

## ANALISIS RESPON BANGUNAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATOR SEBAGAI PEREDUKSI BEBAN GEMPA DI WILAYAH GEMPA KUAT

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

<sup>1</sup>Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala Banda Aceh  
Darussalam Banda Aceh 23111, email: [mtsunsyiah@yahoo.co.id](mailto:mtsunsyiah@yahoo.co.id)

<sup>2,3</sup>Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala  
Darussalam Banda Aceh 23111

**Abstract:** *Building's damage caused by the earthquake is conventionally can be prevented by strengthening structures against earthquake forces acting on it. Consequently, if there is a big earthquake then the building could not withstand lateral forces caused by the earthquake, so that the building will be damaged. That's necessary measures to minimize the damage caused by the earthquake. One way is to use the base isolator. Base Isolator systems to protect the building from severe damage during a large earthquake occurs. This study was conducted to compare the performance of the structure in the use of base isolators with the isolator without using the base, the dual system of the building, the 10th floor level, irregular shape, both in buildings SRPMK (bearer of a special moment frame structure) and shear wall buildings. It is comparable period in the form of structures, shear force (base shear) longitudinal and transverse direction, the deviation between floors of a building (interstory drift), and the lateral displacement of the building (displacement) caused by the earthquake. Data analysis was performed with the help of computer software SAP2000. Loading on the building based on a reinforced concrete building regulations and dynamic analysis Time History Analysis Capital structure in Planning Procedures for Earthquake Resistance of Building Structures and Non- Building (SNI 1726:2012). From these results it can be seen that the use of base isolators enlarge the natural period. Values on SRPMK period, SRPMK base isolators, wall shear and wall shear magnitude insulator base row 0.781 seconds, 1.797 seconds, 0.988 seconds and 2.465 seconds. This causes the seismic work force becomes smaller.*

**Keywords:** *base isolator; period; SRPMK; analysis time history.*

**Abstrak:** Kerusakan bangunan yang disebabkan oleh gempa secara konvensional dapat dicegah dengan memperkuat struktur bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja padanya. Akibatnya apabila ada gempa besar maka bangunan itu tidak sanggup menahan gaya lateral yang disebabkan oleh gempa, sehingga bangunan tersebut akan mengalami kerusakan. 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 dilakukan untuk mengetahui perbandingan kinerja struktur dalam penggunaan *base isolator* dengan yang tanpa menggunakan *base isolator*, pada bangunan sistem ganda, lantai 10 tingkat, bentuk beraturan, baik pada bangunan SRPMK (struktur rangka pemikul momen khusus) maupun bangunan dinding geser. Hal yang diperbandingkan berupa perioda struktur, gaya geser (*base shear*) arah memanjang dan melintang, simpangan antar lantai bangunan (*interstory drift*), dan perpindahan lateral bangunan (*displacement*) 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* memperbesar perioda alami. Nilai perioda pada SRPMK, SRPMK *base isolator*, dinding geser dan dinding geser *base isolator* besarnya berturut-turut 0.781 detik, 1.797 detik, 0.988 detik dan 2.465 detik. Hal ini menyebabkan gaya gempa yang bekerja menjadi lebih kecil.

**Kata kunci :** *base isolator; perioda, SRPMK; analisa riwayat waktu.*

## PENDAHULUAN

Indonesia berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai daerah rawan terjadinya gempa bumi, serta memiliki potensi aktivitas seismik cukup tinggi dan rawan terhadap bahaya gempa. Tingginya aktifitas seismik yang terjadi, maka dalam perencanaan bangunan di Indonesia harus diperhitungkan aspek-aspek kegempaan, selain aspek beban-beban lain yang bekerja pada bangunan yang direncanakan. Perencanaan dilakukan sesuai lokasi kejadian seperti dalam peraturan gempa SNI 1726:2012.

Dalam beberapa kejadian gempa bumi di kota besar di Indonesia, seperti di Aceh, Yogyakarta dan Padang, telah dijumpai banyak kerusakan bangunan dan menelan lebih banyak korban jiwa jika dibandingkan dengan gempa yang terjadi di Jepang tahun 2011. 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. Menurut Madutujuh (1989) bukan gempa yang membunuh, atau pun gedungnya, tetapi gedung yang didesain dengan buruk, sehingga struktur bangunan harus dirancang tahan gempa. Salah satu teknologi gedung tahan gempa adalah teknologi dengan *base isolator system* (Hazmi, dkk 2011).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbandingan kinerja struktur dalam penggunaan *base isolator* dengan yang tanpa menggunakan *base isolator* dengan analisis beban

*time history dynamic*. Pada bangunan SRPMK (struktur rangka pemikul momen khusus) dengan bangunan *fixed base structure* pada bangunan SRPMK. Teruna, dkk (2010) telah melakukan penelitian sistem *slider isolator* pada bangunan ICT Universitas Syiah Kuala akibat gaya gempa, dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini mampu untuk meminimalisir gaya gempa secara signifikan. Bertitik tolak dari temuan tersebut, penelitian ini menguji coba sistem *slider isolator* pada model struktur bertingkat sepuluh.

## KAJIAN KEPUSTAKAAN

### Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

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. Metode tersebut mulai populer sejak diterbitkannya dokumen Vision 2000 (SEAOC, 1995) dan NEHRP (BSSC, 1995), yang didefinisikan sebagai strategi dalam perencanaan, pelaksanaan dan perawatan/perkuatan sedemikian agar suatu bangunan mampu berkinerja pada suatu kondisi gempa yang ditetapkan, yang diukur dari besarnya kerusakan dan dampak perbaikan yang diperlukan (Dewobroto, 2005).

### Studi Terkait Yang Telah Dilakukan

Teruna (2005) telah melakukan penelitian dengan analisis respon bangunan dengan *base isolator* akibat gaya gempa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bangunan dengan *isolator* memiliki perioda struktur lebih besar dari bangunan tanpa *isolator*. Peningkatan periode ini mencapai 96%. Peningkatan perioda struktur menyebabkan gaya gempa yang bekerja pada bangunan akan menjadi lebih kecil.

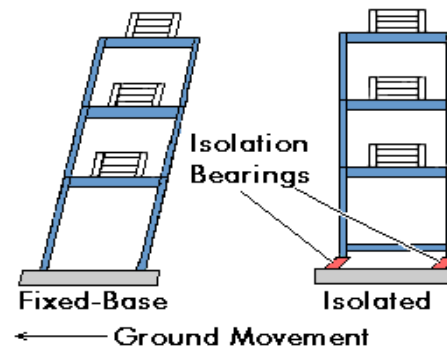
Teruna dan Hendrik (2010) melakukan penelitian dengan membahas analisis respon bangunan ICT Universitas Syiah Kuala yang memakai *slider isolator* akibat gaya gempa. Hasil penelitian ini menunjukkan pemakaian *isolator* juga memperpanjang waktu getar bangunan sampai 2.5 kali dari bangunan konvensional (*fixed base*). Dari hasil ini menunjukkan bangunan diatas *isolator* berperilaku sebagai *rigid body*. Dapat dikatakan secara keseluruhan kinerja bangunan dengan *isolator* berada pada level operasional.

Lestari (2012) melakukan perbandingan kinerja menggunakan berbagai bentuk *base isolator* pada gedung Tsunami Refuge Center Kantor Gubernur Sumatra Barat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perioda alami struktur meningkat sampai dengan 84,32 % bila menggunakan *isolator* FPS jika dibandingkan dengan bangunan *fixed base*.

### Base Isolator

Secara umum sistem isolasi seismik terbagi dalam dua kategori yaitu *Elastomeric Rubber Bearing* dan *Sliding Bearing*. Adapun

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*. Struktur bangunan *base isolator* diperlihatkan pada **Gambar 1**.



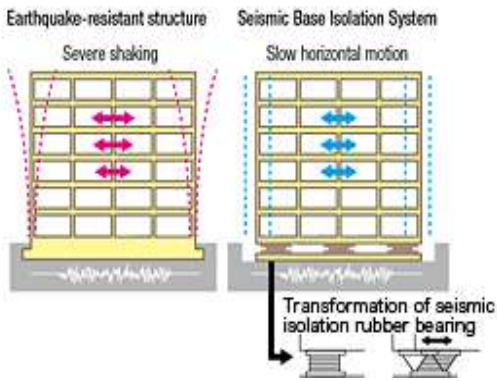
**Gambar 1.** Struktur base isolator

Sumber : Mceer, 2009

Beberapa penelitian mengenai isolasi dasar telah dilakukan sebagai upaya melindungi struktur dari kegagalan dengan mengurangi deformasi relatif dari elemen-elemen struktur. Dan juga telah berusaha untuk mempelajari kinerja dan parameter desain paling menguntungkan untuk sistem isolasi dasar dengan menggunakan berbagai jenis *isolator* yang berbeda. Berbagai perangkat isolasi seperti *elastomeric bearings*, *lead rubber bearings*, *frictional/ sliding bearings* juga telah dikembangkan dan digunakan dalam desain bangunan anti-seismik dan jembatan (Setio, dkk 2012).

Pada struktur gedung yang menggunakan isolasi seismik berupa *base isolator* akan menyebabkan struktur akan berdeformasi

dengan tetap mempertahankan bentuknya. Sehingga gedung dengan *base isolator* akan memperlihatkan perpindahan lantai yang cukup besar. **Gambar 2:** Menunjukkan deformasi pada bangunan.



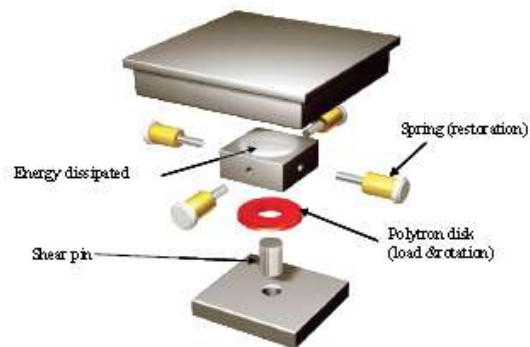
**Gambar 2.** Sketsa perbandingan deformasi pada gedung fixed base dan gedung isolator

Sumber : Bridgestone, 2011

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.

Pada bangunan *base isolator* dengan jenis *slider isolator* yang dipasang berbeda materialnya dengan *isolator* jenis elastomerik (terdiri dari karet dan pelat baja) maupun dengan jenis FPS (terdiri dari pelat baja dan teflon), tetapi cara kerjanya hampir sama.

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 (Teruna, 2010). Bentuk tipikal dapat terlihat seperti pada **Gambar 3.**



**Gambar 3.** Bentuk tipikal slider isolator

Sumber : Teruna, 2010

Kelebihan sistem ini adalah memiliki damping yang cukup besar dapat mencapai sampai 60% dari damping kritis (Teruna, 2010).

### 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).

## METODE PENELITIAN

### Rancangan Penelitian

Kontruksi 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). Dimana kelas situs SC dapat memberikan nilai jarak perpindahan tanah yang lebih kecil ( $d_g$ ), dan memberikan efek kekakuan bangunan lebih besar.

### Geometri model

Permodelan struktur dilakukan sesuai dengan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) dan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa

Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2012) dengan menggunakan Peta Hazard Gempa 2010.

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 terlihat 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**

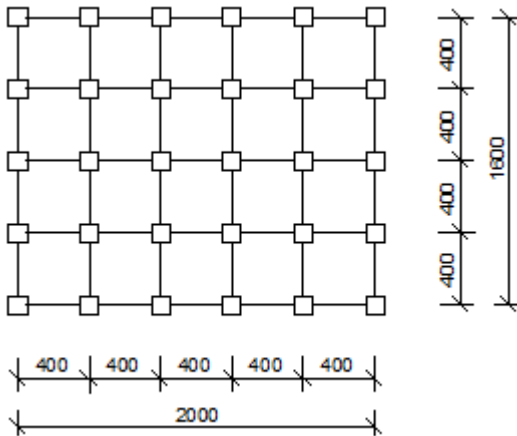
No	Lantai	Balok	Dimensi Penampang		Panjang Balok L (m)
			b (m)	h (m)	
1	Lantai 1	B1	0,35	0,70	4,00
2	Lantai 2	B2	0,35	0,70	4,00
3	Lantai 3	B3	0,35	0,70	4,00
4	Lantai 4	B4	0,35	0,70	4,00
5	Lantai 5	B5	0,35	0,70	4,00
6	Lantai 6	B6	0,35	0,70	4,00
7	Lantai 7	B7	0,35	0,70	4,00
8	Lantai 8	B8	0,35	0,70	4,00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

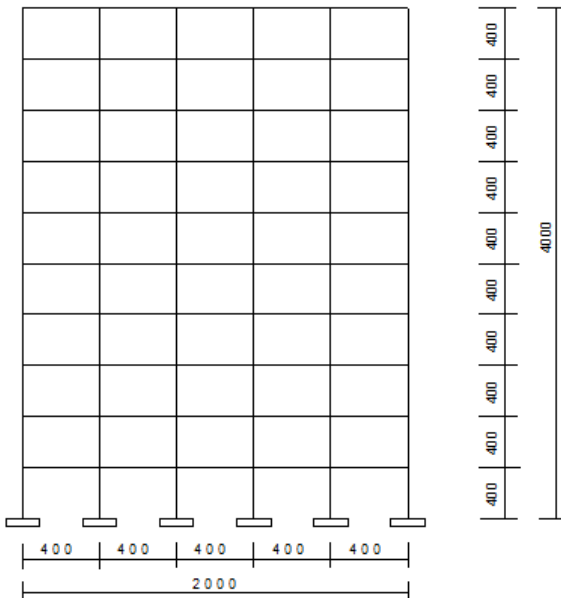
No	Lantai	Dimensi Penampang		Tinggi Kolom H (m)
		b (m)	h (m)	
1	Lantai 1	0,80	0,80	4,00
2	Lantai 2	0,80	0,80	4,00
3	Lantai 3	0,80	0,80	4,00
4	Lantai 4	0,80	0,80	4,00
5	Lantai 5	0,80	0,80	4,00
6	Lantai 6	0,80	0,80	4,00
7	Lantai 7	0,80	0,80	4,00

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 seperti terlihat dalam **Gambar 4** dan **Gambar 5** berikut:



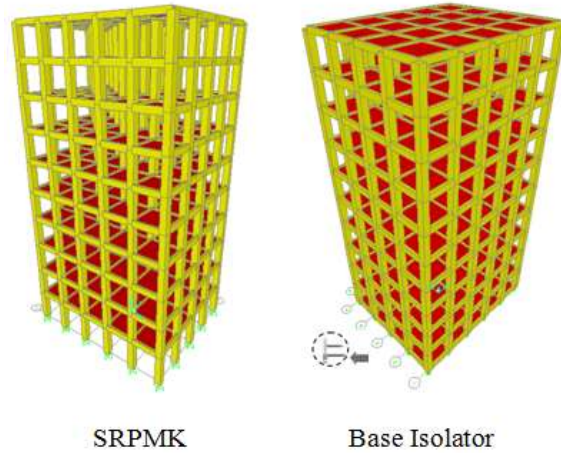
**Gambar 4. Denah bangunan**



**Gambar 5. Geometri penampang 2D**

Pemodelan 3D seperti diperlihatkan **Gambar**.

**6.**



**Gambar 6. 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	
		Perpind ahan Max	± 100 mm

### 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:

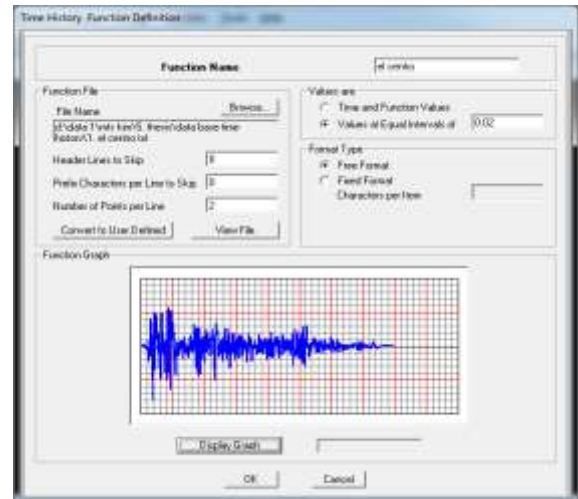
- a. Data riwayat waktu

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 7.** *Time history fuction definition*

Dalam analisis ini redaman struktur (*damping*) yang harus diperhitungkan dapat dianggap 5% dari redaman kritisnya. Factor skala yang digunakan =  $g.I/R$ , dimana;

$G$  = percepatan grafitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$I$  = factor keutamaan gedung

$R$  = 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  $10/0,1 = 100$ . Data-data tersebut diinputkan kedalam SAP untuk gempa *time history* arah memanjang dan melintang.

- c. 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*.

d. Hasil analisis

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

**HASIL PEMBAHASAN**

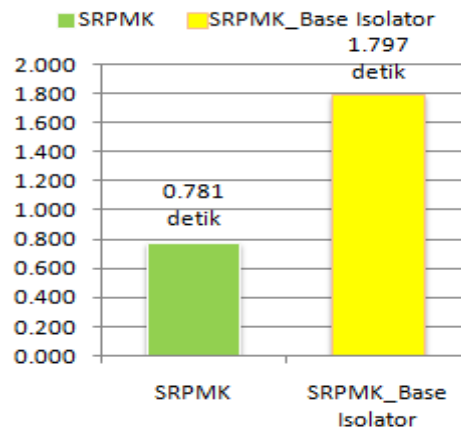
**Hasil Penelitian**

Dari hasil analisa struktur, maka diperoleh respon struktur berupa perioda struktur, Analisa terhadap struktur gedung yang dilakukan ada empat model yaitu:

- a. Struktur gedung *fixed base* SRPMK.
- b. Struktur gedung SRPMK dengan menggunakan *base isolator* jenis *slider isolator*.

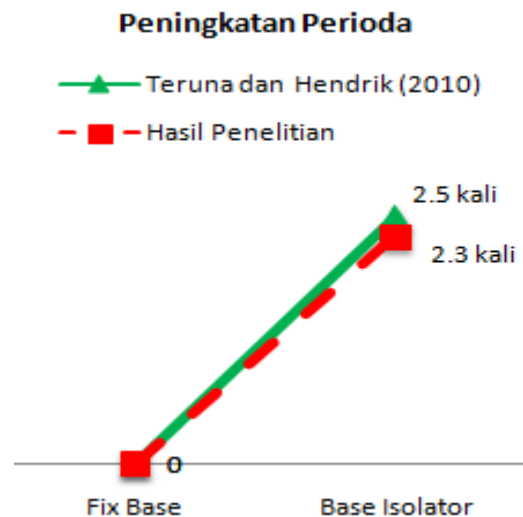
**Perbandingan Perioda *Fixed Base Structure* dan *Base Isolated Structure***

Grafik perbandingan *fixed base* SRPMK dan SRPMK dengan *isolator* Seperti terlihat pada **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Perbandingan perioda *fixed base* SRPMK dan SRPMK *base isolated*

Dari hasil analisis diperoleh perioda struktur bangunan SRPMK yang menggunakan *base isolator* lebih besar daripada bangunan *fixed base* SRPMK. Hasil analisis menunjukkan waktu getar struktur bangunan *fixed base* SRPMK dengan SRPMK *base isolator* berturut-turut adalah 0,781 detik dan 1,797 detik. Hal ini terjadi peningkatan sebesar 1,016 detik atau peningkatan sebanyak 2,3 kali dari bangunan *fixed base* SRPMK.



**Gambar 9.** Peningkatan perioda *fixed base* dan *base isolated* pada studi terkait

**Gambar 9** Menunjukkan peningkatan perioda struktur dengan studi yang terkait.



Peningkatan terjadi baik pada penelitian Teruna dan Hendrik (2010) serta sama halnya dengan hasil penelitian yang dilakukan, dimana nilai perioda mengalami peningkatan. Peningkatan perioda struktur menyebabkan gaya gempa yang bekerja pada bangunan akan menjadi lebih kecil.

### **Pembahasan**

Hal ini sesuai dengan tujuan dari penggunaan *base isolator* yaitu untuk memperbesar perioda alami struktur bangunan. Peningkatan perioda struktur menyebabkan simpangan antar lantai pada bangunan akan menjadi lebih kecil sehingga meningkatkan kenyamanan orang didalamnya. Dan peningkatan perioda struktur menyebabkan gaya gempa yang bekerja pada bangunan akan menjadi lebih kecil dan *base isolator* merupakan komponen reduksi lateral.

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **Kesimpulan**

- Bangunan SRPMK *base isolator* dapat memperbesar perioda alami struktur dibandingkan dengan SRPMK tanpa *base isolator*. Peningkatan perioda SRPMK *base isolator* sebesar 1,016 detik atau peningkatan sebanyak 2,3 kali dari bangunan *fixed base* SRPMK.
- *Base isolator* dapat meningkatkan kekakuan dan menahan gaya lateral, dan *base isolator* merupakan komponen reduksi lateral.
- *Base isolator* dapat meminimalisir gaya gempa yang terjadi sehingga bangunan tidak sampai colaps.

- Bangunan SRPMK menggunakan *base isolator* memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan bangunan SRPMK tanpa *base isolator*, hal ini terlihat dari hasil perioda yang didapatkan sesuai dengan tujuan *base isolator* itu sendiri.

### **Saran**

Penelitian ini hanya menganalisis pengaruh penggunaan *base isolator* jenis *slider isolator* terhadap bangunan SRPMK dengan bangunan tanpa *base isolator*. Respon struktur bangunan yang dikaji berupa perioda. Dalam hal ini dilakukan studi bangunan sistem ganda, bentuk beraturan dan berlantai 10. Oleh karenanya disarankan untuk studi selanjutnya dilakukan analisis penggunaan kombinasi *base isolator* dalam beberapa model struktur (tidak beraturan, jumlah lantai, jenis *base isolator*, metode dinamik dengan analisis beban dorong dan penerapan kombinasi rangka batang terhadap kekakuan bangunan), agar penerapan prinsip *isolator* pada tiap model bangunan dapat diketahui lebih detail.

### **DAFTAR KEPUSTAKAAN**

- Bridgestone, 2011, *Seismic Isolation Rubber Bearing*, 2011,  
<http://www.bridgestone.com/responsibilities/csr/report/2011/topics/topics02>.
- 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, samarang.
- 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.
- Lestari, D.S., 2012, *Perbandingan Kinerja Penggunaan Berbagai Base Isolator Pada Gedung Tsunami Refuge Center Kantor Gubernur Sumatera Barat*, Tesis, Universitas Andalas.
- Madutujuh, N., 1989, *Engineering Software Research Center*, 05 Sep 2011, <https://sites.google.com/site/nathanmadutujuh>
- MCEER, 2009, *Earthquake Engineering To Extreme Event*, 2009, <http://mceer.buffalo.edu/>
- Naeim, F., & Kelly, J.M., 1999, *Design Of Seismic Isolated Structures: From Theory To Practice*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- PEER, 1792, *Pacific Earthquake Engineering Research Center*, California Seismic Safety Center, 8 March 2007, <http://peer.berkeley.edu/>
- Setio, H.D., Diah K., Sangriyadi, S., Pratama, H.R.S., and Andy, H., 2012, *Pengembangan Sistem Isolasi Seismik Pada Struktur Bangunan Yang Dikenai Beban Gempa Sebagai Solusi Untuk Membatasi Respon Struktur*, Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, vol. 19, no. 1, april 2002.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *Tata Cara Perhitungan 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., 2005, *Analisis Respon Bangunan Dengan Base Isolator Akibat Gaya Gempa*, Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6, No. 4 Oktober 2005.
- 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.