

**Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat  
dengan Metode Analisis *Pushover*  
(Studi Kasus: Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan  
Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung)**

**Ragat Aji Mustofa <sup>1)</sup>**

**Bayzoni <sup>2)</sup>**

**Hasti Riakara Husni <sup>3)</sup>**

**Mohd Isneini <sup>4)</sup>**

**Abstract**

*The high potential for earthquake in Indonesia encourages the design of buildings to be resistant towards earthquake vibrations. The level of vulnerability to lateral forces, especially earthquake shocks, is closely related to the height of the building. Therefore, the design of multi-storey building structures must be designed by analyzing earhquake loads with the aim of preventing the building from collapsing and reducing the number of fatalities due to earthquakes. This research takes a case study at Building 6<sup>th</sup> of the State University Education Hospital of University of Lampung using a performance-based seismic design approach, which involves the use of non-linear pushover analysis techniques based on ATC-40 (capacity spectrum method) and FEMA-356 (displacement coefficient method). The result of the pushover analysis are capacity curves, building displacement targets, building collapse schemes, and result of building performance evaluations against earthquake loads based on ATC-40 and FEMA-356 regulations. The analysis result show that the level of building performance in the x-direction and y-direction with the maximum total drift ratio parameter based on ATC-40 and FEMA-356 is Immediate Occupancy, so it can be concluded that the building is still able to withstand when an earthquake occurs and the risk of human loss is very small.*

*Key words : pushover analysis, earthquake, structural performance*

**Abstrak**

Tingginya potensi gempa bumi di Indonesia mendorong perancangan bangunan agar memiliki ketahanan terhadap guncangan gempa. Tingkat kerentanannya terhadap gaya lateral, terutama guncangan gempa erat kaitanya dengan ketinggian bangunan. Oleh karena itu, perancangan struktur bangunan bertingkat harus didesain dengan menganalisis beban gempa dengan tujuan agar bangunan tidak mengalami keruntuhan dan dapat mengurangi jumlah korban jiwa akibat gempa bumi. Penelitian ini mengambil studi kasus pada Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung menggunakan pendekatan perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*performance based seismic design*), yang melibatkan penggunaan teknik analisis *non-linear pushover* berdasarkan ATC-40 (*capacity spectrum method*) dan FEMA-356 (*displacement coefficient method*). Hasil analisis *pushover* berupa kurva kapasitas, target perpindahan gedung, skema keruntuhan gedung, dan hasil evaluasi kinerja gedung terhadap beban gempa berdasarkan peraturan ATC-40 dan FEMA-356. Hasil analisis menunjukkan level kinerja gedung pada arah-x dan arah-y dengan parameter *maximum total drift ratio* berdasarkan ATC-40 dan FEMA-356 adalah *Immediate Occupancy*, sehingga dapat disimpulkan bahwa bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dan resiko korban jiwa manusia sangat kecil.

Kata kunci : analisis *pushover*, gempa bumi, kinerja struktur

<sup>1)</sup> Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.  
Surel: ajiragat2@gmail.com

<sup>2)</sup> Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

<sup>3)</sup> Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

<sup>4)</sup> Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

## I. PENDAHULUAN

Tingginya potensi gempa bumi di Indonesia mendorong perancangan bangunan agar memiliki ketahanan terhadap guncangan gempa. Tingkat kerentanannya terhadap gaya lateral, terutama guncangan gempa erat kaitanya dengan ketinggian bangunan. Oleh karena itu, perancangan struktur bangunan bertingkat harus didesain dengan menganalisis beban gempa dengan tujuan agar bangunan tidak mengalami keruntuhan dan dapat mengurangi jumlah korban jiwa akibat gempa bumi.

Evaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa sangat diperlukan dalam perancangan bangunan yang bertujuan untuk memastikan kelayakan struktur gedung sesuai dengan standar terbaru. Analisis *non-linear pushover* merupakan salah satu metode dengan pendekatan perencanaan tahan gempa berbasis kinerja yang dapat digunakan untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap gempa. Dengan demikian, kinerja struktur dapat diidentifikasi dalam kondisi kritis, dan dapat diambil tindakan perbaikan apabila tidak memenuhi persyaratan yang diperlukan.

Pada penelitian ini lokasi yang digunakan yaitu Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung. Gedung ini memiliki luas bangunan kurang lebih  $3.200 \text{ m}^2$  dan terdiri dari 4 lantai dengan struktur beton bertulang. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode analisis *pushover* untuk mengetahui pengaruh kekuatan gempa terhadap gedung tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Ketentuan Umum Bangunan Gedung Terhadap Pengaruh Gempa

#### 2.1.1. Gempa Rencana

Berdasarkan SNI 1726, 2019 Pasal 4.1.1, gempa rencana adalah gempa yang memiliki probabilitas terlewati besarannya selama umur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

#### 2.1.2. Kategori Risiko Bangunan

Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa ditentukan berdasarkan Tabel 3 SNI 1726, 2019.

#### 2.1.3. Faktor Keutamaan Gempa

Dalam mengkategorikan risiko struktur bangunan, baik gedung maupun non-gedung, dampak gempa rencana terhadapnya perlu dikalikan dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ), yang diperoleh berdasarkan kategori risiko daerah yang sedang dianalisis. Nilai faktor keutamaan gempa disajikan dalam Tabel 4 SNI 1726, 2019.

#### 2.1.4. Klasifikasi Situs

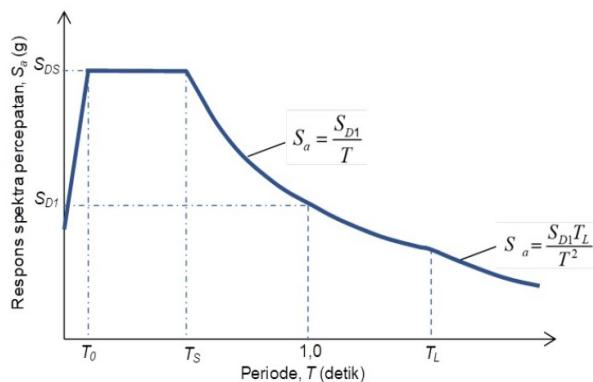
Penetapan kelas situs harus melalui uji penyelidikan tanah di lokasi bangunan dan di laboratorium. Klasifikasi situs dapat dilihat pada Tabel 5 SNI 1726, 2019.

#### 2.1.5. Koefisien Situs dan Parameter Percepatan Spektral Desain

Berdasarkan SNI 1726, 2019 Pasal 6.2, parameter respon spektrum percepatan periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) harus disesuaikan dengan efek klasifikasi situs. Nilai koefisien situs mengacu pada SNI 1726, 2019 Tabel 6 dan Tabel 7. Parameter percepatan spektral desain terdiri dari parameter percepatan spektral desain periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) yang dihitung sesuai dengan SNI 1726, 2019.

### 2.1.6. Spektrum Respon Desain

Berdasarkan SNI 1726, 2019, grafik respon spektrum menyatakan hubungan antara respon spektra percepatan ( $S_a$ ) dan periode ( $T$ ). Grafik respon spektrum desain sesuai SNI 1726, 2019 Pasal 6.4 mengacu pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Respon Spektrum Desain

### 2.1.7. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki kategori desain seismik berdasarkan SNI 1726, 2019 Pasal 6.5. Dimana kategori tersebut ditentukan berdasarkan kategori risikonya serta parameter respons spektral percepatan desainnya yang diatur dalam SNI 1726, 2019 Tabel 8 dan Tabel 9.

### 2.1.8. Sistem Pemikul Gaya Seismik

Parameter struktur berupa koefisien modifikasi respon, faktor kuat lebih sistem dan faktor pembesaran defleksi harus ditentukan sesuai dengan Tabel 12 SNI 1726, 2019.

### 2.1.9. Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) yang ditentukan berdasarkan Tabel 17 dan Tabel 18 SNI 1726, 2019.

## 2.2. Analisis Pushover

Analisis *pushover* merupakan analisis dimana pengaruh gempa rencana pada struktur dianggap sebagai beban statik yang bekerja pada pusat massa masing-masing lantai. Kemudian beban statik tersebut secara bertahap ditingkatkan sampai menyebabkan terjadinya sendi plastis pertama pada struktur tersebut. Peningkatan beban menyebabkan struktur bangunan mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang signifikan sampai tercapainya target perpindahan yang diharapkan atau hingga tercapai kondisi plastis. Analisis *pushover* menghasilkan kurva *pushover*, suatu grafik yang merepresentasikan hubungan antara gaya geser dasar ( $V$ ) dan perpindahan titik acuan pada atap ( $D$ ). Tujuan analisis *pushover* adalah untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap pembebahan gempa rencana berdasarkan kurva kapasitas yang terbentuk. Selain itu analisis ini juga mampu memberikan informasi mengenai komponen-komponen struktural yang bersifat kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi elemen-elemen yang memerlukan perhatian khusus dalam hal pendetailan atau stabilitasnya.

### **2.3. Capacity Spectrum Method (CSM)**

*Capacity spectrum method (CSM)* merupakan salah satu metode untuk mengetahui kinerja suatu struktur. Metode ini dimulai dengan menyusun *demand* spektrum serta kurva kapasitas menjadi satu format yang disebut sebagai format *Acceleration Displacement Response Spectra* (ADRS).

#### **2.3.1. Kurva Kapasitas**

Kurva kapasitas, hasil analisis *pushover* diubah menjadi spektrum kapasitas dalam format ADRS sesuai dengan ATC-40 melalui persamaan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{((\sum W_i \cdot \phi_i) / g)^2}{(((\sum W_i \cdot \phi_i^2) / g) \times (\sum W_i / g))} \quad (1)$$

$$PF = \frac{((\sum W_i \cdot \phi_i) / g)}{((\sum W_i \cdot \phi_i^2) / g)} \times \phi_{roof} \quad (2)$$

$$Sa = \frac{(V / W)}{\alpha} \quad (3)$$

$$Sd = \frac{\Delta}{(PF \cdot \phi_{roof})} \quad (4)$$

Keterangan:

- $\alpha$  = koefisien massa untuk mode alami pertama
- PF = faktor partisipasi modal untuk mode alami pertama
- $W_i/g$  = massa bangunan pada lantai i
- $\phi_i$  = perpindahan pada lantai i
- $g$  = percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )
- V = gaya geser dasar
- $W_i$  = berat bangunan pada lantai i
- $\Delta$  = *monitored displacement*
- Sa = spektral percepatan
- Sd = spektral perpindahan

#### **2.3.2. Demand Spectrum**

*Demand spectrum* merupakan kurva respon spektrum yang mempresentasikan hubungan antara koefisien gempa dengan periode getar struktur yang kemudian diubah menjadi format ADRS. Untuk merubah kurva respon spektrum menjadi format ADRS sesuai dengan ATC-40 dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Sd = \frac{T^2}{4\pi^2} \times Sa \times g \quad (5)$$

#### **2.3.3. Performance Point**

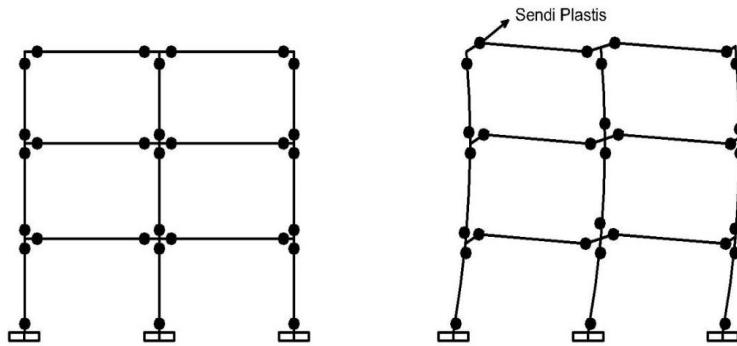
*Performance point* merupakan titik dimana kurva kapasitas berpotongan dengan kurva *demand* spektrum, sebagaimana yang digunakan dalam *capacity spectrum method* ATC-40 (1996).

#### **2.4. Displacement Coefficient Method (DCM)**

*Displacement Coefficient Method (DCM)* merupakan metode yang terdapat dalam peraturan FEMA 356 untuk prosedur statik nonlinier. Penyelesaian dilakukan dengan memodifikasi faktor koefisien  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  dan  $C_3$  sehingga dapat dihitung target perpindahan ( $\delta_t$ ) sesuai dengan perumusan yang telah diatur dalam peraturan FEMA 356.

#### **2.5. Sendi Plastis**

Sendi plastis adalah bentuk ketidakmampuan elemen struktur (balok dan kolom) untuk memikul gaya dalam. Perencanaan sebuah bangunan harus disesuaikan dengan konsep desain kolom kuat balok lemah (*strong column-weak beam*). Hal ini bertujuan agar nantinya pola keruntuhan yang terjadi adalah pola keruntuhan yang ideal. Adapun ilustrasi letak sendi plastis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sendi Plastis pada Balok dan Kolom

#### **2.6. Kriteria Kinerja Struktur Bangunan Tahan Gempa**

Level kinerja struktur didasarkan pada ketentuan yang terdapat dalam dokumen ATC-40 sebagai berikut.

Tabel 1. Batasan Rasio *Drift*

Parameter	Performance Level			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Maksimum Total <i>Drift</i>	0,01	0,01 s.d. 0,02	0,02	$0,33 V_i/P_i$
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i>	0,005	0,005 s.d. 0,015	No Limit	No Limit

(Sumber ATC-40 1996)

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Objek Penelitian**

Objek penelitian atau data-data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi (RSPTN) Universitas Lampung yang terletak di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro No. 1, Kota Bandar Lampung dengan koordinat  $5^{\circ}22'12''S$   $105^{\circ}14'21''E$ .

### 3.2. Data Penelitian

Data umum penelitian yang digunakan yaitu:

Nama gedung : Gedung 6 RSPTN Universitas Lampung

Fungsi : Rumah Sakit

Luas bangunan :  $\pm 3200 \text{ m}^2$

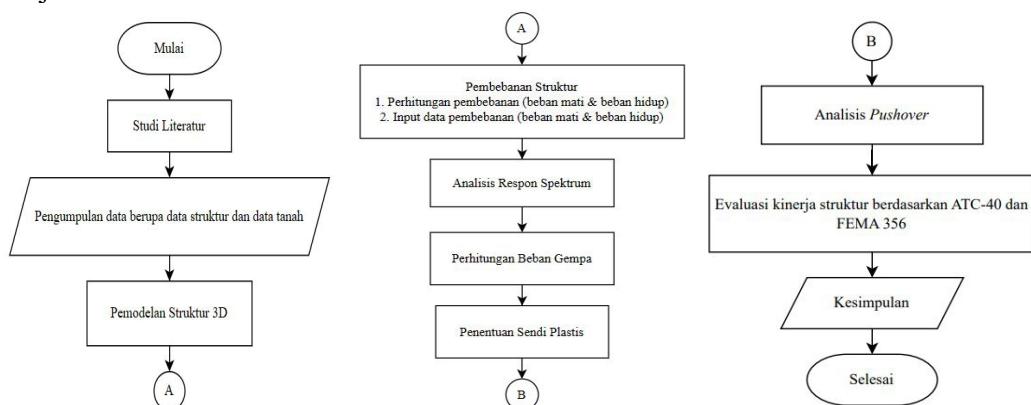
Tinggi bangunan : 22,08 m

Jumlah lantai : 4 lantai, 1 lantai attic, dan 1 lantai atap

Material struktur : Beton bertulang

### 3.3. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan dalam Gambar 3.

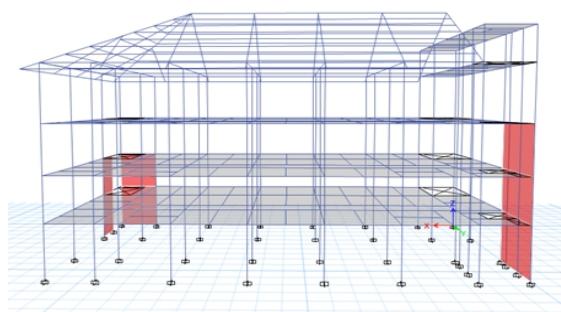


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pemodelan Struktur Gedung

Digunakan program analisis struktur komersial untuk memodelkan bangunan gedung yang akan dianalisis. Hasil dari pemodelan Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi (RSPTN) Universitas Lampung dapat dilihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan Struktur Gedung

### 4.2. Pembebaran

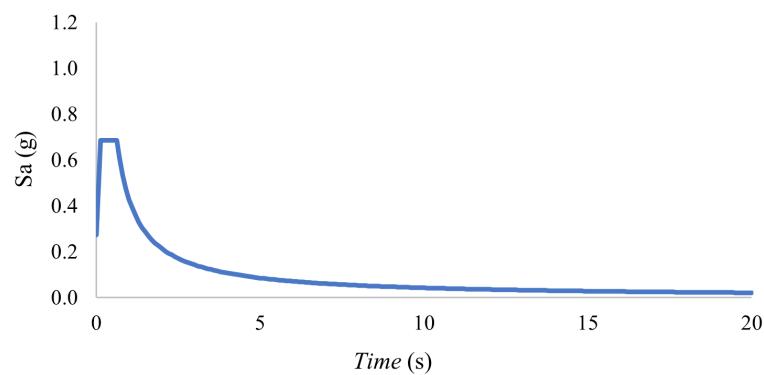
Beban yang diberikan pada struktur gedung ini terdiri dari beban mati (*dead load*), beban mati tambahan (*super dead load*), beban hidup (*live load*), yang mengacu pada SNI 1727:2020, serta beban gempa (*earthquake load*) yang mengacu pada SNI 1726:2019.

(1) Beban Mati	
- Berat sendiri beton	= 24 kN/m <sup>3</sup>
(2) Beban Mati Tambahan	
- Berat sendiri dinding (Pas. Setengah Bata)	= 2,5 kN/m <sup>2</sup>
- Berat pelat lantai	= 1,54 kN/m <sup>2</sup>
- Berat pelat atap	= 0,88 kN/m <sup>2</sup>
(3) Beban Hidup	
- Koridor	= 3,83 kN/m <sup>2</sup>
- Ruang Pasien	= 1,92 kN/m <sup>2</sup>
- Ruang Operasi, Laboratorium	= 2,87 kN/m <sup>2</sup>
- Lobby	= 4,79 kN/m <sup>2</sup>
- Kantor	= 2,40 kN/m <sup>2</sup>
- Ruang Panel	= 1,92 kN/m <sup>2</sup>
- Pantry dan Ruang Makan	= 4,79 kN/m <sup>2</sup>
- Atap Datar	= 0,96 kN/m <sup>2</sup>
- Ruang Tutorial	= 1,92 kN/m <sup>2</sup>
- Lavatory	= 2,87 kN/m <sup>2</sup>
- Ruang Mesin Lift	= 7,18 kN/m <sup>2</sup>
(4) Beban Gempa	
- Fungsi Bangunan	= Rumah Sakit
- Lokasi	= Bandar Lampung
- Tanah Dasar	= Tanah Keras (SC)
- Kategori Risiko Bangunan	= IV
- Faktor Keutamaan ( <i>Ie</i> )	= 1,5
- $S_S$	= 0,8558
- $S_1$	= 0,4279

(Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> dan SNI 1726, 2019))

#### 4.3. Desain Respon Spektrum

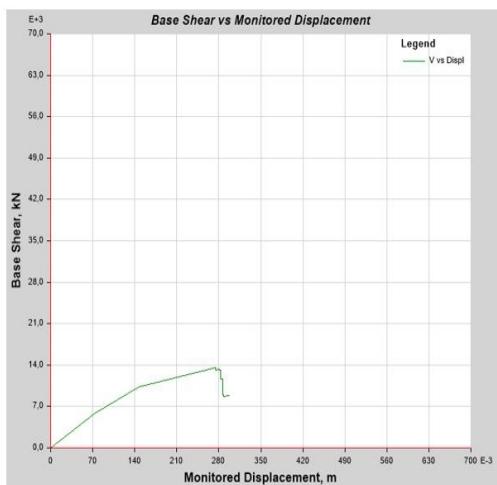
Grafik respon spektrum rancang berdasarkan beban gempa dari lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 5.



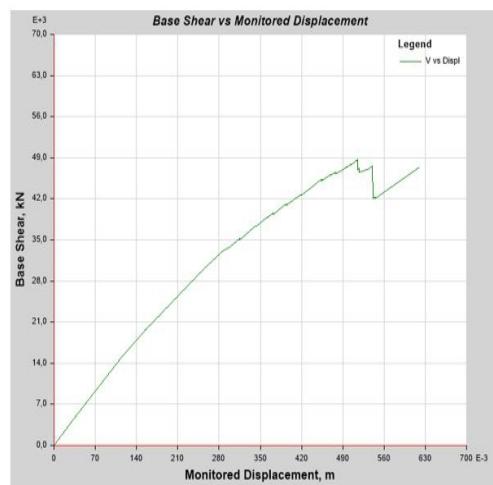
Gambar 5. Respon Spektrum Rancang

#### 4.4. Analisis Pushover (Capacity Spectrum Method)

##### 4.4.1. Kurva Kapasitas



Gambar 6. Kurva Kapasitas Arah X



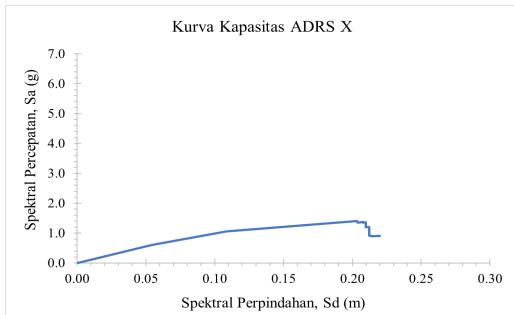
Gambar 7. Kurva Kapasitas Arah Y

Kurva kapasitas dari hasil analisis *pushover* pada Gambar 6 dan Gambar 7 di atas selanjutnya di ubah menjadi format ADRS (*Acceleration Displacement Response Spectra*). Perhitungan konversi kurva kapasitas menjadi format ADRS harus dilakukan sesuai dengan persamaan pada ATC-40. Hasil perhitungan parameter kurva kapasitas arah x dan arah y dapat dilihat pada Tabel 2.

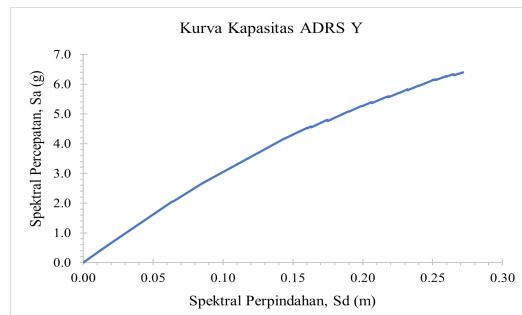
Tabel 2. Parameter Kurva Kapasitas

	Arah X	Arah Y
W (kN)	15943.314	15943.314
$\sum((W_i \cdot \phi_i) / g)$	233.630	162.245
$\sum((W_i \cdot \phi_i^2) / g)$	55.192	35.145
$\alpha$	0.6085	0.4609
PF	4.2330	4.6165

Berdasarkan parameter perhitungan pada Tabel 2, hasil kurva kapasitas dalam format ADRS untuk arah x dan arah y dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 di bawah ini.



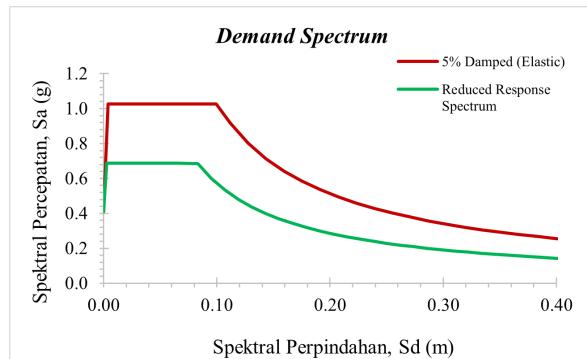
Gambar 8. Kurva Kapasitas ADRS Arah X



Gambar 9. Kurva Kapasitas ADRS Arah Y

#### 4.4.2. Kurva Demand Spectrum

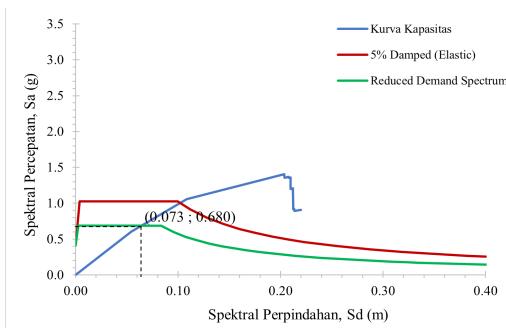
Kurva *demand spectrum* didapat dengan merubah kurva respon spektrum menjadi format ADRS. Hasil kurva *demand spectrum* dapat dilihat pada Gambar 10.



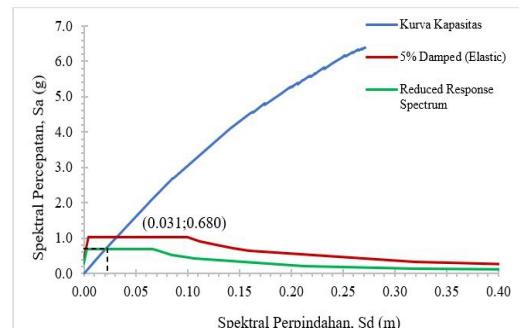
Gambar 10. Kurva *Demand Spectrum*

#### 4.4.3. Performance Point

*Performance point* merupakan titik dimana kurva kapasitas ADRS berpotongan dengan kurva *demand spectrum*. Hasil total *drift* pada *performance point* arah x adalah sebesar 0,005073 dan untuk arah y adalah sebesar 0,003350, sehingga menurut batasan rasio *drift* dari peraturan ATC-40 level kinerja struktur gedung pada penelitian ini adalah *Immediate Occupancy* (IO). Kurva *performance point* untuk arah x dan y dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Kurva *Performance Point X*



Gambar 12. Kurva *Performance Point Y*

#### 4.5. Analisis Pushover (Displacement Coefficient Method)

Target perpindahan pada titik kontrol  $\delta_T$ , ditentukan berdasarkan persamaan yang diatur dalam FEMA 356 dengan parameter perhitungan sebagai berikut.

Arah X

$$T_e = T_i = 0,9390 \text{ detik}$$

$$T_S = S_{DI}/S_{DS} = 0,6250 \text{ detik}$$

$$C_0 = 1,4 \text{ (Tabel 3-2 FEMA 356 untuk bangunan 5 lantai)}$$

$$C_1 = 1,0 \text{ untuk } T_e \geq T_S$$

$$C_2 = 1,0 \text{ untuk struktur framing type 2}$$

$$C_3 = 1,0, \text{ perilaku pasca leleh adalah positif}$$

$$S_a = S_{DI}/T_e = 0,4557 \text{ g}$$

$$\text{Target perpindahan } (\delta_T) = 0,1398 \text{ m}$$

Arah Y

$$T_e = T_i = 0,7551 \text{ detik}$$

$$T_S = S_{DI}/S_{DS} = 0,6250 \text{ detik}$$

$$C_0 = 1,4 \text{ (Tabel 3-2 FEMA 356 untuk bangunan 5 lantai)}$$

$$C_1 = 1,0 \text{ untuk } T_e \geq T_S$$

$$C_2 = 1,0 \text{ untuk struktur } framing type 2$$

$$C_3 = 1,0, \text{ perilaku pasca leleh adalah positif}$$

$$S_a = S_{DI}/T_e = 0,5667 \text{ g}$$

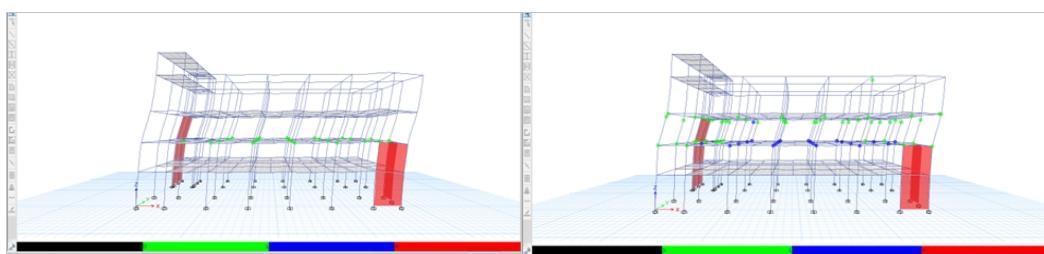
$$\text{Target perpindahan } (\delta_T) = 0,1124 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan target perpindahan didapat hasil total *drift* untuk arah x adalah sebesar 0,006331 dan untuk arah y adalah sebesar 0,005091, sehingga berdasarkan metode koefisien perpindahan (*displacement coefficient method*) level kinerja struktur gedung pada penelitian ini adalah *Immediate Occupancy* (IO).

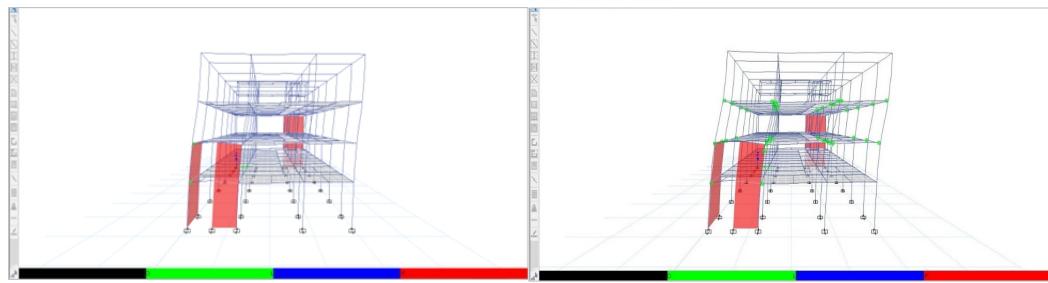
#### 4.6. Distribusi Sendi Plastis

Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh bahwa sendi plastis pada arah x pertama dialami oleh struktur setelah didorong oleh beban *pushover* hingga mencapai nilai *displacement* sebesar 146.311 mm. Gaya geser dasar saat terjadi sendi plastis pertama yaitu sekitar 10254.4028 kN dan berdasarkan ketentuan dari ATC-40 menunjukkan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO). Lokasi terjadinya sendi plastis pertama pada arah x yaitu pada balok lantai 3 pada grid 20 dan 23. Ketika beban dorong dinaikkan, saat nilai *displacement* mencapai 274.559 mm sendi plastis muncul pada kolom lantai 3 serta pada balok lantai 3 dan lantai 4. Dengan gaya geser dasar sebesar 13610.8769 kN sendi plastis sebagian kolom dan balok pada lantai 3 sudah menunjukkan level kinerja *Life Safety* (LS) dan sendi plastis pada balok lantai 4 menunjukkan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

Sedangkan berdasarkan hasil simulasi pada arah y, diperoleh bahwa sendi plastis pertama dialami oleh struktur setelah didorong oleh beban *pushover* hingga mencapai nilai *displacement* sebesar 114.864 mm. Gaya geser dasar saat terjadi sendi plastis pertama pada arah y yaitu sekitar 15060.7467 kN. Lokasi terjadinya sendi plastis pertama pada arah y adalah pada balok di lantai 2 dan lantai 3 pada grid 20, serta berdasarkan ketentuan dari ATC-40 menunjukkan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO). Selanjutnya ketika beban dorong dinaikkan, saat nilai *displacement* mencapai 254.253 mm dengan gaya geser dasar sebesar 30099.0079 kN, sendi plastis muncul pada kolom dan balok pada lantai 2 dan lantai 3. Kinerja struktur kolom dan balok pada lantai 2 dan lantai 3 menunjukkan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO). Sendi plastis pertama pada balok dan kolom untuk arah x dan arah y dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.

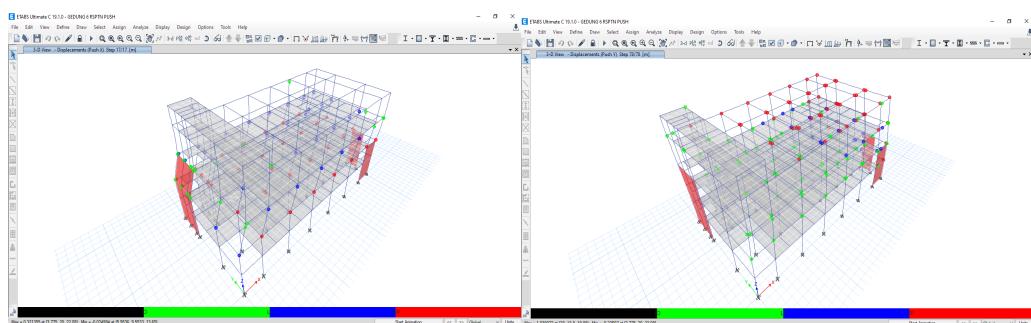


Gambar 13. Distribusi Sendi Plastis Pertama Balok dan Kolom Arah X



Gambar 14. Distribusi Sendi Plastis Pertama Balok dan Kolom Arah Y

Struktur diberikan beban dorong sampai bangunan mengalami keruntuhan (*collapse*), hal ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang mekanisme keruntuhan dari bangunan yang ditinjau. Distribusi sendi plastis pada step terakhir hasil analisis *pushover* dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Distribusi Sendi Plastis pada *Collapse Condition* Arah X dan Arah Y

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang dilakukan pada Gedung 6 Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *displacement* pada *performance point* menggunakan *Capacity Spectrum Method* berdasarkan peraturan ATC-40 pada arah x adalah sebesar 112,017 mm dan pada arah y sebesar 73,958 mm. Sedangkan nilai *displacement* pada target perpindahan dengan menggunakan *Displacement Coefficient Method* berdasarkan peraturan FEMA-356 pada arah x adalah sebesar 139,780 mm dan pada arah y adalah sebesar 112,399 mm. Nilai *displacement* gedung berdasarkan perencanaannya dengan konsep struktur ideal dapat dikatakan baik karena *displacement* yang terbentuk < *displacement limit (control)* yang ditentukan, yaitu sebesar  $1\%H = 1\% \times 22080 \text{ mm} = 220,8 \text{ mm}$ .
2. Titik performa (*performance point*) dengan menggunakan *Capacity Spectrum Method* berdasarkan peraturan ATC-40 nilai  $S_a$  ;  $S_d$  pada arah x didapat pada titik (0,680 ; 0,073) dan pada arah y pada titik (0,630 ; 0,031).
3. Level kinerja struktur gedung berdasarkan peraturan ATC-40 dengan *Capacity Spectrum Method* didapatkan maksimal total *drift* pada arah x adalah sebesar 0,005073 dan untuk arah Y adalah 0,003350. Berdasarkan peraturan FEMA-356 dengan menggunakan *Displacement Coefficient Method* didapatkan titik kinerja

struktur untuk arah X adalah sebesar 0,006331 dan untuk arah Y adalah sebesar 0,005091. Dari hasil analisis kinerja struktur menggunakan ATC-40 dan FEMA-356 Gedung 6 Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung termasuk ke dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO) sehingga level kinerja struktur gedung adalah *Immediate Occupancy* (IO).

4. Dapat dilihat dari distribusi sendi plastisnya, sendi plastis yang terjadi pada struktur terbentuk pada elemen balok terlebih dahulu dibandingkan kolom karena penggunaan kolom yang kuat. Hal ini menunjukkan bahwa struktur gedung ini pada kondisi eksisting memenuhi konsep keruntuhan ideal (*strong column-weak beam*).

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Applied Tecnology Council (ATC 40). 1999, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Redwood City, California, USA: DC.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2020. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur (SNI 1727:2020)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional

Federal Emergency Management Agency. 2000, *Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building FEMA-356*, Washington, DC.