

# Pengaruh Penggunaan High Damper Rubber Bearing Pada Gedung Bertingkat Ditinjau Terhadap Level Kinerja Struktur Dengan Metode Analisis Time History (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Hotel)

Tavio Fortino Tirtosugondo<sup>1</sup>, Friedrich Adescanius Suryawinata<sup>2</sup>, Gabriel Ghewa<sup>3</sup>,  
David Widiyanto<sup>4</sup>, Daniel Hartanto<sup>5</sup>

email: <sup>1</sup>17b10047@student.unika.ac.id, <sup>2</sup>17b10122@student.unika.ac.id, <sup>3</sup>ghewa@unika.ac.id,  
<sup>4</sup>dewe@unika.ac.id, <sup>5</sup>daniel@unika.ac.id

<sup>1,2,3</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

<sup>4,5</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

## Abstrak

Kota Yogyakarta terkhususnya kabupaten Kulon Progo merupakan daerah yang sering mengalami gempa bumi pada beberapa tahun terakhir. Oleh karena itu, pembangunan gedung harus diberi penahan gempa yang biasa disebut dengan *base isolator*. *Base isolator* yang digunakan pada penelitian ini berjenis *high damper rubber bearing*. Perencanaan struktur tahan gempa ini menggunakan metode *time history* dengan memberikan riwayat gempa yang pernah terjadi sebelumnya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektifitas *base isolator* pada struktur gedung dengan membandingkan struktur gedung yang sudah dipasang *base isolator* dengan struktur gedung *fixed base* dan untuk membandingkan level kinerja struktur. Hasil pemodelan struktur berupa nilai *displacement* dan level kinerja struktur berdasarkan sendi plastis yang terjadi. Berdasarkan hasil pemodelan, didapatkan hasil *displacement* pada struktur gedung *fixed base* pada arah X sebesar 10,57 cm dan pada arah Y sebesar 31,09 cm. Pada struktur gedung menggunakan *base isolator* didapatkan *displacement* pada arah X sebesar 4,135 cm dan pada arah Y sebesar 6,327. Berdasarkan hasil ini artinya *displacement* pada struktur dengan *base isolator* direduksi 60,9% pada arah X dan 79,6% pada arah Y. Berdasarkan standar ATC 40 serta FEMA 356 dan FEMA 440 didapatkan level kinerja pada struktur *fixed base Collapse Prevention (CP)* dan pada struktur menggunakan *base isolator* didapatkan level kinerja *Immediate Occupancy (IO)*.

**Kata kunci :** *High damper rubber bearing*, Analisis *Time History*, Level kinerja struktur.

## Abstract

*The city of Yogyakarta, especially the Kulon Progo district, is an area that often experiences earthquakes in recent years. Therefore, the construction of the building must be provided with an earthquake barrier which is commonly referred to as a base isolator. The base isolator used in this study is a high damper rubber bearing type. The design of this earthquake-resistant structure uses the time history method by providing a history of earthquakes that have occurred before. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the base isolator in the building structure by comparing the structure of the building that has been installed with a base isolator with a fixed base building structure and to compare the level of performance of the structure. The result of structural modeling is in the form of displacement values and structural performance levels based on the occurrence of plastic hinges. Based on the modeling results, The results obtained that the displacement of the fixed base building structure in the X direction is 10.57 cm and in the Y direction*

is 31.09 cm. In the building structure using a base isolator, the displacement in the X direction is 4.135 cm and in the Y direction is 6.327. Based on these results, it means that the displacement of the structure with the base isolator is reduced by 60.9% in the X direction and 79.6% in the Y direction. on the structure using a base isolator, the performance level of Immediate Occupancy (IO) is obtained.

**Keywords:** High damper rubber bearing , time history analysis, level of structure performance.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Yogyakarta merupakan salah satu daerah yang sering mengalami gempa bumi yang disertai tsunami, yang terakhir terjadi pada tahun 2021, terkhusus daerah Kulon Progo yang merupakan daerah pesisir pantai. Berdasarkan data, sejak tahun 2006-2016 terjadi 417 gempa bumi signifikan yang terjadi pada daerah Yogyakarta. Dengan adanya riwayat tersebut, maka pada pembangunan infrastruktur berupa gedung maupun jembatan seharusnya dipasang dan ditambahkan penguat anti gempa yang dipasang pada bagian bawah kolom. Bangunan tahan gempa harus didesain agar dapat memiliki level kinerja minimal *life safety* agar mengurangi resiko ketika terjadi gempa. (Arifin et al,2015)

Pada beberapa dekade terakhir perkembangan perencanaan bangunan tahan gempa telah menemukan inovasi yang disebut sistem isolasi dasar/ *base isolator*. Perangkat isolasi dasar melakukan disipasi energi dengan menggunakan mekanisme gaya geser dan regangan geser inelastic yang berbahan karet dengan sistem redaman yang tinggi. Dengan konsep tersebut, maka struktur atas akan mengalami peningkatan kinerja yang signifikan yang ditandai dengan menurunnya tingkat dari kerusakan suatu struktur. Salah satu tipe sistem *base isolator* adalah *Damping Rubber Bearing (HDRB)*. (Sukamta,2016).

Analisis ini gedung akan didesain dengan menambahkan *base isolator* dan dibandingkan dengan struktur tanpa *base isolator* dengan menggunakan metode *time history*. Metode ini merupakan metode riwayat waktu dengan menambahkan riwayat gempa yang terjadi kedalam struktur gedung tersebut dan akan menghasilkan perbandingan *displacement* pada gedung *fixed base* dan gedung menggunakan *base isolator*.

Level Kinerja struktur dievaluasi menggunakan kurva berdasarkan ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440 berdasarkan sendi plastis yang terjadi pada struktur. Dari level kinerja struktur tersebut dapat dibandingkan level kinerja pada struktur *fixed base* dan struktur menggunakan *base isolator*. Berdasarkan penjelasan diatas diharapkan penggunaan *base isolator* akan memberikan efektifitas pada struktur.

### 1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membandingkan *displacement* dan level kinerja struktur antara bangunan *fixed base* dan bangunan menggunakan *base isolator*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditentukan, diperlukan dasar teori yang digunakan sebagai acuan penelitian sebagai berikut.

### 2.1. Uraian Umum

Gempa bumi merupakan peristiwa bencana alam yang diakibatkan oleh karena adanya guncangan yang menjalar

ke permukaan bumi karena adanya gangguan di dalam kulit bumi (litosfir). Gempa bumi dapat terjadi karena diakibatkan oleh banyak faktor salah satunya karena terjadi gangguan pada lapisan kulit bumi karena pergeseran kulit bumi itu sendiri. (Pujiyanto,2007).

Dalam mengurangi energi gempa yang bekerja pada struktur bangunan dibutuhkan alat yang dipasang pada bangunan untuk membatasi getaran yang terjadi pada bagian struktur dengan struktur yang berada di atasnya, metode ini biasanya disebut dengan *Seismic Devices*. *Seismic Devices* ini bekerja dengan merubah kekakuan pada struktur. Sistem-sistem yang bekerja pada *seismic devices* dibedakan menjadi 4 golongan yaitu sistem kontrol aktif, sistem kontrol pasif, sistem isolasi dan sistem semi aktif (Pratiwi dan Teruna, 2013).

Metode Isolasi merupakan sistem yang membutuhkan alat tambahan yang dipasang pada bagian pondasi struktur yang berfungsi untuk meredam dan menetralsir getaran gempa yang akan merambat dari tanah ke pondasi, sehingga getaran yang dihasilkan oleh gaya gempa tidak akan merambat sampai ke bagian struktur gedung. Biasanya alat tambahan yang dipasang itu berbentuk karet berkekuatan tinggi. Sistem kerja dari metode ini yaitu menjaga struktur tetap menjadi satu bagian, sehingga ketika terjadi gempa bumi tidak terjadi pergerakan pada bagian struktur karena getaran sudah ditahan oleh alat tambahan yang dipasang pada bagian pondasi ini, jika tidak menggunakan alat tambahan ini, jika terjadi gempa maka gedung akan mudah runtuh karena getaran yang masuk dan merambat kebagian struktur ini bersifat acak dan tidak akan bisa ditahan oleh struktur tanpa adanya isolator (Pratiwi dan Teruna, 2013).

## 2.2. Konsep Dasar *Seismic Base Isolator*

Konsep dasar dari *Seismic base isolation* ini mengandaikan bahwa sebuah struktur dari suatu gedung ini dapat dipisahkan secara substansial dari kemungkinan kerusakan gedung yang dihasilkan dari terjadinya gempa bumi. Dengan adanya sistem struktur yang menggunakan *base isolation* dapat mengurangi respon struktur dan melakukan pemisahan antara struktur gedung dengan getaran akibat gempa bumi. Hal ini membuat periode struktur dengan isolasi menjadi lebih besar dibandingkan periode struktur tanpa sistem isolasi (FEMA P-751).

*Base isolator* merupakan sebuah bantalan sistem dengan kekuatan tinggi yang dipasang pada bagian pondasi dan membatasi antara pondasi dan struktur atas. Sistem ini bekerja dengan tujuan untuk menjadikan struktur yang berada di atas *dampner* menjadi satu bagian. Ketika terjadi gempa bumi, pergeseran tanah yang terjadi dapat menyebabkan pondasi bangunan yang relatif bergerak. Hal ini akan berpengaruh terhadap struktur di atasnya, terlebih lagi pergerakan tanah ini terjadi secara acak yang masuk kedalam struktur. Getaran yang masuk menjadi tidak selaras yang berpeluang besar untuk membuat keruntuhan pada gedung. Dapat dipastikan dengan dipasangnya *base isolator* pada bagian pondasi ini akan membuat struktur ketika mengalami gempa bumi, getaran tidak akan merambat ke bagian struktur namun akan tertahan pada bagian bantalan karet yang sudah dipasang.

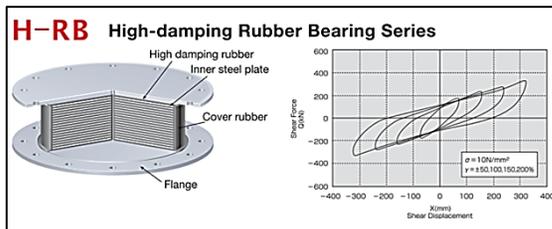
Desain sistem *isolator* akan menghasilkan gaya maksimum, *displacement* dan gaya pada struktur untuk setiap level gempa yang ada. Gaya yang terdapat pada bangunan yang menggunakan sistem *base isolator* akan

relatif lebih kecil dibandingkan yang tidak menggunakan *base isolator*. Gaya yang dimaksud adalah gaya elastis.

### 2.3. Spesifikasi dan Karakteristik *Base Isolator* Berjenis *High Damper Rubber Bearing*

*High Damper Rubber Bearing* (HDRB) merupakan salah satu jenis *base isolator* yang berbahan karet alam berkekuatan tinggi. Bahan anti seismik ini mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil. tingkat redaman yang dihasilkan akan bernilai cukup lebih tinggi yaitu berkisar antara 10%-20% pada *shear strain* 100% dengan modulus geser halus sebesar 0,4 Mpa dan modulus geser kasar sebesar 1,4 Mpa.

*Base isolator* yang berjenis HDRB ini memiliki beberapa keuntungan dan kelebihan dalam penggunaannya antara lain memiliki transisi kekakuan yang lebih halus ketika mengalami perpindahan dari linear ke non-linear. Hal ini merupakan suatu kelebihan, karena jika pergerakan kekakuan itu terjadi secara tajam maka akan membuat efek vibrasi yang lebih besar dan nantinya akan merusak alat. Bentuk dari HDRB diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk dari *High Damper Rubber Bearing*

Dalam perencanaan menggunakan *damper* ini harus melalui beberapa tahap sebagai berikut:

1. Menentukan kondisi tanah yang sesuai untuk dipasang *base isolator* dengan jenis HDRB
2. Melakukan perhitungan berat struktur yang ditopang satu kolom, berat struktur total dan reaksi beban struktur yang dianalisa dengan program SAP2000
3. Penentuan ketebalan *rubber* yang ingin digunakan
4. Penentuan kekakuan horizontal yang ada pada elastomer menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K_H^1 = \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)}{P_j.bentang}$$

5. Melakukan pengujian untuk menentukan properti material yang berdasar dari modulus young dan modulus geser
6. Penentuan luasan *rubber* dengan rumus kekakuan horizontal yang lainnya

$$K_H^1 = \frac{G_t \times A}{T_r}, \text{ Dan } A = \frac{K_h \times T_r}{G_t}$$

Keterangan:

G= Modulus Geser (MPa)  
A= Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)  
T<sub>r</sub>= Total tebal karet (mm)

7. Penentuan diameter *rubber*, setelah melakukan perhitungan luasan selanjutnya akan diketahui diameter yang digunakan
8. Penentuan properti yang berupa data-data yang digunakan untuk sistem HDRB yang akan digunakan.

### 2.4. Konsep Dasar Metode Analisis Non-Linear *Time History*

Metode Analisis non-linear *time history* biasanya juga disebut dengan analisis dinamik riwayat waktu, analisis ini bertujuan untuk menganalisa dan menentukan riwayat waktu respon dinamik yang terjadi pada struktur bangunan yang ingin dianalisa yang

memiliki perilaku linear dan non-linear terhadap pergerakan tanah yang terjadi akibat adanya gempa. Perhitungan analisis ini menggunakan data gempa rencana yang akan dihitung setiap interval waktu tertentu menggunakan metode integrasi bertahap.

Metode ini menggunakan riwayat waktu dari gempa-gempa yang pernah terjadi sebelumnya dengan hasil pencatatan juga dari gempa-gempa tiruan terhadap waktu dari respon struktur yang telah ditetapkan dan ditentukan. Salah satu faktor yang menyebabkan respon yang terjadi pada struktur adalah waktu pembebanan.

Respon struktur akibat pembebanan ini didapatkan dari rekam grafik *accelerograms*, grafik ini berisi tentang hasil pergerakan akselerasi dasar bumi yang terjadi akibat adanya gempa. Jika hasil dari rekaman gempa yang ada belum cukup untuk dianalisa, diperbolehkan untuk membuat rencana gempa tiruan yang sesuai dengan respon spektrum pada lokasi gempa itu akan ditinjau.

Dalam metode *time history* akan dilakukan penentuan perpindahan maksimum sebagai hasil *displacement* struktur *isolated* yang membuktikan apakah hasil *displacement* tersebut melebihi batas perpindahan maksimum menurut SNI 1726:2019 dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

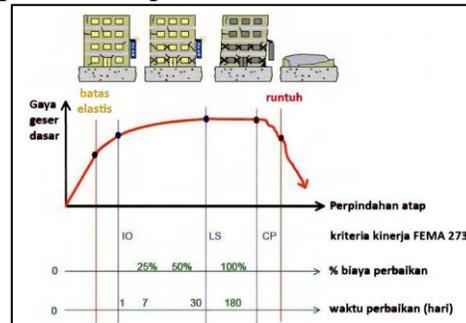
$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M}$$

Keterangan:

- $g$  : percepatan gravitasi
- $S_{m1}$  : Parameter percepatan spectral gempa maksimum
- $T_M$  : periode efektif struktur isolasi seismik (detik)
- $B_M$  : koefisien numerik redaman efektif

## 2.5. Level Kinerja Struktur

Level kinerja struktur ini akan dievaluasi berdasarkan ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440 yang memiliki kategori level kinerja sebagai yang diperlihatkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Kurva Ilustrasi Keruntuhan Bangunan**

Berdasarkan Gambar 2 dijabarkan penjelasan sebagai berikut:

1. *Operational (O)*  
*Operational* merupakan kondisi dimana terjadi pelelehan pertama pada struktur, namun tidak terjadi kerusakan pada struktur sehingga masih dapat digunakan karena struktur utamanya masih utuh.
2. *Immidiata Occupancy (IO)*  
*Immidiata Occupancy* merupakan kondisi dimana terjadi kerusakan minor, namun kondisi komponen kekuatan dan kekakuan pada struktur masih mendekati kondisi sebelum terjadinya gempa, sehingga bangunan masih dapat berfungsi dengan baik karena sistem pemikul gaya yang ada pada struktur masih mampu memikul gaya gempa yang terjadi
3. *Life Safety (LS)*  
*Life safety* merupakan kondisi dimana pada saat gempa terjadi kerusakan yang cukup signifikan pada struktur namun belum terjadi keruntuhan, bangunan harus diperbaiki namun tetap dapat digunakan, komponen

struktur pada kondisi ini masih mampu menahan dan masih stabil untuk menahan beban gempa.

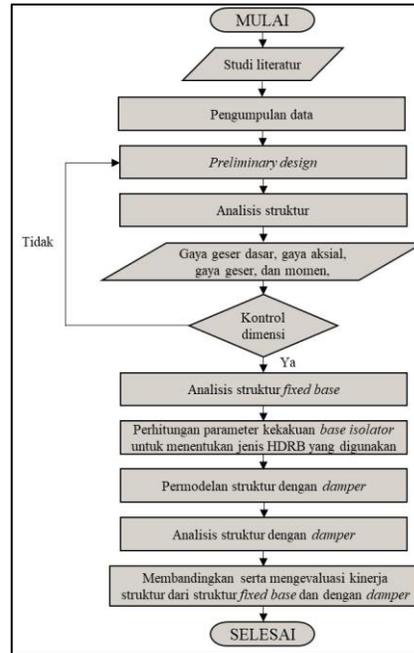
#### 4. *Collapse Prevention* (CP)

*Collapse prevention* merupakan kondisi dimana struktur sudah tidak mampu menahan gaya gempa yang terjadi sehingga terjadi kerusakan dan keruntuhan parah pada struktural dan non-struktural, dalam kondisi ini struktur sudah tidak mampu menahan gaya lateral, namun kondisi gedung masih dapat berdiri dengan tegak dan tidak runtuh.

Perencanaan berbasis kinerja ini sangat penting dilakukan karena merupakan sasaran kinerja bangunan terhadap beban gempa dapat dilihat secara jelas. Sehingga akan memberikan keamanan bagi keselamatan pengguna gedung. sasaran kinerja ini terdiri dari taraf kerusakan ijin.

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah cara-cara berbuat dan berfikir yang disiapkan untuk melakukan penelitian dan mencapai tujuan penelitian. Berikut merupakan metode penelitian yang telah dilakukan diperlihatkan pada Gambar 3.



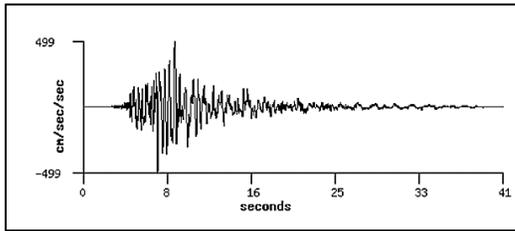
**Gambar 3. Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir**

## 4. HASIL PENELITIAN

Setelah melakukan analisis struktur dengan metode *time history*, melakukan pemodelan pada SAP2000 serta melakukan evaluasi pada kinerja struktur, maka hasil dari penelitian ini akan dijabarkan pada subbab dibawah ini.

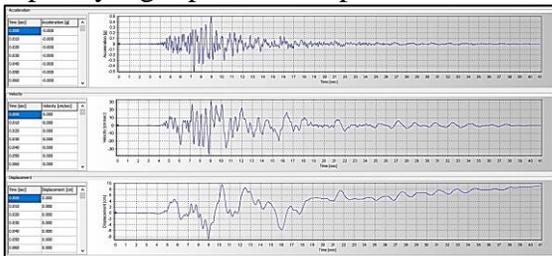
### 4.1. Analisis Struktur dengan Metode *Time History*

Pada tahap awal dilakukan pengambilan data dari *website strongmotion.org.*, untuk penelitian kali ini digunakan data rekam gempa dari Gempa Kobe yang terjadi pada tahun 1995. Gempa ini memiliki magnitudo sebesar 6,9. Kemudian didapatkan grafik seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.



**Gambar 4. Grafik Yang Didapatkan Dari Website Strongmotion**

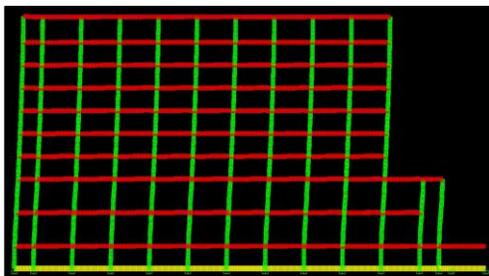
Setelah itu akan dilakukan pengolahan data yang diinput menggunakan bantuan aplikasi *seismosignal*. Setelah memasukkan data-data parameter maka akan didapatkan grafik akselerogram seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.



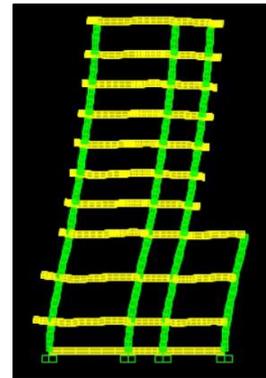
**Gambar 5. Grafik Akselerogram Yang Dihasilkan Dari Seismosignal**

#### 4.2. Analisis Struktur (*Fixed Base*)

Setelah melakukan analisis struktur *fixed base* pada SAP2000 didapatkan hasil sebagai berikut seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6 dan 7:

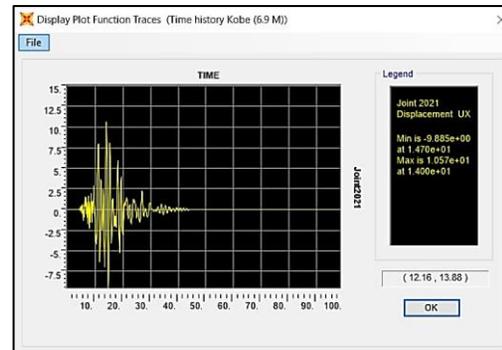


**Gambar 6. Displacement Pada Arah X**

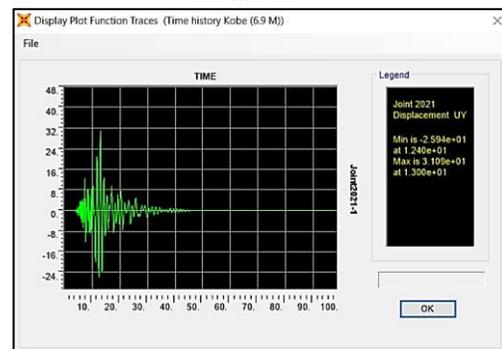


**Gambar 7. Displacement Pada Arah Y**

Berdasarkan Gambar 6 dan 7 dapat dilihat *displacement* yang terjadi. Dari Gambar tersebut selanjutnya akan memperlihatkan grafik *displacement* yang terdapat pada arah X dan arah Y pada struktur bangunan *fixed base*. Grafik ini akan diperlihatkan pada gambar 8 dan 9.



**Gambar 8. Grafik Displacement Pada Arah X**

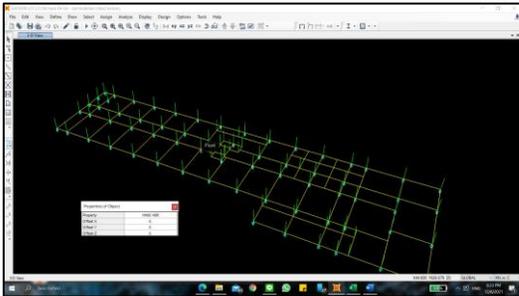


**Gambar 9. Grafik Displacement Pada Arah Y**

Dari Grafik *Displacement* dapat dilihat bahwa pada arah X terjadi *displacement* sebesar 10,57 cm dan pada arah Y terjadi *displacement* sebesar 31,09 cm.

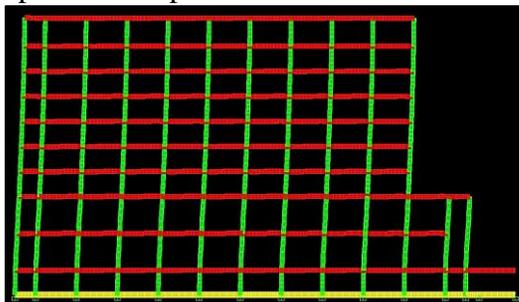
### 4.3. Analisis Struktur (Menggunakan *Base Isolator*)

Setelah melakukan analisis struktur dengan menambahkan *base isolator* berjenis HDRB dengan beberapa spesifikasi yang dipasang pada bagian kolom seperti yang diperlihatkan pada Gambar 10.

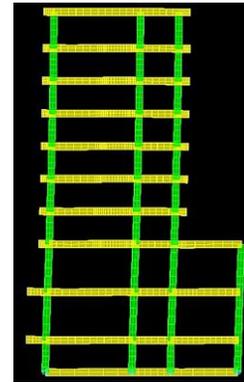


Gambar 10. *Assign Base Isolator Pada SAP2000*

Selanjutnya setelah dilakukan pemodelan akan dilakukan *run analysis* untuk melihat *displacement* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11 dan 12.

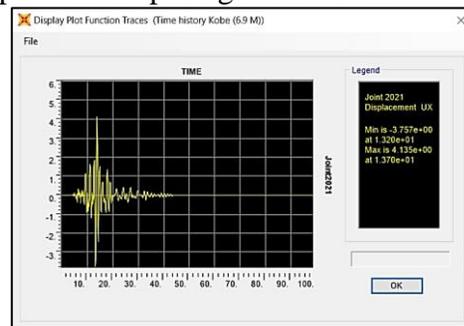


Gambar 11. *Displacement Pada Arah X Setelah diberi Base Isolator*

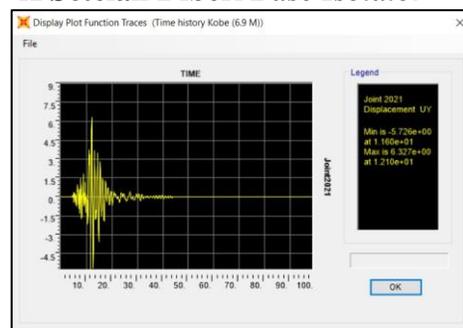


Gambar 12. *Displacement Pada Arah Y Setelah diberi Base Isolator*

Dari Gambar tersebut selanjutnya akan memperlihatkan grafik *displacement* yang terdapat pada arah X dan arah Y pada struktur bangunan *isolated* Grafik ini akan diperlihatkan pada gambar 13 dan 14.



Gambar 13. *Grafik Displacement Arah X Setelah Diberi Base Isolator*



Gambar 14. *Grafik Displacement Arah Y Setelah Diberi Base Isolator*

Dari Grafik *Displacement* pada struktur setelah diberi *base isolator*, dapat dilihat bahwa pada arah X terjadi *displacement* sebesar 4,135 cm dan pada

arah Y terjadi *displacement* sebesar 6,327 cm.

#### 4.4. Perbandingan *Displacement* Struktur *Fixed Base* dan *Isolated*

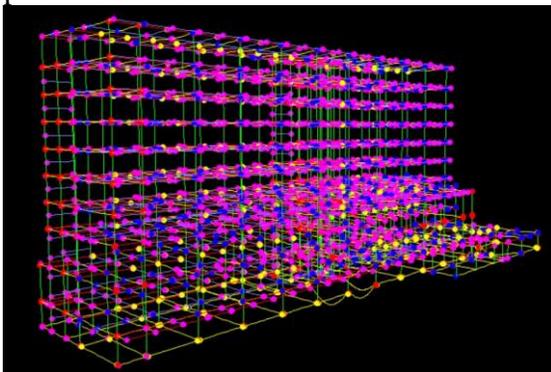
Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan menggunakan bantuan *software* SAP2000 pada tahap sebelumnya terhadap struktur bangunan pada kondisi *fixed base* dan menggunakan *dampner* yang telah diberikan beban gempa maka didapatkan efektifitas fungsi dari penggunaan *base isolator* terhadap *displacement* dan reduksi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Perbandingan *Displacement* Struktur *Fixed Base* dan *Isolated***

	<i>Fixed base</i>	<i>Base isolator</i>	Reduksi
	<i>Displacement</i> (cm)	<i>Displacement</i> (cm)	(%)
Gempa UX	10,57	4,135	60,9%
Gempa UY	31,09	6,327	79,6%

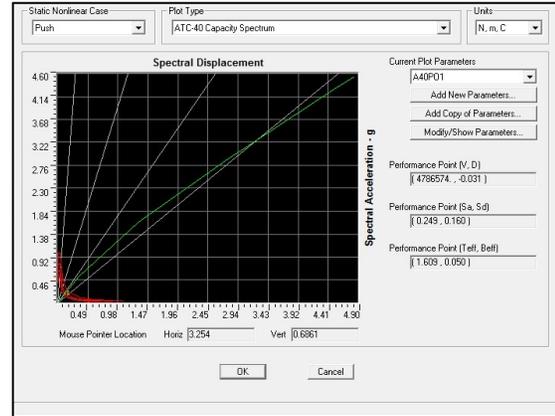
#### 4.5. Analisis Level Kinerja Struktur

Pada tahap analisis level kinerja struktur ini dilakukan untuk menentukan level kinerja dari struktur itu sendiri. Untuk menentukan level kinerja struktur ini dibutuhkan data *displacement* maksimum yang terjadi. Analisis ini dilakukan berdasarkan ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440 dengan melihat kondisi sendi plastis yang terjadi pada struktur tersebut seperti yang diperlihatkan pada Gambar 15.

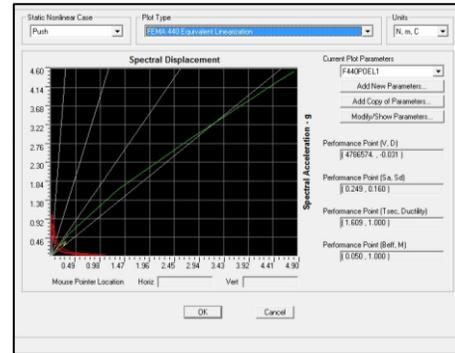


**Gambar 15. Sendi Plastis Pada Kondisi *Fixed Base***

Berdasarkan sendi plastis pada kondisi *fixed base* maka dilakukan analisis menggunakan ATC 40, FEMA 356 dan FEMA 440 yang menghasilkan grafik *spectral displacement* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 16 dan 17.

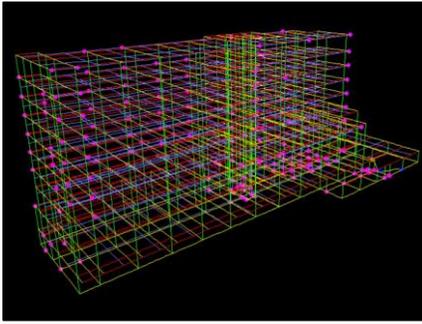


**Gambar 16. Grafik *Spectral Displacement* Menurut ATC-40 Pada Kondisi *Fixed Base***



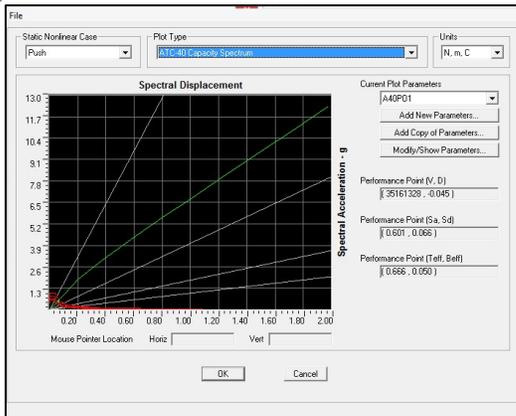
**Gambar 17. Grafik *Spectral Displacement* Menurut FEMA 356 dan 440 Pada Kondisi *Fixed Base***

Setelah diberi *Base isolator* maka kondisi sendi plastis yang terjadi diperlihatkan pada Gambar 18.

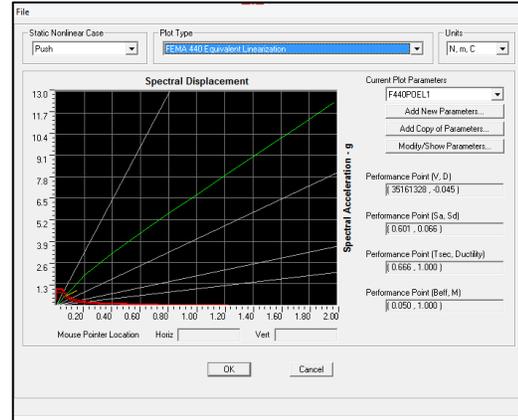


**Gambar 18. Sendi Plastis Pada Kondisi Menggunakan Damper**

Berdasarkan sendi plastis pada kondisi menggunakan *base isolator* maka dilakukan analisis menggunakan ATC 40, FEMA 356 dan FEMA 440 yang menghasilkan grafik *spectral displacement* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 19 dan 20.



**Gambar 19. Grafik Spectral Displacement Menurut ATC-40 Pada Kondisi Isolated**



**Gambar 20. Grafik Spectral Displacement Menurut FEMA 356 dan 440 Pada Kondisi Isolated**

Berdasarkan Gambar-gambar diatas maka diperlihatkan kesimpulan dari level kinerja struktur pada kondisi struktur *fixed base* dan struktur menggunakan *damper* yang diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Level Kinerja Struktur Pada Arah X dan Arah Y**

Arah	Fixed Base	
	ATC-40	FEMA 356 dan 440
Arah UX	CP	CP
Arah UY	CP	CP
ARAH	Menggunakan Damper	
	ATC-40	FEMA 356 dan 440
Arah UX	IO	IO
Arah UY	IO	IO

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan analisis, hasil *displacement* yang terjadi pada struktur gedung *fixed base* sebesar 31,09 cm pada arah Y dan 10,57 pada arah x dan pada struktur yang menggunakan *damper* sebesar 4,135 cm pada arah x dan 6,327 cm pada arah Y

2. Berdasarkan analisis sendi plastis, pada kondisi *fixed base* struktur menunjukkan level *Collapse Prevention* (CP) yang artinya struktur sudah tidak dapat digunakan lagi karena membahayakan.
3. Berdasarkan analisis sendi plastis, pada kondisi menggunakan *damper*, struktur menunjukkan level *Immediat Occupancy* (IO) yang artinya struktur masih berada pada fase aman namun terdapat kerusakan minor pada elemen struktur.
4. Berdasarkan perbandingan level kinerja struktur antara struktur yang tidak menggunakan *damper* dan yang menggunakan *damper* menunjukkan hasil yang signifikan. Selain itu juga *displacement* yang terjadi cukup signifikan dengan reduksi sebesar 60,9% pada arah Y dan 79,6% pada arah X. Hal ini memastikan bahwa penggunaan *base isolator* dianggap efektif pada gedung ini.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis, maka ada beberapa saran yang harus dilakukan apabila di masa mendatang ingin dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu:

1. Perhitungan menggunakan bantuan aplikasi SAP2000 harus disesuaikan dengan perhitungan yang lebih detail secara manual, karena perhitungan aplikasi tidak selalu benar.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan perencana agar mengikuti perkembangan pedoman dan standar dalam perencanaan, sehingga hasil yang didapatkan memenuhi persyaratan terbaru
3. Pemodelan struktur selanjutnya dapat dicoba untuk menggunakan struktur baja, karena pada penelitian ini

menggunakan struktur beton bertulang

Pada penelitian ini digunakan metode analisis *time history*, pada penelitian mendatang perlu dilakukan dengan mencoba metode lain antara lain metode *pushover*

## DAFTAR PUSTAKA

- ATC 40. (1997): Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, *Applied Technology Council*, Redwood City, California, USA.
- Badan Standardisasi Nasional (2013): Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2013, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2019): Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, SNI 2847:2019, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2013): Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727:2013, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2019): Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, SNI 1726:201, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2019): Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, SNI 1726:2019, Jakarta.
- FEMA-273. (1996): NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings, report No. FEMA-273, *Federal Emergency Management Agency*, Washington, D.C.
- FEMA-356. (2000): Presandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings, *Federal*

- Emergency Management Agency*, Washington, D.C.
- FEMA-440. (2005): Improvement of nonlinier static seismic analysis procedures, *American Society Of Civil Engineers*, Washington, D.C.
- FEMA P-751. (2009): NEHRP Recommended seismic provisions: design examples, *National Institute of Building Sciences*, Washington D. C.
- McCormac, J.C. (2003): *Desain beton bertulang edisi kelima jilid 1 & 2*, Erlangga, Jakarta.
- Pamungkas, A. dan Erny H. (2010): Desain pondasi tahan gempa sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Pratiwi, E.D. dan Teruna, D.R. (2013): *Kajian pengaruh karakteristik mekanik damper leleh baja terhadap respon bangunan akibat gaya gempa dengan menggunakan analisis riwayat waktu*, Universitas Sumatera Utara.
- Pujianto. (2007): *Bahan kuliah perencanaan struktur tahan gempa*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Puskim. (2021): Desain spektra indonesia 2011 diperoleh dari situs internet: [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/). Diunduh pada tanggal 25 Juni 2021, pukul 21.24 WIB
- VDC. (2021): Worldwide strong ground motion data diperoleh dari situs internet: <https://www.strongmotioncenter.org/vdc/scripts/default.plx>. Diunduh pada tanggal 25 Juni 2021, Pukul 22.05 WIB.