

STUDI KOMPARATIF ANALISIS SEISMİK PADA STRUKTUR DASAR TETAP DAN DASAR TERISOLASI

Misdi¹

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Alwashliyah Medan
E-mail: misdijunaidi@gmail.com (korespondensi)

ABSTRAK. Sudah banyak para insinyur dunia berupaya melakukan penelitian untuk mengatasi struktur bangunan yang mengalami kehancuran akibat serangan gempa dahsyat secara tiba-tiba. Salah satu metode yang populer, yaitu base isolation system. Sistem ini telah terbukti ampuh dan menjadi alternatif untuk mengatasi gaya gempa kuat. Metode ini sangat cocok diterapkan di Indonesia, karena Indonesia tergolong negara rawan gempa. Penelitian ini menganalisa struktur bangunan yang menggunakan base isolator untuk mereduksi gaya gempa dan membandingkannya dengan struktur bangunan konvensional. Gaya gempa yang masuk kedalam struktur bangunan ini dapat menyebabkan timbulnya gerakan multidimensi yang berkontribusi terhadap displacement horizontal arah-x, arah-y dan arah rotasional, yang menyebabkan kerusakan Struktur bangunan. Hasil analisa membuktikan bahwa struktur yang menggunakan base isolator terbukti dapat mereduksi respon displacement (drift story), terlihat bahwa perpindahan relatif antara tingkat setelah menggunakan base isolator menjadi mengecil dibandingkan dengan struktur dasar tetap (fixed base). Gaya geser tingkat(story shear) juga dapat direduksi, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan struktur dan korban jiwa.

Kata Kunci : Base isolator, seismik, gempa.displacement

ABSTRACT. Many engineers in the world have tried to conduct research to overcome building structures that have been destroyed by sudden powerful earthquakes. One popular method is the base isolation system. This system has proven effective and is an alternative to overcome strong earthquake forces. This method is very suitable to be applied in Indonesia, because Indonesia is classified as an earthquake-prone country. This study analyzes building structures that use base isolators to reduce earthquake forces and compares them with conventional building structures. The earthquake force that enters the building structure can cause multidimensional movements that contribute to horizontal displacement in the x-direction, y-direction and rotational directions, which cause damage to the building structure. The results of the analysis prove that structures that use base isolators can reduce displacement responses (drift stories), it can be seen that the relative displacement between levels after using base isolators becomes smaller compared to fixed base structures. The story shear force can also be reduced, thereby preventing structural damage and casualties.

Keywords: Base isolator, seismic, earthquake.displacement

1. PENDAHULUAN

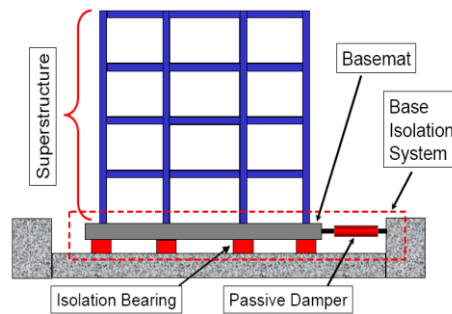
Gempa bumi sebagai salah satu aspek bencana alam yang dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar merupakan salah satu fenomena alam yang tidak bisa diprediksi yang terjadi secara tiba-tiba. Fenomena ini tidak hanya menyebabkan kerugian material saja tetapi juga korban jiwa dalam hitungan detik saja. Salah satu alternatif cara untuk mencegah kerusakan bangunan akibat gempa adalah dengan menggunakan base isolation. Konsep disain ini, didasarkan pada penambahan dari alat mekanis kepada struktur bangunan.

Kinerja base isolator paling baik dari pada bangunan tanpa isolasi. Periode efektif yang panjang dan damping tinggi "membakukan" akibat gempa, sementara base isolasi menyederhanakan dan "menstandarisasi" respon bangunan. Base isolator terbukti sangat efektif dalam memberikan ketahanan gempa untuk bangunan periode yang lebih lama (Jothi, et al., 2014).

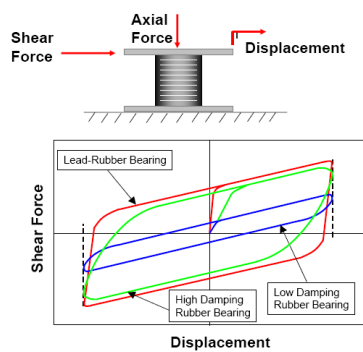
Evaluasi gempa berbasis kinerja telah berkembang ke titik di mana ia dapat digunakan secara efektif dalam desain struktur. Untuk fasilitas perawatan kesehatan dan gedung sekolah, sistem dasar-terisolasi memberikan penghematan kerusakan median yang signifikan dan pengurangan waktu perbaikan dibandingkan dengan sistem *fixed-base* (Moretti, et al., 2014).

Bangunan bertingkat tinggi terisolasi membuktikan bahwa teknologi isolasi memiliki potensi besar dalam mengurangi *drift interstorey* dan percepatan absolut dari suprastruktur bahkan untuk bangunan bertingkat tinggi, dan percepatan absolut dari bangunan seperti itu dapat diremehkan jika efek lentur diabaikan (Changfei, et al., 2011). Pemakaian base isolator akan memperkecil gaya dalam yang dihasilkan oleh elemen struktur, yaitu kolom dan balok. Reduksi gaya dalam ini akan semakin meningkat hingga lantai paling atas. Namun hal ini tidak terjadi pada lantai dasar. Pada lantai dasar terjadi peningkatan gaya dalam berupa momen dan geser akibat adanya gaya gempa. Hal ini mengisyaratkan bahwa struktur lantai dasar harus direncanakan dengan kekakuan dan kekuatan yang lebih besar daripada struktur dengan *fixed base*. Berdasarkan perhitungan diperoleh reduksi gaya dalam struktur sekitar 60 hingga 80 % (Ismail, 2012).

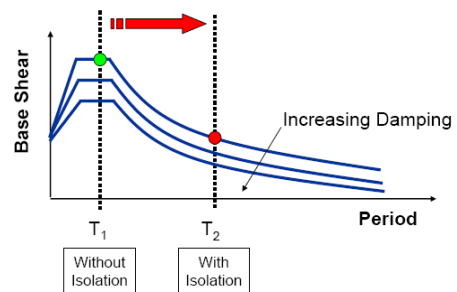
Prinsip utama cara kerja base isolator jenis elastomerik bearing (HDRB atau LRB) adalah dengan memperpanjang waktu getar alami struktur diluar frekwensi dominan gempa sampai 2,5 atau 3 kali dari waktu getar struktur tanpa base isolator (*fixed base structures*) dan memiliki damping antara 10 s.d. 20 % [11]. Akibatnya gaya gempa yang disalurkan ke struktur menjadi lebih kecil.



Gambar 1.1 Sistem Base isolator
(Sumber : Trevor E Kelly, 2001)

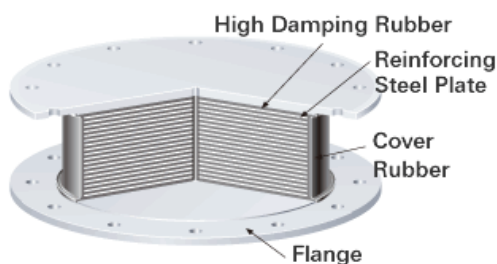


Gambar 1.2 Kurva Histeristis dari
Elastomeric Bearing
(Sumber : Trevor E Kelly, 2001)

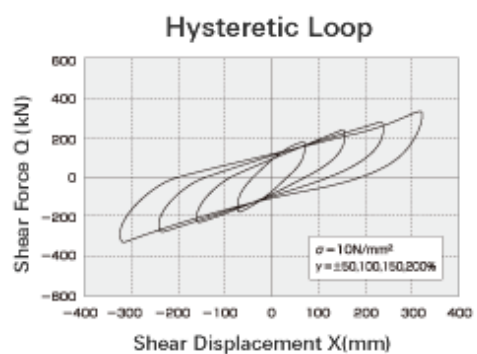


Gambar 1.3 Respon Spectra Akselerasi
sebagai Fungsi dari Damping

HDRB (High Damping Rubber Bearing)



Gambar 1.4 HDRB

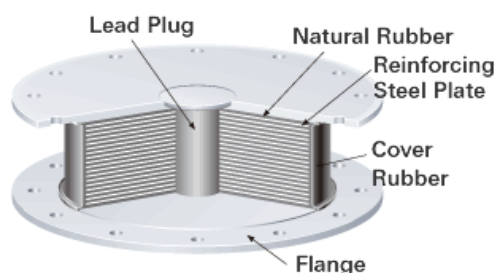


Gambar 1.5 Hysteretic HDRB

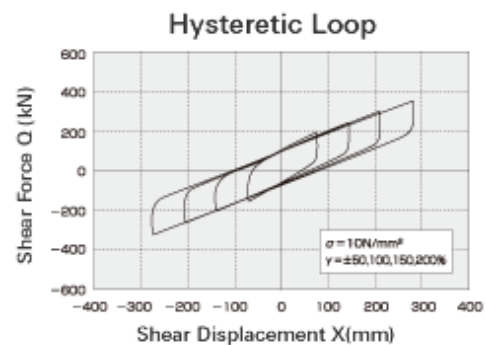
(Sumber : Trevor E Kelly, 2001)

Bantalan karet yang menggunakan karet redaman tinggi, dimana material karetnya sendiri menunjukkan kemampuan pegas dan redaman. Bahan karet memiliki dua jenis modulus elastisitas yang berbeda. Kelebihan lainnya dari seismic isolation tipe HDRB adalah transisi kekakuan dari linear ke nonlinear lebih halus jika dibandingkan dengan seismic isolation tipe Lead Rubber Bearing (LRB). Hal ini penting karena penurunan kekakuan secara tajam dapat mengakibatkan efek vibrasi yang lebih besar dan merusak equipment yang sensitif terhadap vibrasi.

LRB (Lead Rubber Bearing)



Gambar 1.6 LRB (Lead Rubber Bearing)

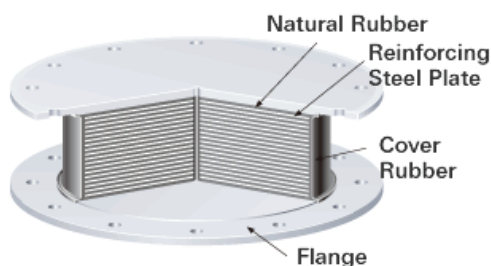


Gambar 1.7 Hysteretic LRB

(Sumber : Trevor E Kelly, 2001)

Bantalan karet yang memiliki *Lead Plug* yang tertanam di tengah karet alam yang dilaminasi, dimana "karet alam laminasi" menunjukkan kemampuan pegas, sedangkan *Lead Plug* menunjukkan kemampuan redaman.

NRB (Natural Rubber Bearing)



Gambar 1.8 NRB (Natural Rubber Bearing)

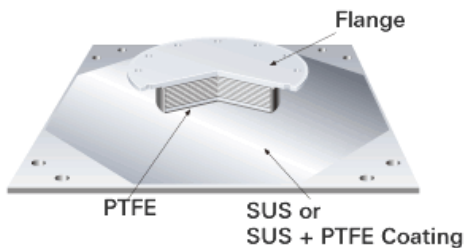
(Sumber : Trevor E Kelly, 2001)

Bantalan karet yang menggunakan karet alam. Ini memiliki kinerja redaman yang rendah (sekitar 2~3% pada faktor redaman setara), linearitas yang sangat baik, dan karakteristik gaya pemulih yang

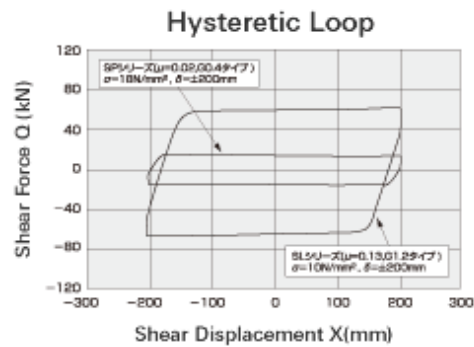
Journal homepage: <http://jurnal.una.ac.id/index.php/batas>

stabil. Peredam terpisah diperlukan, tetapi dengan kombinasi jenis peredam, attenuator, dll. Desain dapat dibuat dengan fleksibilitas yang lebih besar. Bahan karet mempunyai empat jenis modulus elastisitas yang berbeda (disebut G0.30, G0.35, G0.40, G0.45), mampu menopang berbagai beban kolom.

Elastic Sliding Bearing



Gambar 1.9 Elastic Sliding Bearing



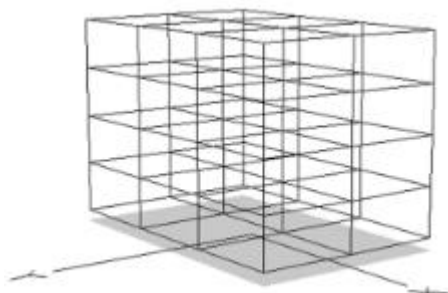
Gambar 1.10 Hysteretic ESB

(Sumber : Trevor E Kelly, 2001)

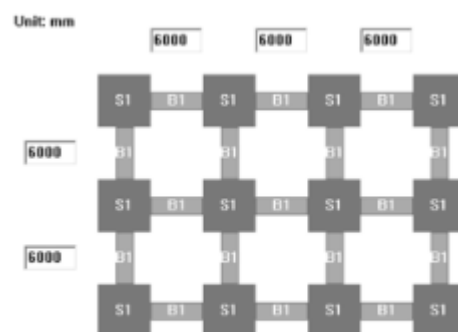
Terdiri dari 2 buah: 1) bantalan karet alam yang diikat dengan bahan PTFE (Teflon) dan 2) pelat geser baja tahan karat. Perpindahan kecil diserap oleh karet itu sendiri, sedangkan perpindahan besar menyebabkan bantalan karet tergelincir pada pelat. Karena fungsi pemulihan akan hilang ketika terjadi pergeseran, biasanya fungsi ini digunakan bersama dengan NRB, LRB, atau HDR. Ada tiga tipe koefisien gesekan yang berbeda, tipe mana yang digunakan berdasarkan kebutuhan redaman

2. PEMODELAN DAN ANALISIS

Bangunan bertingkat beton bertulang seperti gambar 2.1 dibawah ini,

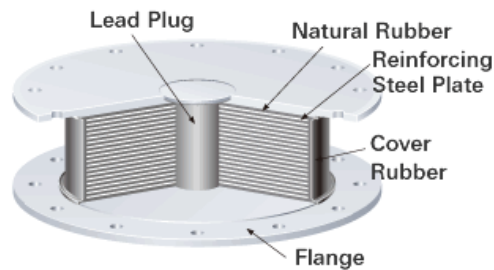


Gambar 2.1 Pemodelan Struktur 3D



Gambar 2.2 Pemodelan Struktur Plan

Propertis LRB yang digunakan adalah sebagai berikut :

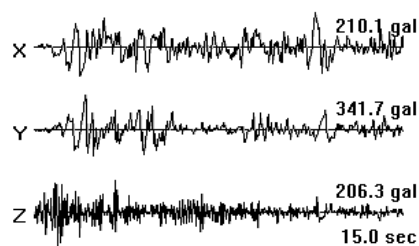


Gambar 2.3 LRB yang digunakan.
(Sumber : Trevor E Kelly, 2001)

- Diameter = 600 mm
- Lead plug diameter = 100 mm
- Effective area = $2749 (\times 10^2 \text{ mm}^2)$
- Thickness of one rubber layer = 4 mm
- Number of rubber layers = 50
- Total rubber thickness = 200 mm
- Total height = 407.9 mm
- Shear modulus of rubber $G_r = 0.385 \text{ N/mm}^2$
- Apparent shear modulus of lead $\alpha_p = 0.583$
- Initial stiffness $K_1 = 7.18 (\times 10^3 \text{ kN/m})$
- Post yield stiffness $K_2 = 0.552 (\times 10^3 \text{ kN/m})$
- Characteristic strength $Q_d = 62.6 \text{ kN}$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dinamik bangunan gedung 4 lantai beton bertulang menggunakan rekaman gempa Elcentro arah-x, arah-y dan arah z seperti gambar 4.1



Gambar 3.1 Ground Acceleration

A. Displacement Arah-x dan y

Displacement pada struktur yang menggunakan base isolator seperti pada tabel 1 dan tabel 2 displacement struktur tanpa base isolator (fixed base)

Tabel 1. Displacement arah-x dan y pada struktur yg menggunakan base isolator

Lantai	Displacement	
	arah-x (cm)	arah-y (cm)
Base	5.55	8.16
1	6.81	9.44
2	8.12	10.66
3	8.99	11.44
4	9.34	11.74

Tabel 2. Displacement arah-x dan y pada struktur tanpa base isolator

Lantai	Displacement	
	arah-x (cm)	arah-y (cm)
Base	0.00	0.00
1	2.57	3.22
2	5.06	6.28
3	6.71	8.36
4	7.38	9.25

B. Drift Story Arah-x dan y

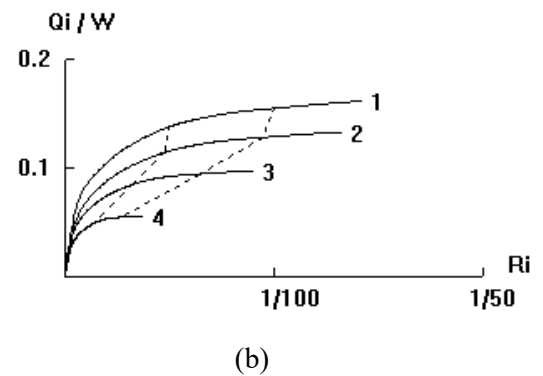
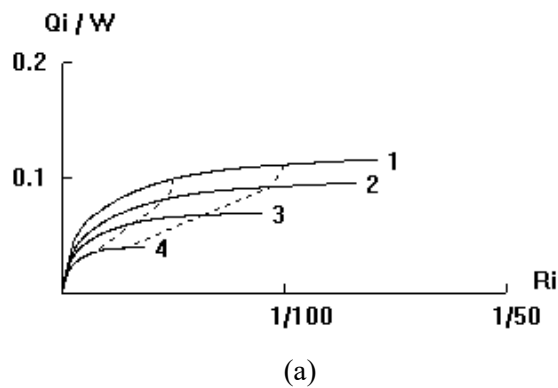
Drift story kedua struktur dapat dilihat pada tabel 3. dan tabel 4. berikut :

Tabel 3. Drift story arah-x dan y pada struktur yang menggunakan base isolator

Lantai	Drift story	
	arah-x (cm)	arah-y (cm)
Base	5.55	8.16
1	1.31	1.51
2	1.33	1.49
3	0.87	1.01
4	0.35	0.43

Tabel 4. Drift story arah-x dan y pada struktur tanpa base isolator (fixed base)

Lantai	Drift story	
	arah-x (cm)	arah-y (cm)
Base	0.00	0.00
1	2.57	3.22
2	2.50	3.06
3	1.65	2.08
4	0.67	0.89



Gambar 3.2 (a) Drift story pada struktur menggunakan base isolator, (b) tanpa base isolator.

C. Geser Tingkat (Story shear)

Gaya geser tingkat (Story shear) kedua struktur dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6 berikut :

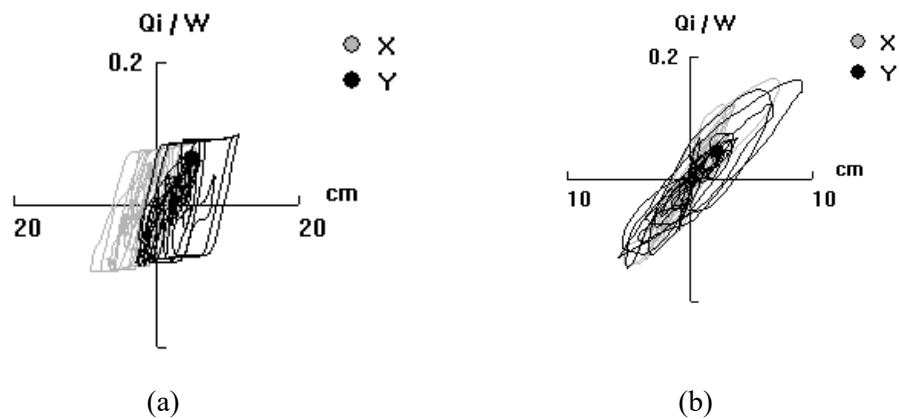
Tabel 5. Geser tingkat (story shear) arah-x dan y pada struktur yang menggunakan base isolator

Lantai	story shear	
	arah-x (kN)	arah-y (kN)
Base	1366.00	1445.00
1	1332.00	1312.00
2	1177.00	1191.00
3	865.30	871.70
4	460.00	467.70

Tabel 6. Geser tingkat(story shear) arah-x dan y pada struktur yang menggunakan base isolator

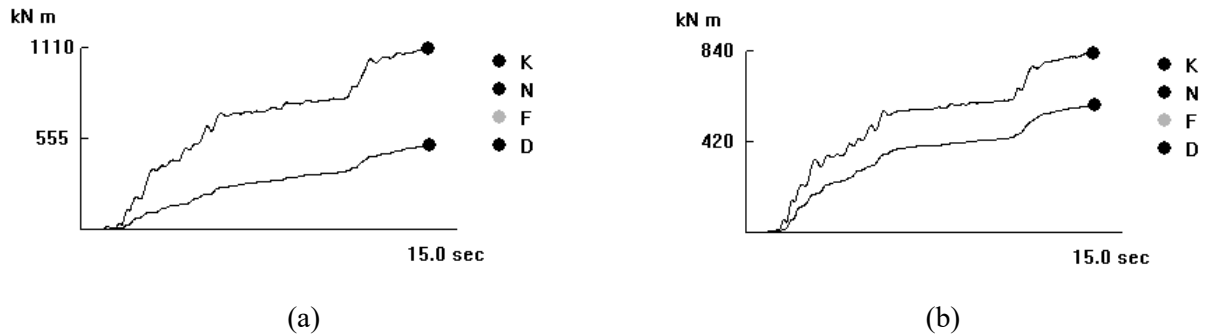
Lantai	story shear	
	arah-x (kN)	arah-y (kN)
Base	1728.00	1714.00
1	1728.00	1714.00
2	1454.00	1389.00
3	995.30	1026.00
4	529.20	589.80

Gambar 3.3 dibawah ini menunjukkan geser dasar struktur yang menggunakan base isolator, dan geser dasar struktur fixed base.



Gambar 3.3 (a) Base shear -Top Drift struktur base isolation, (b) tanpa base isolator

D. Energy Response



Gambar 3.4 (a) Energy Response struktur yang menggunakan base isolator (b) tanpa base isolator

E. Pembahasan

Tabel 7. Perbandingan drift story arah-x

Lantai	Drift story		Reduksi (%)
	arah-x (cm)	arah-x (cm)	
Base	5.55	0.00	
1	1.31	2.57	49.12
2	1.33	2.50	46.80
3	0.87	1.65	47.10
4	0.35	0.67	47.71

Tabel 8. Perbandingan drift story arah-y

Lantai	Drift story		Reduksi (%)
	arah-y (cm)	arah-y (cm)	
Base	8.16	0.00	
1	1.51	3.22	53.09
2	1.49	3.06	51.24
3	1.01	2.08	51.66
4	0.43	0.89	51.37

- Simpangan antara tingkat arah-x dapat direduksi mencapai hampir 50 %. Semakin naik ke tingkat atas terjadi penurunan displacement.
- Simpangan antara tingkat arah-y ternyata direduksi mencapai diatas 50 %. Hal ini karena arah-y adalah sumbu lemah struktur.

Tabel 9. Perbandingan drift story arah-x

Lantai	story shear		Reduksi (%)
	arah-x (kN)	arah-x (kN)	
Base	1366.00	1728.00	20.95
1	1332.00	1728.00	22.92
2	1177.00	1454.00	19.05
3	865.30	995.30	13.06
4	460.00	529.20	13.08

Tabel 10. Perbandingan drift story arah-y

Lantai	story shear		Reduksi (%)
	arah-y (kN)	arah-y (kN)	
Base	1445.00	1714.00	15.69
1	1312.00	1714.00	23.45
2	1191.00	1389.00	14.25
3	871.70	1026.00	15.04
4	467.70	589.80	20.70

- Gaya geser tingkat (story shear) arah-x yang terbesar terjadi pada lantai pertama direduksi mencapai 22,92 %.
- Gaya geser tingkat (story shear) arah-y yang terbesar terjadi juga pada lantai pertama direduksi mencapai 23,45 %.

Dari grafik Respon Energy terlihat bahwa struktur yang menggunakan base isolator mampu mendissipasi energi gempa dengan baik.

4. KESIMPULAN

Struktur yang menggunakan sistem isolasi dasar dapat menurunkan atau mereduksi respon struktur simpangan antara tingkat (drift story), geser dasar (base shear) dibandingkan dengan struktur dasar tetap (fixed base). Simpangan antara tingkat (Drift Story) menurun pada tingkat yang lebih tinggi, sehingga struktur aman terhadap gempa

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jothi, S. J. dan Kavitha, M. (2014). "*Earthquake of structure by base isolation technique in SAP*". Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, No. 6, 296-305.
- [2] Moretti, S., Trozzo, A., Terzic, V., Cimellaro, G. P. dan Mahin, S. (2014). "*Utilizing base – isolation system to increase earthquake resiliency of healthcare and school buildings*". Journal of Procedia Economics and Finance Vol.18, 969 – 976.
- [3] Changfei, M., Zhang, Y., Zhao, Y., Tan, P., dan Zhou, F. (2011), "*Stochastic Seismic Response Analysis of Base-Isolated High-rise Buildings*", Journal of Procedia Engineering Vol. 14, 2468–2474
- [4] Ismail, F. A. (2012). "*Pengaruh Penggunaan Seismic Base Isolation System Terhadap Respons Struktur Gedung Hotel Ibis Padang*". Journal Rekayasa Sipil, Vol. 8, No. 1, 45-60.
- [5] Trevor E Kelly, (2001). "*Base Isolation of Structures*". Holmes Consulting Group Ltd, Wellington New Zealand.