

# ANALISIS GAYA GESER PADA BANGUNAN MENGUNAKAN BASE ISOLATOR SEBAGAI PEREDUKSI BEBAN GEMPA

Muliadi<sup>1</sup>, Mochammad Afifuddin<sup>2</sup>, T. Budi Aulia<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh

<sup>2,3)</sup> Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

email: [muliadi.eng@gmail.com](mailto:muliadi.eng@gmail.com), [afifuddin64@gmail.com](mailto:afifuddin64@gmail.com), [bdaulia@gmail.com](mailto:bdaulia@gmail.com)

## Abstrak

Kejadian gejala alam yang banyak mengakibatkan korban jiwa salah satunya adalah bencana gempa. Indonesia merupakan Negara kepulauan yang dipisahkan oleh lautan. Hal ini menunjukkan Indonesia merupakan Negara yang besar akan kelimpahan daratan dan lautan. Indonesia memiliki sifat yang dinamis terhadap variasi bentuk wilayah gempa. Dalam hal ini diperlukan langkah-langkah untuk meminimalisir kerusakan akibat gempa tersebut. Salah satunya adalah dengan menggunakan *base isolator*. Sistem *base isolator* ini bisa melindungi bangunan dari kerusakan parah selama gempa besar terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis gaya geser (*base shear*) yang terjadi akibat efek gempa pada bangunan. Baik dalam penggunaan *base isolator* maupun yang tanpa menggunakan *base isolator*. Desain struktur ini dilakukan dengan analisis beban *time history dynamic* pada bangunan SRPMK (struktur rangka pemikul momen khusus). Dengan bangunan lantai 10 tingkat, bentuk beraturan, pada bangunan SRPMK (struktur rangka pemikul momen khusus). Hal yang diperbandingkan berupa gaya geser (*base shear*) arah memanjang (X) dan arah melintang (Y) akibat gempa. Analisis data yang dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* komputer SAP2000. Pembebanan pada gedung didasarkan pada peraturan bangunan gedung beton bertulang dan analisa dinamik *Time History Modal Analysis* struktur dalam Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012). Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa penggunaan *base isolator* dapat mereduksi gaya geser (*base shear*), baik dari arah memanjang dan melintang. Nilai rata-rata riwayat gempa pada penggunaan *base isolator* dapat direduksi pada bangunan SRPMK berurut mencapai 62% arah-x, 67% arah-y.

Kata kunci : *base isolator*; gaya geser (*base shear*), SRPMK; analisa riwayat waktu.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang dipisahkan oleh lautan. Hal ini menunjukkan Indonesia merupakan Negara yang besar akan kelimpahan daratan dan lautan. Indonesia memiliki sifat yang dinamis terhadap variasi bentuk wilayah gempa. Daratan yang luas memberikan efek dari kejadian alam yang berbeda-beda dari satu pulau dengan pulau lainnya. Kejadian gejala alam yang banyak mengakibatkan korban jiwa salah satunya adalah bencana gempa. Banyak pakar ahli gempa hanya dapat menganalisa untuk meredakan efek dari kejadian gempa serta meminimalisir akibat dari pengaruh kerusakan gempa yang terjadi. Namun kerusakan terus terjadi selama efek gempa berlangsung. Hal ini mencerminkan bahwa Indonesia belum sepenuhnya tanggap akan kondisi alam yang rawan akan gempa. Indonesia sebagai negara rawan gempa harus sigap bila terjadi gempa yang terjadinya dapat kapan saja.

Peristiwa gempa yang sering terjadi di Indonesia mengakibatkan banyak jatuhnya korban jiwa, tidak hanya jiwa manusia sampai harta benda juga teralami. Menurut Madutujuh, N (1989) bukan gempalah yang membunuh, atau pun kontruksi gedungnya, tetapi desain kontruksi gedung yang tidak baik. Dalam kasus ini, struktur bangunan harus dirancang tahan gempa. Salah satu teknologi gedung tahan gempa adalah teknologi dengan *base isolator system* (Hazmi et al, 2011).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis gaya geser yang terjadi akibat efek gempa pada bangunan baik dalam penggunaan *base isolator* maupun yang tanpa menggunakan *base isolator*. Desain struktur ini dilakukan dengan analisis beban *time history dynamic* pada bangunan SRPMK (struktur rangka pemikul momen khusus).

Penelitian yang berkaitan telah dilakukan dalam kajian analisis respon bangunan menggunakan *base isolator* sebagai pereduksi beban gempa di wilayah gempa kuat, dan hasilnya menunjukkan bahwa Bangunan SRPMK *base isolator* dapat memperbesar perioda alami struktur dibandingkan dengan SRPMK tanpa *base isolator* dan peningkatan perioda struktur menyebabkan gaya gempa yang bekerja pada bangunan akan menjadi lebih kecil dan *base isolator* merupakan komponen reduksi lateral. Dalam hal ini kajian difokuskan terhadap perioda bangunan. Bertitik tolak dari temuan tersebut, penelitian ini menguji coba sistem *slider isolator* pada model struktur bertingkat sepuluh sama halnya penelitian sebelumnya, di mana kajian ini lebih memperdalam hasil pencapaian kepada hasil gaya geser (*base shear*) yang bekerja pada tiap-tiap komponen struktur, ini dapat memberikan hasil kajian tambahan pada analisis penggunaan base isolator dalam perspektif kajian gaya geser (*base shear*).

## 2. Tinjauan Kepustakaan

### 2.1 Sistem Kontrol Struktur

Ada beberapa sistem kontrol respons struktur akibat gaya gempa dimana sistem ini dapat digolongkan atas tiga kelompok, yaitu:

1. Sistem isolasi dasar,
2. Sistem kontrol passive,
3. Sistem kontrol active-semiactive.

Konsep pemakaian sistem kontrol struktural merupakan perkembangan yang cukup signifikan dalam rekayasa kegempaan dalam 25 tahun terakhir. Sistem ini telah banyak digunakan Negara–Negara yang mempunyai resiko tinggi terhadap gempa seperti Jepang, Italy, USA, Selandia Baru, Portugal, Iran, Indonesia, Turki, China, dan Taiwan. Meskipun penggunaan sistem ini masih terbatas, sistem isolasi seismik dan energi dissipator passive atau kombinasinya merupakan sistem kontrol struktural yang paling banyak diterapkan pada bangunan di dunia untuk mengontrol respon bangunan akibat gempa. Sistem kontrol struktural secara passive tidak membutuhkan energi listrik (power) untuk menghasilkan gaya kontrol pada struktur. Pada sistem passive gaya kontrol dihasilkan oleh sistem itu sendiri yang timbul karena adanya gerakan relatif dari titik-titik bagian struktur sendiri. Pada sistem kontrol aktif membutuhkan energi luar untuk menggerakkan aktuator untuk menghasilkan gaya kontrol yang

diinginkan struktur. Untuk mengukur respons struktur dibutuhkan sebuah sensor yang dihubungkan dengan komputer. Sensor akan mengirimkan informasi tentang respons struktur ke komputer dan komputer akan menentukan besarnya gaya yang diinginkan aktuator berdasarkan informasi tersebut. Kelebihan sistem aktif kontrol adalah menghasilkan repons struktur yang sesuai sedangkan kekurangannya adalah biaya yang tinggi karena membutuhkan power dari luar yang cukup besar (Teruna dan Hendrik, 2010).

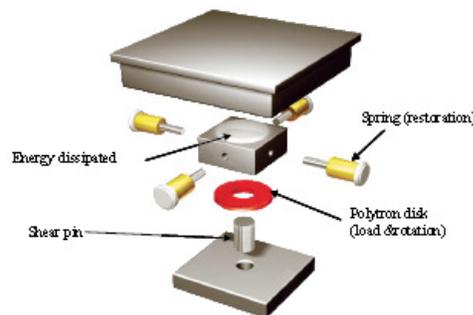
## 2.2 Studi Terkait Yang Telah Dilakukan

Teruna dan Hendrik (2010) melakukan penelitian dengan membahas analisis respon bangunan ICT Universitas Syiah Kuala yang memakai *slider isolator* akibat gaya gempa. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan *isolator* dapat mereduksi gaya geser dasar untuk arah melintang sampai mencapai 73% dan arah memanjang sebesar 72%. Besarnya reduksi gaya geser ini disebabkan isolator memiliki rasio redaman sampai 40% kritikal.

## 2.3 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Menurut Dewobroto (2005), bangunan pada daerah rawan gempa harus direncanakan mampu bertahan terhadap gempa. Trend perencanaan yang terkini yaitu *performance based seismic design*, yang memanfaatkan teknik analisa non-linear berbasis komputer untuk menganalisa perilaku inelastis struktur dari berbagai macam intensitas gerakan tanah (gempa) sehingga dapat diketahui kinerjanya pada kondisi kritis, selanjutnya dapat dilakukan tindakan bilamana tidak memenuhi persyaratan yang diperlukan yang didefinisikan sebagai strategi dalam perencanaan, pelaksanaan dan perawatan/ perkuatan sedemikian agar suatu bangunan mampu berkinerja pada suatu kondisi gempa yang ditetapkan.

Secara umum sistem isolasi seismik terbagi dalam dua kategori yaitu *Elastomeric Rubber Bearing* dan *Sliding Bearing*. Jenis *Elastomeric Rubber Bearing* terdiri dari jenis *high damping rubber bearing* (HDRB) dan *lead rubber bearing* (LRB). Sedangkan *sliding bearing* terdiri dari jenis *friction pendulum sistem* (FPS) dan *slider isolator*.



Gambar 1 Bentuk tipikal slider isolator  
Sumber: Teruna dan Hendrik (2010)

Pada umumnya perencanaan konvensional bangunan tahan gempa dengan memperhitungkan besaran gaya gempa dari kurva respon spektra elastis. Gaya gempa elastis dapat direduksi dengan faktor R untuk memperhitungkan dissipasi energi melalui deformasi inelastis yang terjadi pada struktur. Deformasi inelastis ini diarahkan pada bagian komponen struktur tertentu untuk mengabsorb energi pada peristiwa gempa kuat, dan biasanya direncanakan pada bagian balok yang dekat dengan sambungan balok-kolom (beam-column joint) sehingga mengakibatkan kerusakan yang cukup berarti pada komponen-komponen struktur tersebut (Teruna dan Hendrik, 2010).

Pada bangunan *base isolator* dengan jenis *slider isolator* konsep cara kerjanya hampir sama dengan jenis *base isolator* lainnya. Energi dissipasi dihasilkan oleh gesekan pada permukaan bahan PTFE (*Teflon*) sedangkan gaya pemulih dihasilkan oleh spring yang terbuat dari bahan polyurethane. Untuk memikul gaya vertikal maupun rotasi yang terjadi disediakan bearing yang disebut dengan polytron disk seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Salah satu teknik yang digunakan dalam bangunan tahan gempa adalah sistem *base isolator*. Prinsip sistem ini adalah memisahkan struktur bawah dengan struktur atas agar gaya gempa yang diterima struktur bawah (pondasi) tidak masuk ke struktur atas bangunan. Gaya gempa pada bangunan sebenarnya timbul dari hasil perkalian percepatan gempa dengan massa struktur oleh karena itu untuk mencegah terjadinya gaya gempa, struktur bangunan dibuat tidak mengikuti percepatan gempa. Percepatan gempa sangat berpengaruh terhadap gaya geser bangunan, hal ini perlu diantisipasi sehingga tidak terjadi kegagalan dalam sistem plastis dan elastis dalam bagian struktur.

#### 2.4 Gaya Geser (*Base Shear*)

Pengaruh gempa pada struktur bangunan dimodelkan dengan terjadinya gaya geser yang bekerja pada dasar bangunan yang disebut sebagai gaya geser dasar (*base shear*). Besarnya gempa yang bekerja mempengaruhi gaya geser dasar yang terjadi pada struktur bangunan. Menghitung distribusi beban geser (*base shear*) menjadi gaya geser tingkat, dengan cara analisa static dan analisa dinamik (Fillino, E., dkk, 2013).

#### 2.5 Konsep Isolasi Seismik

Sistem ini akan memisahkan bangunan atau struktur dari komponen horizontal pergerakan tanah dengan menyisipkan *isolator* yang mempunyai kekakuan yang relative kecil antara bangunan atas dengan fondasinya. Bangunan dengan sistem seperti ini akan mempunyai frekuensi yang relative lebih kecil dibandingkan dengan bangunan konvensional dan frekuensi dominan pergerakan tanah, akibatnya percepatan gempa yang bekerja pada bangunan menjadi lebih kecil. Ragam getar pertama hanya akan menyebabkan deformasi lateral pada sistem *isolator*, sedangkan struktur atas akan berperilaku sebagai *rigid body motion*. Ragam getar yang lebih tinggi yang dapat menimbulkan deformasi pada struktur tidak ikut berpartisipasi dalam respon struktur karena ragam getar yang seperti itu akan orthogonal terhadap ragam getar yang pertama dan gerakan tanah, sehingga energy gempa tidak akan disalurkan ke struktur bangunan (Naeim and Kelly, 1999).

### 3 Metode Penelitian

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Konstruksi bangunan yang akan dirancang merupakan bangunan gedung beton bertulang SRPMK. Pemodelan struktur terdiri dari model *fixed base* SRPMK dengan SRPMK *base isolator* yang terletak di wilayah gempa kuat berdasarkan peta gempa Indonesia yang tertuang pada SNI 1726:2012. Fungsi gedung adalah untuk perkantoran dengan berjarak 5 Km dari pantai berdasar beban angin  $40 \text{ Kg/m}^2$ , yang diasumsikan terletak di Banda Aceh dan bangunan terletak di kelas situs SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) di mana kelas situs SC dapat memberikan nilai jarak perpindahan tanah yang lebih kecil ( $d_g$ ), dan memberikan efek kekakuan bangunan lebih besar.

#### 3.2 Geometri model

Permodelan struktur ini dilakukan dengan menggunakan *software SAP2000* (*Structure Analysis Program*). Analisis dilakukan dengan cara *time analysis history dynamic*. Bentuk dari bagian elemen balok-kolom diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Bentuk elemen ini, di perlihatkan dalam bentuk 2D dengan adanya nilai-nilai bagian dari elemen struktur yang akan di rencanakan.

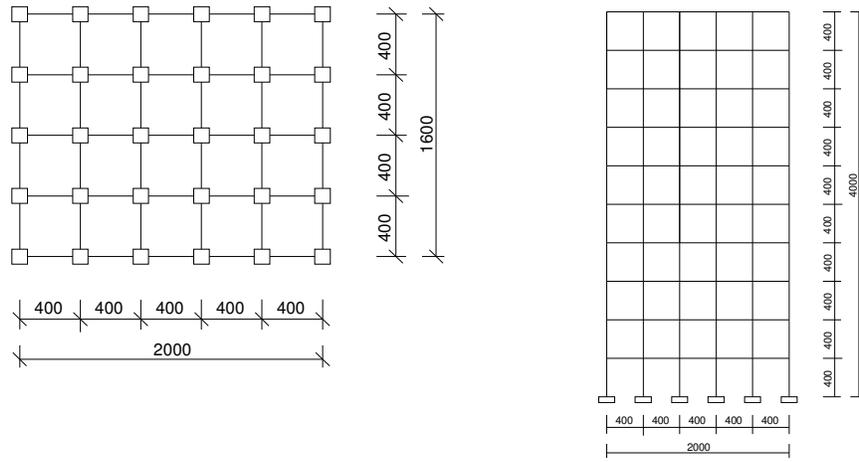
Tabel 1 Element struktur balok

No	Lantai	Balok	Dimensi Penampang		Panjang Balok L (m)
			b (m)	h (m)	
1	Lantai 1	B1	0,35	0,70	4,00
2	Lantai 2	B2	0,35	0,70	4,00
3	Lantai 3	B3	0,35	0,70	4,00
4	Lantai 4	B4	0,35	0,70	4,00
5	Lantai 5	B5	0,35	0,70	4,00
6	Lantai 6	B6	0,35	0,70	4,00
7	Lantai 7	B7	0,35	0,70	4,00
8	Lantai 8	B8	0,35	0,70	4,00
9	Lantai 9	B9	0,35	0,70	4,00
10	Lantai Atap	RB10	0,30	0,60	4,00

Tabel 2 Element struktur kolom

No	Lantai	Dimensi Penampang		Tinggi Kolom H (m)
		b (m)	h (m)	
1	Lantai 1	0,80	0,80	4,00
2	Lantai 2	0,80	0,80	4,00
3	Lantai 3	0,80	0,80	4,00
4	Lantai 4	0,80	0,80	4,00
5	Lantai 5	0,80	0,80	4,00
6	Lantai 6	0,80	0,80	4,00
7	Lantai 7	0,80	0,80	4,00
8	Lantai 8	0,80	0,80	4,00
9	Lantai 9	0,80	0,80	4,00
10	Lantai Atap	0,80	0,80	4,00

Tampilan denah dan geometri penampang 2D diperlihatkan pada Gambar 2

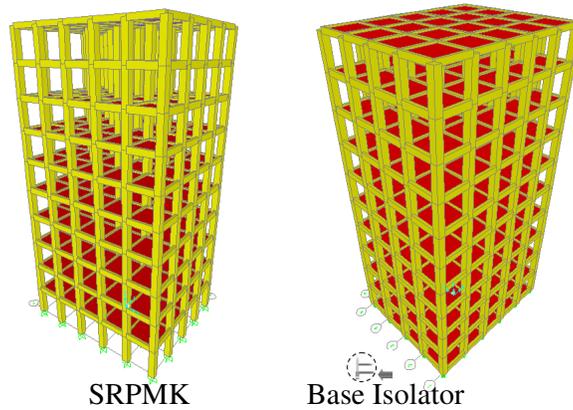


Denah bangunan

Tampak Bangunan

Gambar 2 Geometri penampang 2D

Pemodelan 3D seperti diperlihatkan Gambar 3



SRPMK

Base Isolator

Gambar 3 Pemodelan 3D pada SAP 2000

Characteristic *base isolator* model *slider isolator* merupakan bagian dari *isolation* untuk meminimalisir beban gempa yang terjadi. Spesifikasi Elemen Struktur Base Isolator dapat diperlihatkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Spesifikasi elemen struktur base isolator

Title	RME QS	Serial NO.	2009 - 35CB
Beban Vertikal Max	1750 KN	Manuf Y.M	2009.12
Kekakuan Horizontal Pada Regangan 100%	0.95	Hor Load	
		Perpindahan Max	± 100 mm

### 3.3 Analisa struktur

Prosedur dan asumsi dalam perencanaan serta besarnya beban rencana mengikuti ketentuan berikut ini:

1. Ketentuan mengenai perencanaan dalam tata cara ini didasarkan pada asumsi bahwa struktur direncanakan untuk memikul semua beban kerjanya.
2. Beban kerja diambil berdasarkan SNI-03-1727-1989, *Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung*, atau penggantinya.

Beban gempa yang digunakan dalam analisis *time history* berupa rekaman percepatan tanah untuk gempa tertentu, dalam penelitian ini diambil 4 rekaman gempa;

- El Centro 1940 yang terjadi di Imperial Valley-02, California pada tanggal 19 Mei 1940;
- Kobe yang terjadi pada tanggal 16 Januari 1995;
- Italia yang terjadi pada tanggal 23 November 1980;
- Taiwan yang terjadi pada tanggal 20 September 1999.

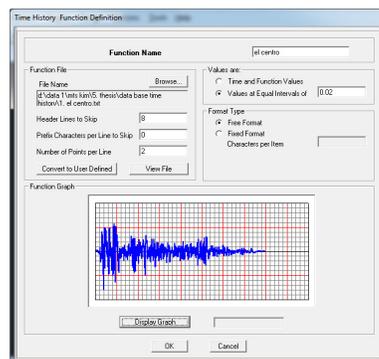
Langkah-langkah dalam analisis *time history* menggunakan program SAP 2000 adalah sebagai berikut:

a. Data riwayat waktu

Dalam analisis ini digunakan hasil rekaman akselerogram gempa sebagai input data percepatan gerakan tanah akibat gempa. Rekaman gerakan tanah akibat gempa diambil dari akselerogram gempa EI Centro N-S, Kobe, Italia dan Taiwan.

b. Memasukkan data riwayat gempa

Data riwayat gempa tersebut dapat diinput dengan mengklik *define, time history function, fuction from file*. Kemudian browse di my computer/C/program files/ computer and structures/SAP/time history function/ imperial valley.



Gambar 4 Time history fuction definition

Dalam analisis ini redaman struktur (*damping*) yang harus diperhitungkan dapat dianggap 5% dari redaman kritisnya.

Factor skala yang digunakan =  $g.I/R$ , di mana G adalah percepatan grafitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ), I adalah factor keutamaaan gedung dan R adalah factor reduksi gempa.

Untuk memasukkan beban gempa *time history* kedalam SAP maka harus didefinisikan terlebih dahulu ke dalam *time history case*. Mengingat akselerogram tersebut terjadi selama 10 detik, maka dengan interval waktu 0,1 detik, jumlah *output step-nya* menjadi 10/0,1 sebesar 100. Data-data tersebut diinputkan kedalam SAP untuk gempa *time history* arah memanjang dan melintang.

a. Run program

Dengan megklik menu *analyze* dan klik *set analysis option* dipilih model frame atau DOF selanjutnya klik *analyze*, *run analysis* dan klik *run now*.

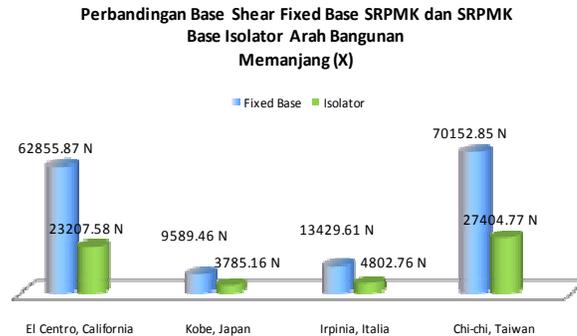
b. Hasil analisis

Hasil analisis berupa perioda struktur akibat gempa. Serta hubungan antar variabel yang diuraikan diatas dan penentuan model bangunan dengan kinerja yang baik.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Hasil

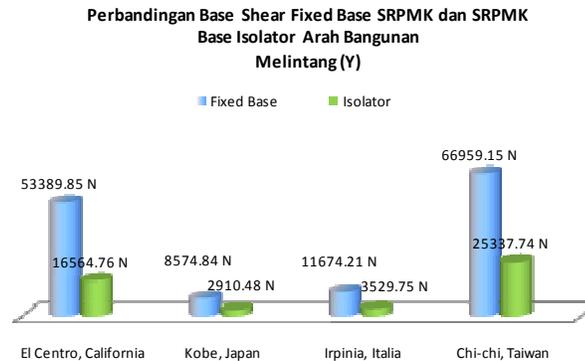
Dari hasil analisa struktur, maka diperoleh respon struktur berupa gaya geser struktur, dimana perbandingan gaya geser *fixed base structure* dan base *isolated structure* seperti diperlihatkan pada gambar 5 dan gambar 6. Grafik perbandingan gaya geser *fixed base SRPMK* dan *SRPMK* dengan *isolator* arah memanjang (X) Seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Perbandingan gaya geser *fixed base SRPMK* dan *SRPMK base isolated* arah bangunan memanjang (X)

Dari hasil analisis diperoleh nilai gaya geser dasar arah-x pada bangunan *fixed base SRPMK* lebih besar dibanding dengan nilai *SRPMK base isolator*. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa riwayat waktu gempa Chi-chi memiliki nilai gaya geser yang paling besar diantara riwayat gempa lainnya, mencapai 70152.85 N untuk *fixed base SRPMK* dan 27404.77 N untuk *SRPMK base isolator*. Nilai gaya geser ini dipengaruhi karena besarnya magnitude gempa yang terjadi di Chi-chi sangat tinggi mencapai 7.62 dengan kedalaman dasar gempa 6.8 Km. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan nilai riwayat gempa Irpinia, Kobe dan juga riwayat gempa El Centro.

Grafik perbandingan gaya geser *fixed base* SRPMK dan SRPMK dengan *isolator* arah melintang (Y) Seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perbandingan gaya geser *fixed base* SRPMK dan SRPMK *base isolated* arah bangunan melintang (Y)

Dari hasil analisis diperoleh nilai gaya geser dasar arah-y pada bangunan *fixed base* SRPMK lebih besar dibanding dengan nilai SRPMK *base isolator*, hal ini sama halnya dengan arah-x dimana riwayat waktu gempa Chi-chi memiliki nilai gaya geser yang paling besar diantara riwayat gempa lainnya. Nilai gaya geser dasar arah-y mencapai 66959.15 N untuk *fixed base* SRPMK dan 25337.74 N untuk SRPMK *base isolator*. Perbandingan ratio SRPMK *base isolator* dengan SRPMK yaitu 38%, dan terjadinya reduksi gaya geser mencapai 62% dari bangunan SRPMK terhadap bangunan SRPMK *base isolator*.

## 4.2 Pembahasan

Dari rata-rata riwayat gempa baik el-centro (California), kobe (Japan), irpinia (Italia), dan chi-chi (Taiwan) penggunaan *base isolator* dapat mereduksi gaya geser dasar untuk arah memanjang (X) sampai mencapai 62% dan arah melintang (Y) sebesar 67%. Besarnya reduksi gaya geser ini disebabkan isolator memiliki rasio redaman sampai 40% kritikal. Disamping itu pemakaian isolator juga memperpanjang waktur getar bangunan sampai 2.5 kali dari bangunan konvensional (tanpa isolator).

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan *base isolator* dapat mereduksi *base shear*, baik dari arah memanjang dan melintang. Nilai rata-rata riwayat gempa pada penggunaan *base isolator* dapat direduksi pada bangunan SRPMK berurut mencapai 62% arah-x, 67% arah-y.

## 5.2 Saran

Penelitian ini hanya menganalisis pengaruh penggunaan gaya geser pada bangunan *base isolator* jenis *slider isolator* terhadap bangunan SRPMK dengan bangunan tanpa *base isolator*. Dalam hal ini dilakukan studi bangunan sistem ganda, bentuk beraturan dan berlantai 10. Oleh karenanya disarankan untuk studi selanjutnya dilakukan analisis Simpangan antar lantai (*interstory drift*) bangunan dan perpindahan (*displacement*) pada bangunan agar penerapan prinsip *isolator* pada tiap model bangunan dapat diketahui lebih detail.

## Daftar Kepustakaan

- Dewobroto, W., 2005, *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisis Pushover*, Civil Engineering National Conference: Sustainability, Construction & Structural Engineering Based on Professionalism, Unika Soegjiapranata, Semarang.
- Fillino, E., Reky, S.W., Servie, O.D, and Steenie, E.W, 2013, *Perhitungan Gaya Geser Pada Bangunan Bertingkat Yang Berdiri Di Atas Tanah Miring Akibat Gempa Dengan Cara Dinamis*, Jurnal Sipil Statik; Vol. 1, No. 3 (2013), Manado.
- Hazmi, M., Risty, M., and Agung, S., 2011, *Perbandingan Kinerja Struktur Yang Menggunakan Base Isolator Dengan Tanpa Base Isolator Dengan Analisis Beban Dorong (Pushover)*, Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur dan Sipil), Universitas Gunadama-Depok, ISSN: 1858-2559, vol. 4 Oktober 2011.
- Madutujuh, N., 1989, *Engineering Software Research Center*, 05 Sep 2011, <https://sites.google.com/site/nathanmadutujuh/>
- Naeim, F., & Kelly, J.M., 1999, *Design Of Seismic Isolated Structures: From Theory To Practice*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *Tata Cara Perhitugan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, (SNI 03-2847-2002), Badan Standardisasi Nasional, Puslitbang pemukiman, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, (SNI 1726:2012), Badan Standardisasi Nasional, Puslitbang pemukiman, Bandung.
- Teruna, D.R., & Hendrik, S., 2010, *Analisis Response Bangunan ICT Universitas Syiah Kuala Yang Memakai Slider Isolator Akibat Gaya Gempa*, Perkembangan dan Kemajuan Kontruksi Indonesia, Seminar dan Pameran HAKI, 2010.