M. (2018). Perbandingan Bresing X-1 dan X-2 Pada Gedung Struktur Baja Ditinjau dari Nilai Drift. *Axial Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 6(1), 1–08.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30742/axial.v6i1.476>
- Sukirno, C., & Wijanto, S. (2019). Analisis Desain Lead Rubber Bearings Pada Bangunan Struktur Baja Enam Lantai. *Prosiding Seminar Intelektual Muda #1, Inovasi Ilmu Pengetahuan, Teknologi Dan Seni Dalam Perencanaan dan Perancangan Lingkungan Terbangun*, 255–260.
<https://doi.org/https://doi.org/10.25105/psia.v1i1.5957>
- Suryawinata, F. A., Tirtosugondo, T. F., Ghewa, G., Widiyanto, D., & Hartanto, D. (2022). Pengaruh Penggunaan High Damper Rubber Bearing Pada Gedung Bertingkat Ditinjau Terhadap Level Kinerja Struktur Dengan Metode Analisis Time History (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Hotel). *G-Smart Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang*, 6(2), 82–93.
<https://doi.org/10.24167/gsmart.v6i2.4466>
- Taveriyanto, A. (2011). Bresing Yang Baik Untuk Struktur Gedung Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 13(2), 169–180.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jtsp.v13i2.7071>
- Yusmar, F., Rezki, D., & Juliafad, E. (2022). Parameter Dinamik Struktur Base Isolation Dan Fixed Base Pada Gedung Bertingkat Sedang Di Kota Padang. *Cived, Journal of Civil Engineering and Vocational Education*, 9(2), 158–165.
<http://ejournal.unp.ac.id/index.php/cived/index>
- Zahura, F., Javed, S. A., & Naznin, R. (2016). Effect of Base Isolation and Different Bracing System To Improve Building Performance Under Earthquake Excitations. *Proceedings of 3rd International Conference on Advances in Civil Engineering*, 359–364.
<https://www.researchgate.net/publication/327499996>