

PENGGUNAAN *FRICITION BASE ISOLATION* PADA RUMAH SEDERHANA

Soetanto, R. M.¹, Hindrajaya, G. G.², Pudjisuryadi, P.³, Lumantarna, B.⁴

ABSTRAK: Salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan akibat gempa adalah dengan menerapkan *friction base isolation* yang memanfaatkan friksi pada dasar bangunan terhadap pondasi. Penelitian sebelumnya oleh Gunawan, A dan Herryanto (2014) mengenai *friction base isolation* pada struktur bangunan dengan denah berbentuk persegi menunjukkan bahwa *friction base isolation* dapat menurunkan gaya dalam yang terjadi. Namun belum ada penelitian mengenai penerapan dari *friction base isolation* pada denah dari rumah nyata yang tidak simetri dan memiliki *opening*. Penelitian ini membandingkan rumah sederhana yang menggunakan *friction base isolation* dengan yang menggunakan perletakan sendi. Beban gempa yang digunakan berupa gempa El Centro yang disesuaikan dengan respon spektrum SNI 03-1726-2012 wilayah Palu. Rumah sederhana tersebut diuji dengan analisa riwayat waktu nonlinear untuk membandingkan performa berupa *base shear*, pola kerusakan, dan *drift* yang terjadi. Hasil penelitian ini secara keseluruhan menunjukkan rumah sederhana yang menggunakan perletakan *friction base isolation* memiliki nilai *base shear* yang lebih kecil yaitu 75.29% dari rumah dengan perletakan sendi pada gempa dengan periode ulang 500th. Rumah yang menggunakan perletakan sendi mengalami sendi plastis saat terjadi gempa 2500 th sedangkan rumah yang menggunakan *friction base isolation* tidak. Mengenai *drift* yang terjadi, rumah dengan *friction base isolation* memiliki nilai *drift* rata-rata yang lebih kecil yaitu 83.5% dari rumah dengan perletakan sendi pada gempa dengan periode ulang 500 th.

KATA KUNCI : *base isolation*, *base shear*, *drift*, nonlinear, riwayat waktu

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia dengan potensi gempa bumi yang cukup tinggi. Hal ini sering mengakibatkan kerusakan pada bangunan salah satunya adalah *non-engineered building* seperti rumah tinggal sederhana. Untuk mengatasi permasalahan ini, Teddy Boen dan Rekan (2005) telah mengusulkan penggunaan rumah sederhana yang tahan gempa. Penelitian ini akan membandingkan rumah sederhana yang diusulkan oleh Teddy Boen dan Rekan (2005) dengan penggunaan *base isolation* berupa *friction isolator* dan tanpa penggunaan *base isolation* yaitu dengan perletakan sendi. Konsep *base isolation* dipakai dalam perencanaan struktur agar struktur tersebut memberi respon yang lebih kecil terhadap beban gempa. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Gunawan, A. dan Herryanto (2014) tentang *base isolation* berupa *friction isolator* pada bangunan kotak sederhana dan menghasilkan performa yang cukup baik terhadap beban gempa. *Base isolation* yang akan dipakai dalam penelitian ini pada dasarnya adalah memanfaatkan friksi pada dasar bangunan terhadap pondasi. Konsep *base isolation* ini terbukti dapat mengurangi gaya dalam yang terjadi pada bangunan di atasnya.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hore_yippie@yahoo.co.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, graciagabriellah@yahoo.co.id

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Krsiten Petra, pamuda@petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra bluman@petra.ac.id

2. STUDI LITERATUR

Friction base isolation merupakan isolasi dasar suatu struktur dengan memanfaatkan gaya gesek. Konsep pondasi ini secara sederhana telah diterapkan pada rumah-rumah tradisional oleh masyarakat Indonesia pada jaman dulu. Besarnya gaya gesek sebanding dengan gaya normal yang bekerja pada bidang geseknya dan besarnya tidak bergantung pada luas bidang kontak. Besar gaya gesek antara dua buah benda yang bersentuhan dirumuskan sebagai :

$$f_s = \mu_s N \quad (1)$$

$$f_k = \mu_k N \quad (2)$$

di mana :

f_s = Gaya gesek maksimum saat benda mulai bergerak (statik)

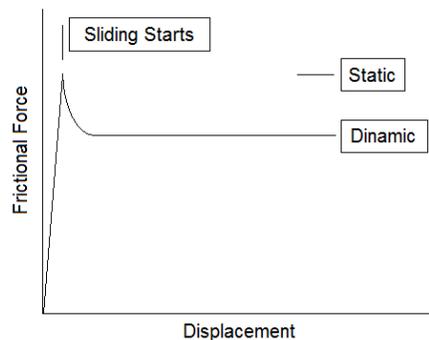
f_k = Gaya gesek saat benda bergerak (kinetik)

μ_s = Koefisien gesek statik

μ_k = Koefisien gesek kinetik

N = Gaya normal pada bidang

Pada umumnya nilai koefisien gesek statik lebih besar dari koefisien gesek kinetik. Besarnya gaya gesek statik bergerak dari nol hingga mencapai nilai maksimum f_s . Bila gaya yang bekerja melebihi gaya gesek maksimum, maka akan terjadi slip pada kedua benda dan gaya gesek yang bekerja menjadi f_k . Ilustrasi gaya gesek dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Ilustrasi Gaya Gesek

Permodelan yang dipakai pada program SAP2000v11 adalah *Friction Pendulum Isolator* pada **Gambar 2**. Berdasarkan Computer and Structures Inc. (2007), permodelan ini dapat menggambarkan kaki kolom yang terangkat saat mengalami gempa. Hubungan gaya axial dengan deformasi axial dinyatakan dengan rumus :

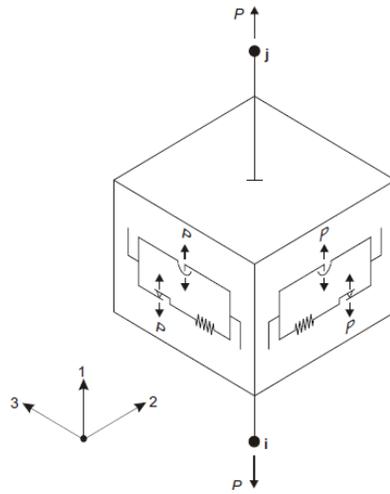
$$P = \begin{cases} k1 d_{u1} & \text{untuk } d_{u1} < 0 \\ 0 & \text{untuk } d_{u1} \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

di mana:

P = gaya axial yang bekerja pada *support*

$k1$ = kekakuan arah vertikal

d_{u1} = deformasi vertikal



Gambar 2. Friction Isolator Property

Untuk gaya geser f_u merupakan kontribusi dari gaya gesek f_{uf} dan gaya pendulum f_{up} yang berkerja secara paralel untuk arah 2 dan 3 pada Gambar 2.6, dirumuskan:

$$\begin{aligned} f_{u2} &= f_{u2f} + f_{u2p} \\ f_{u3} &= f_{u3f} + f_{u3p} \end{aligned} \quad (4)$$

dengan hubungan gaya gesek f_{uf} dan deformasi dinyatakan:

$$\begin{aligned} f_{u2f} &= -P \mu_2 z_2 \\ f_{u3f} &= -P \mu_3 z_3 \end{aligned} \quad (5)$$

di mana z adalah variabel histeretik internal dan μ adalah koefisien gesek yang besarnya dipengaruhi koefisien gesek pada kecepatan nol μ_{slow} (statik) dan koefisien gesek pada saat nilai kecepatan besar μ_{fast} (kinetik), dinyatakan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \mu_2 &= \mu_{fast2} - (\mu_{fast2} - \mu_{slow2})e^{-rv} \\ \mu_3 &= \mu_{fast3} - (\mu_{fast3} - \mu_{slow3})e^{-rv} \end{aligned} \quad (6)$$

v merupakan resultan kecepatan pada arah 2 dan 3, dan r merupakan invers kecepatan efektif yang dinyatakan dengan:

$$r = \frac{rate2 v_{u2}^2 + rate3 v_{u3}^2}{v^2} \quad (7)$$

dan rate merupakan invers dari karakteristik kecepatan sliding pada masing-masing arah. Variabel histeretik internal memiliki nilai awal nol dan bertambah menurut persamaan diferensial:

$$\begin{Bmatrix} \dot{z}_2 \\ \dot{z}_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - a_2 z_2^2 & -a_3 z_2 z_3 \\ -a_2 z_2 z_3 & 1 - a_3 z_3^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{k_2}{P\mu_2} v_{u2} \\ \frac{k_3}{P\mu_3} v_{u3} \end{Bmatrix} \quad (8)$$

k_2 dan k_3 adalah kekakuan geser elastik pada arah 2 dan 3 sebelum ada slip yang berarti bahwa gaya yang terjadi lebih kecil dari f_s . Besarnya gaya geser juga dipengaruhi gaya pendulum yang hubungannya dengan deformasi dinyatakan dengan:

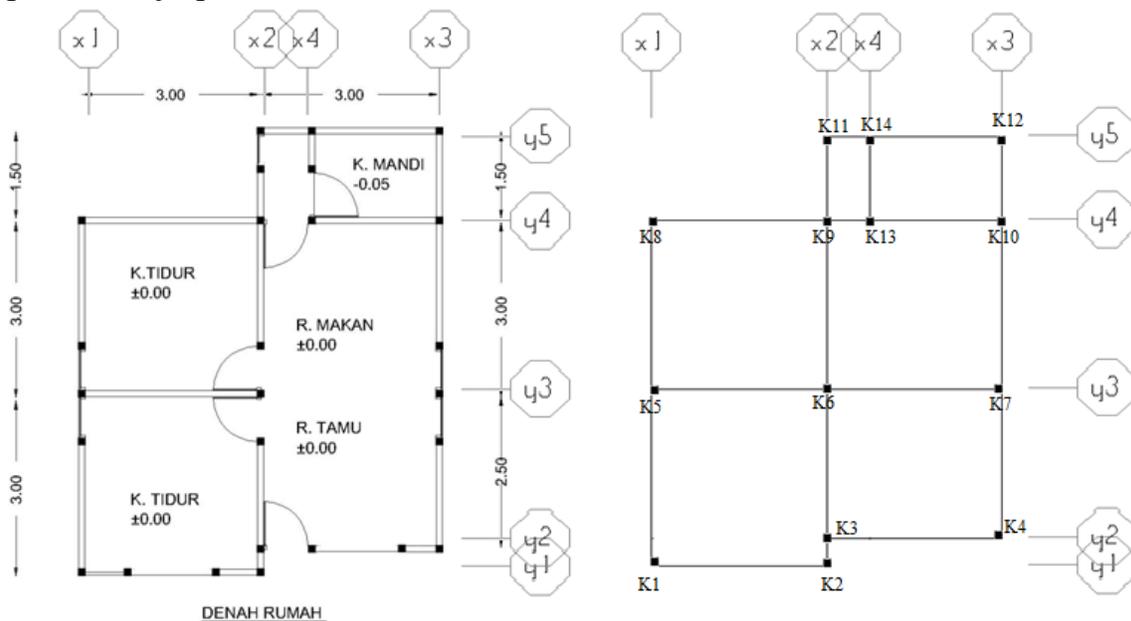
$$f_{u2p} = -P \frac{d_{u2}}{\text{radius } 2} \tag{9}$$

$$f_{u3p} = -P \frac{d_{u3}}{\text{radius } 3}$$

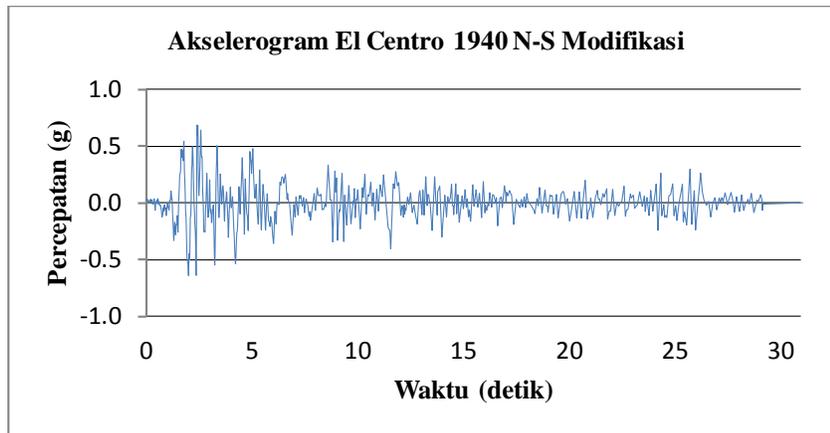
Namun berdasarkan Computer and Structures Inc. (2007) pengaruh dari gaya pendulum dapat dihilangkan dengan memasukan nilai radius sebesar nol.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Struktur yang dipakai dalam penelitian ini adalah bangunan rumah tinggal sederhana berdasarkan Teddy Boen dan Rekan (2005) dimana denah rumah sederhana dapat dilihat pada **Gambar 3**. Penelitian diawali dengan permodelan pada SAP2000v11 dengan memasukan *properties* penampang, *properties* sendi plastis, dan beban-beban yang bekerja. Permodelan dinding menggunakan metode *three strut* yang disesuaikan dengan denah rumah sederhana pada **Gambar 3**. *Properties*, pembagian lebar *three strut*, lokasi penempatan *three strut* yang digunakan pada dinding ini didasarkan pada penelitian dari Kaushik (Kaushik, Rai, & Jain, 2008) sedangkan lebar total dari *strut* menggunakan usulan dari Paulay dan Priestley (Paulay & Priestley, 1992). Beban yang bekerja pada struktur antara lain adalah beban atap, berat sendiri struktur, dan beban gempa El-Centro berupa *time history* yang telah dimodifikasi berdasarkan SNI 03-1726-2012 respon spektrum 2012 dengan periode ulang 2500 tahun di kota palu (**Gambar 4**). Untuk gempa dengan periode ulang 500 th maka gempa El-Centro Modifikasi dengan periode ulang 2500 tahun dibagi 1.5 berdasarkan SNI 03-1726-2012. Proses modifikasi dilakukan dengan bantuan program RESMAT (Lumantarna dan Lukito, 1997).



Gambar 3. Denah Rumah Sederhana



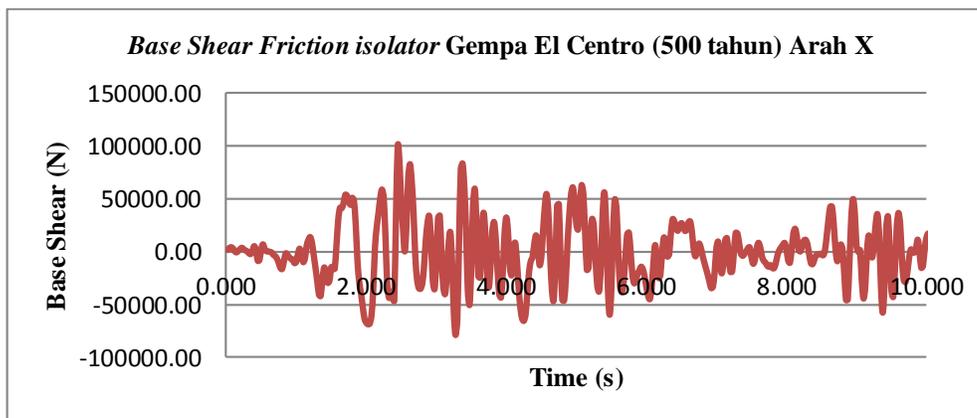
Gambar 4. Gempa *El-Centro* Modifikasi 2500 Tahun di Kota Palu Berdasarkan Respon Spektum SNI 03-1726-2012

Setelah semua beban dimasukkan maka dilakukan analisa untuk mengetahui *base shear*, pola kerusakan dan *drift* yang terjadi pada rumah sederhana.

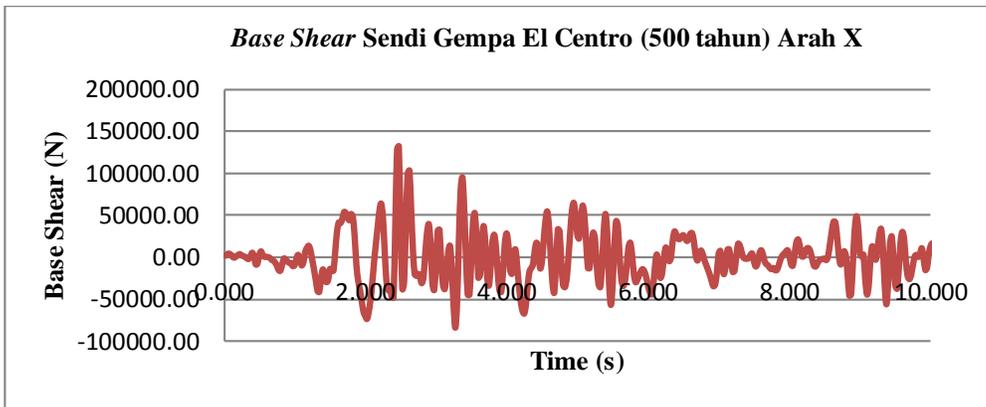
4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 *Base Shear* pada Rumah Sederhana

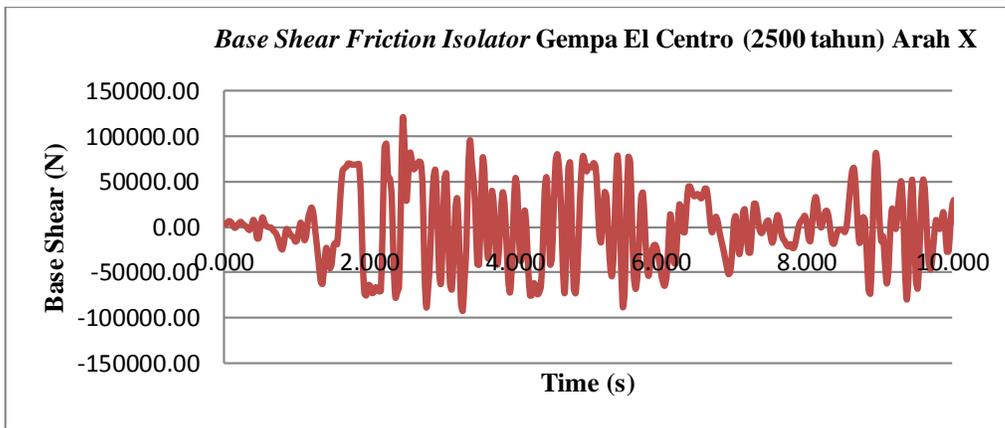
Hasil penelitian ditunjukkan pada **Gambar 5**, **Gambar 6**, **Gambar 7**, **Gambar 8** dan **Tabel 1** mengenai nilai *base shear* yang terjadi. *Base shear* pada rumah yang menggunakan *friction base isolator* memiliki nilai yang relatif lebih kecil dibandingkan *base-shear* pada sendi. Selain itu apabila dibandingkan ratio kenaikan untuk *base shear* pada waktu maksimum antara periode ulang 500 dan 2500 tahun, maka pada rumah dengan perletakan sendi memiliki kenaikan nilai 1,5 sesuai dengan besarnya kenaikan periode ulang dari gempa yang terjadi. Sedangkan pada perletakan *friction isolator* memiliki kenaikan 1,19 pada gempa yang dibesarkan 1,5 kali. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penyerapan energi gempa pada rumah yang menggunakan *friction base isolator*.



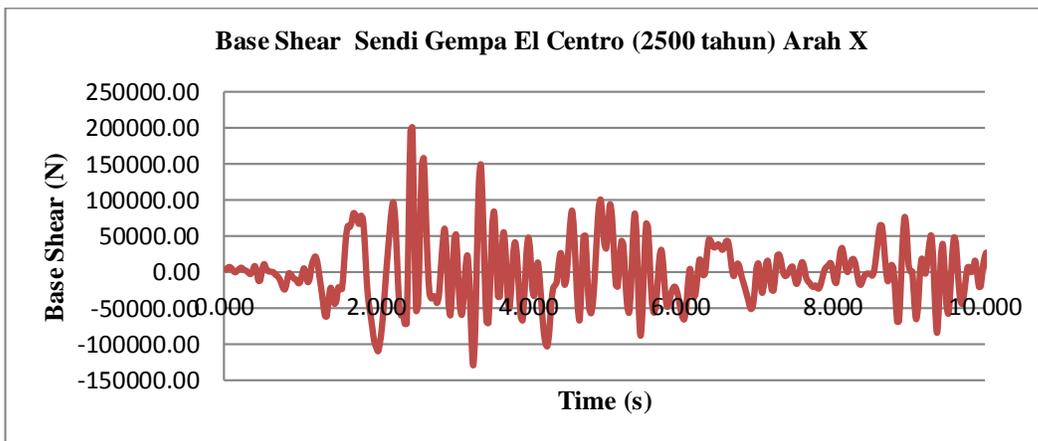
Gambar 5. *Base Shear Friction isolator* untuk Gempa *El-Centro* 500 Tahun



Gambar 6. Base Shear Sendi untuk Gempa El-Centro 500 Tahun Arah X



Gambar 7. Base Shear Friction isolator untuk Gempa El-Centro 2500 Tahun Arah X



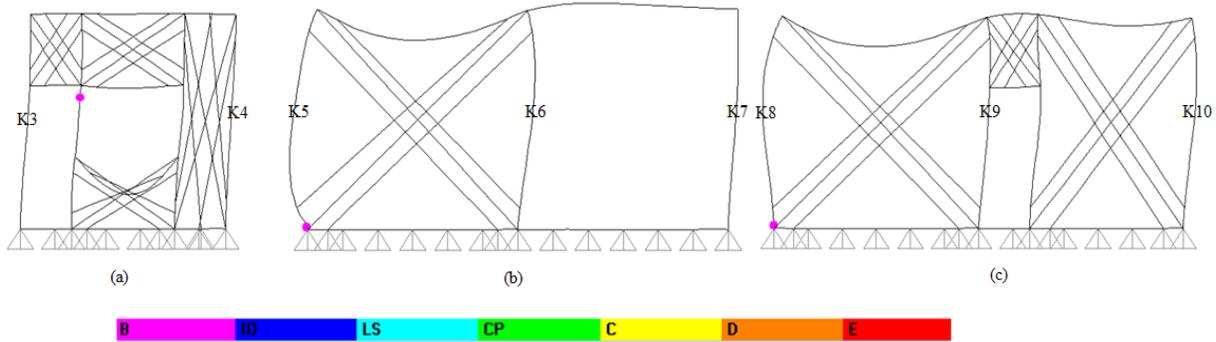
Gambar 8. Base Shear Sendi untuk Gempa El-Centro 2500 Tahun Arah X

Tabel 1. Base-Shear Maksimum Gempa Arah X Rumah Sederhana Normal

Base Shear	(Gempa X)			
	Gempa 500 Tahun		Gempa 2500 Tahun	
	Link	Sendi	Link	Sendi
Max (-)	-78559.1	-84210.3	-92020.1	-129833
Max (+)	99727.6	132455.5	118254.1	199801.4

4.2 Pola Kerusakan pada Rumah Sederhana

Kerusakan pada rumah sederhana akibat Gempa El-Centro hanya terjadi pada rumah dengan perletakan sendi pada periode ulang 2500 tahun. Sendi plastis yang terjadi pada rumah sederhana hanya terjadi pada kolom praktis, kolom K5, dan kolom K8 yang dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Pola Kerusakan (a) Potongan Y2 (b) Potongan Y3 (c) Potongan Y4 Akibat Gempa El-Centro Periode 2500 Tahun Arah X pada Rumah Sederhana

4.3. Drift pada Struktur Rumah Sederhana

Perbandingan nilai *drift* antara perletakan *friction isolator* dan sendi yang terjadi pada kolom rumah sederhana normal untuk gempa arah X dengan periode ulang gempa 500 tahun dan dengan periode ulang 2500 tahun dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Perbandingan Besarnya Nilai Drift untuk Gempa Arah X pada Rumah Sederhana

Jenis Kolom	Drift % (Gempa arah X)					
	<i>Friction isolator</i> 500 th	Sendi 500 th	<i>Friction isolator</i> 2500 th	Sendi 2500 th	F. Isolator	F. Isolator
					Sendi 500 th	Sendi 2500 th
K1	0.151	0.168	0.19	0.257	0.899	0.739
K2	0.151	0.167	0.189	0.257	0.904	0.735
K3	0.148	0.162	0.181	0.249	0.914	0.727
K4	0.148	0.162	0.181	0.249	0.914	0.727
K5	0.103	0.134	0.124	0.205	0.769	0.605

Tabel 3. Perbandingan Besarnya Nilai *Drift* untuk Gempa Arah X pada Rumah Sederhana (Lanjutan)

Jenis Kolom	Drift % (Gempa arah X)					
	<i>Friction isolator</i>	Sendi	<i>Friction isolator</i>	Sendi	F. Isolator	F. Isolator
	500 th	500 th	2500 th	2500 th	Sendi 500 th	Sendi 2500 th
K6	0.104	0.134	0.125	0.205	0.776	0.610
K7	0.105	0.134	0.126	0.205	0.784	0.615
K8	0.081	0.103	0.104	0.158	0.786	0.658
K9	0.081	0.103	0.104	0.158	0.786	0.658
K10	0.082	0.103	0.105	0.158	0.796	0.665
K11	0.083	0.096	0.102	0.147	0.865	0.694
K12	0.082	0.095	0.102	0.147	0.863	0.694
K13	0.081	0.103	0.104	0.158	0.786	0.658
K14	0.082	0.096	0.102	0.147	0.854	0.694

Dari hasil drift yang **Tabel 2** dan **Tabel 3** dapat disimpulkan bahwa nilai *drift* dari kolom pada rumah sederhana dengan perletakan *friction isolator* rata-rata nilainya lebih kecil daripada perletakan sendi. Namun rasionya berbeda-beda karena *slip* yang terjadi pada rumah terjadi secara tidak bersamaan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *friction base isolation* dapat mengurangi kerusakan yang terjadi pada rumah sederhana. Selain itu rumah sederhana yang menggunakan *friction base isolation* mengalami *base shear* yang lebih kecil yaitu 75.29 % dari rumah sederhana dengan perletakan sendi untuk gempa 500 th dan 66.29% untuk gempa 2500 th. Mengenai *drift* yang terjadi pada rumah sederhana, rumah sederhana yang menggunakan perletakan *friction base isolation* secara umum mengalami *drift* yang lebih kecil (rata-rata 83.5% untuk gempa 500 th dan rata-rata antara 67.7% untuk gempa 2500 th) jika dibandingkan rumah sederhana yang menggunakan perletakan sendi.

6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012*, Indonesia.
- Computer and Structures Inc. (2007). *CSI Analysis Reference Manual*, California, USA.
- Gunawan, A., Herryanto. (2014). *Kemungkinan Penggunaan Base Isolaton pada Bangunan Sederhana. Student Journal*, Surabaya, Indonesia.
- Kaushik, H. B., Rai, D. C., and Jain S. K. (2008). *A Rational Approach to Analytical Modeling of Masonry Infills in Reinforced Concrete Frame Buildings. The 14th World Conference on Earthquake Engineering 2008*, Beijing, China.
- Lumantarna, B., Lukito, M. (1997). *RESMAT Sebuah Program Interaktif untuk Menghasilkan Riwayat Waktu Gempa dengan Spektrum Tertentu. Proceedings of HAKI Conference 1997*, Jakarta, Indonesia.
- Paulay, T. and Priestley, M.J.N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons Inc*, New York, United States.
- Teddy Boen dan Rekan. (2005). *Membangun Rumah Tembokan Tahan Gempa. Jakarta*, Indonesia.