

## Kinerja Seismik Struktur PascaGempa

Rafki Imani<sup>1</sup>, Rita Nasmirayanti<sup>2</sup>, Utami Dewi Arman<sup>3</sup>, Afrilda Sari<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang<sup>1,2,3,4</sup>

Email: rafimani17@yahoo.co.id<sup>1</sup>, tathen94@gmail.com<sup>2</sup>, udewi2679@gmail.com<sup>3</sup>,  
afrildasari@yahoo.com<sup>4</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v5i1.2974>

**Abstract** :Korban jiwa yang terjadi akibat gempa seringkali diakibatkan oleh kerusakan dan keruntuhan bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan level kinerja seismik gedung Rumah Sakit Ciputat Tangerang berdasarkan nilai performance point menggunakan kode ATC-40, untuk mengetahui pola keruntuhan bangunan sehingga dapat diketahui sendi-sendi yang mengalami kerusakan dan mengalami kehancuran serta membandingkan hasil analisis respon spektral dengan analisis pushover. Analisis dilakukan dengan program ETABS V9,dengan struktur yang direncanakan struktur beton bertulang dengan Rangka Penahan Momen Khusus (RPMK). Berdasarkan hasil respon spektrum menunjukkan bahwa nilai drift maksimum pada gedung berada pada level immediatel occupancy. Bangunan gedung Rumah Sakit ini tergolong aman bila terjadi gempa yang mengakibatkan keruntuhan bangunan.

**Keywords:** Gempa, kinerja struktur, ATC-40 dan pushover.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat ancaman kegempaan yang tinggi, karena berada pada batas pertemuan lempeng besar dunia yang terus bergerak dan saling bertumbukan satu sama lain [1]. Beberapa peristiwa gempa besar yang mengakibatkan keruntuhan bangunan adalah Gempa Aceh (2004), Gempa Jogja (2006) dan Gempa Padang (2009) [2].

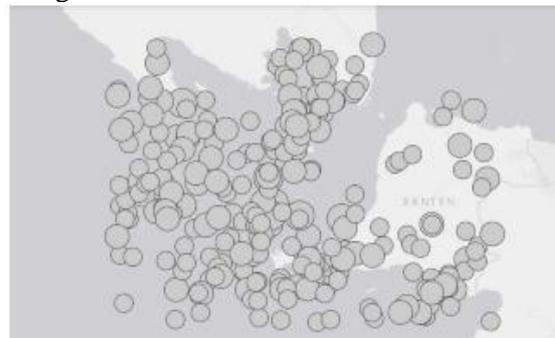
Pertumbuhan pembangunan di Indonesia yang semakin tinggi, dapat menambah risiko jatuhnya korban akibat keruntuhan bangunan pascagempa. Ancaman gempa terhadap keruntuhan bangunan ini akan semakin besar jika bangunan dibangun bertingkat, karena semakin tinggi suatu bangunan maka ancaman risiko keruntuhan akan semakin besar. Upaya yang perlu dilakukan untuk menilai apakah suatu bangunan masih layak dihuni atau tidak pascagempa adalah dengan merencanakan bangunan tahan gempa, seperti yang tertuang dalam standar bangunan tahan gempa [3].

Proses evaluasi bangunan tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan kemudian melakukan simulasi kinerjanya terhadap kejadian gempa. Setiap simulasi memberikan informasi tingkat kerusakan (*level of damage*) dan ketahanan struktur, sehingga dapat memperkirakan berapa besar keselamatan (*life safety*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta

benda (*economic loss*) yang akan terjadi [4]. Penelitian ini dilakukan terhadap Gedung Rumah Sakit Ciputat Tangerang Selatan Propinsi Banten.

### Geologis wilayah Tangerang Selatan

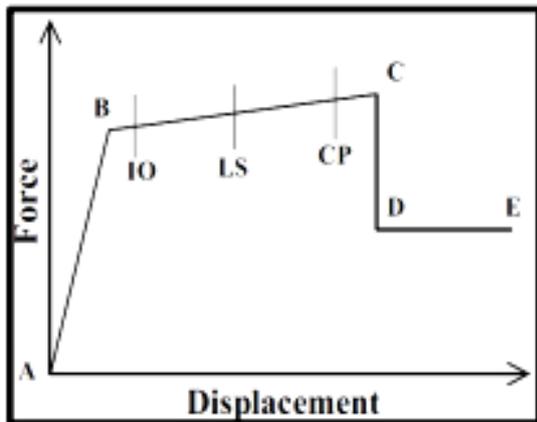
Sebagian besar wilayah Tangerang Selatan merupakan dataran rendah dengan topografi yang relatif datar dengan kemiringan tanah rata-rata 0 - 3%, sedangkan ketinggian wilayah antara 0 - 25 m. Pada periode september 2020, wilayah Banten dan sekitarnya memiliki aktivitas tektonik yang cukup aktif. Pada peta sebaran seismitas Gambar 1, terlihat terjadi 81 kejadian gempa bumi pada kedalaman dangkal dan menengah. Kekuatan gempa bumi yang beragam sekitar M 3 - 5.



Gambar 1. Peta sebaran gempa di sekitar Propinsi Banten [5].

*Struktur Berbasis Kinerja (Permanence Base Design)*

Tingkat kinerja struktur suatu bangunan yang diatur dalam ATC-40 adalah sebagai berikut [4]:



Gambar 2. Kurva kriteria kinerja.

#### 1. Immediate Occupancy (IO) SP-I

Bangunan sepenuhnya melawan gaya geser dasar vertikal maupun horizontal. Resiko yang mengancam keselamatan manusia dan kegagalan struktur yang mungkin terjadi pada bangunan yang didesain pada kondisi *Immediate Occupancy* harus sekecil mungkin. Struktur yang didesain pada kategori ini adalah struktur bangunan yang berfungsi sebagai sarana penyelamatan, struktur bangunan yang menyimpan barang berbahaya, atau struktur yang dapat mempengaruhi ekonomi nasional.

#### 2. Damage Control (DC) SP-2

Kategori ini merupakan transisi antara *Immediate Occupancy* dan *Life Safety*. Kategori desain ini dimaksudkan untuk membatasi kerusakan struktur sampai melampaui ketentuan-ketentuan yang dapat mengancam terjadinya korban jiwa, seperti yang ditetapkan pada tingkat *Life Safety*, tetapi sistem struktur bangunan masih kuat menahan beban gempa yang disyaratkan pada tingkatan *Immediate Occupancy*. Struktur bangunan boleh rusak, namun tidak boleh runtuh. Contohnya adalah perkuatan struktur untuk bangunan bersejarah dan bangunan yang menjadi tempat untuk barang-barang berharga.

#### 3. Life Safety (LS) SP-3

Desain struktur bangunan terlalu daktail. Komponen struktural boleh saja mengalami kerusakan, tetapi tidak diperkenankan terjadi keruntuhan yang dapat mengancam jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah). Bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktural maupun non-struktural pascagempa. Contoh bangunan yang termasuk dalam kategori ini

adalah gedung perkantoran, perumahan, gudang, dan lain-lain.

#### 4. Limited Safety Life SP-4

Kategori bangunan ini merupakan transisi antara tingkat *Life Safety* dan *Structural Stability*. Struktur didesain lebih baik dari tingkatan *Structural Stability* dan lebih rendah dari tingkatan *Life Safety*, tanpa mempertimbangkan aspek ekonomis dalam melakukan perbaikan pascagempa.

#### 5. Structural Stability (SS) SP-5

Dalam kategori desain ini, struktur bangunan pascagempa terjadi adalah di ambang keruntuhan total maupun parsial. Komponen struktur penahan beban gravitasi masih bekerja meskipun keseluruhan kestabilan struktur sudah diambang keruntuhan. Kajatuhan material-material komponen bangunan mungkin saja setelah dilanda gempa.

#### 6. Not Considered SP-6

Pada tingkat kinerja struktur ini, dilakukan evaluasi seismik nonstruktural dengan retrofit.

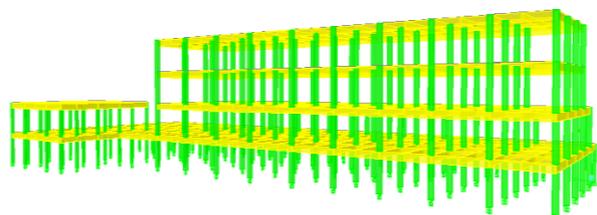
### METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian adalah gambar *shop drawing* dari struktur gedung Rumah Sakit Ciputat Tangerang Banten. Pemodelan gambar 3D dari struktur dianalisis menggunakan ETABS V9 dengan pendekatan ATC-40.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Konfigurasi Model Bangunan

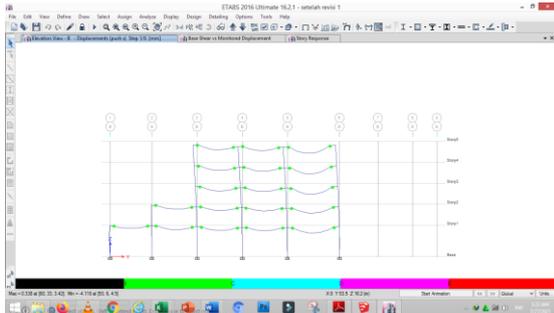
Bangunan yang direncanakan adalah struktur beton bertulang dengan Rangka Pemikul Momen Khusus (RPMK).



Gambar 3. Pemodelan bangunan.

#### Mode Shape dan Partisipasi Massa Struktur

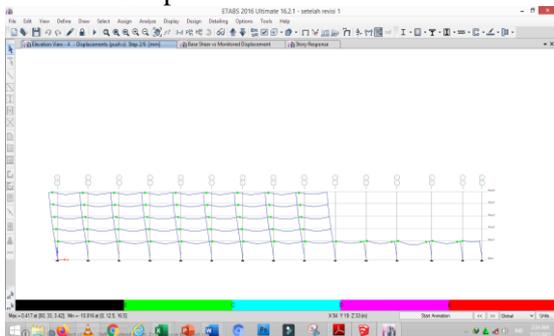
##### 1. Mode Shape 1 Arah-y



Gambar 4. Mode Shape 1 arah-y.

Dari hasil didapat untuk mode 1 ke arah-y, dengan periode 0,725 detik, dan memenuhi kriteria seperti yang telah ditetapkan dimana mode pertama tidak terjadi rotasi.

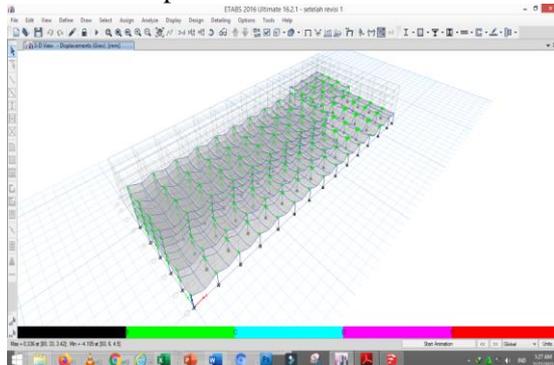
2. Mode Shape 2 Arah-x



Gambar 5. Mode Shape 2 arah-x.

Dari hasil analisis didapatkan untuk mode 2 terjadi translasi arah-x, dengan periode 0,64 dt. Hal ini telah memenuhi kriteria yang ditetapkan.

3. Mode Shape 2 Arah Rotasi



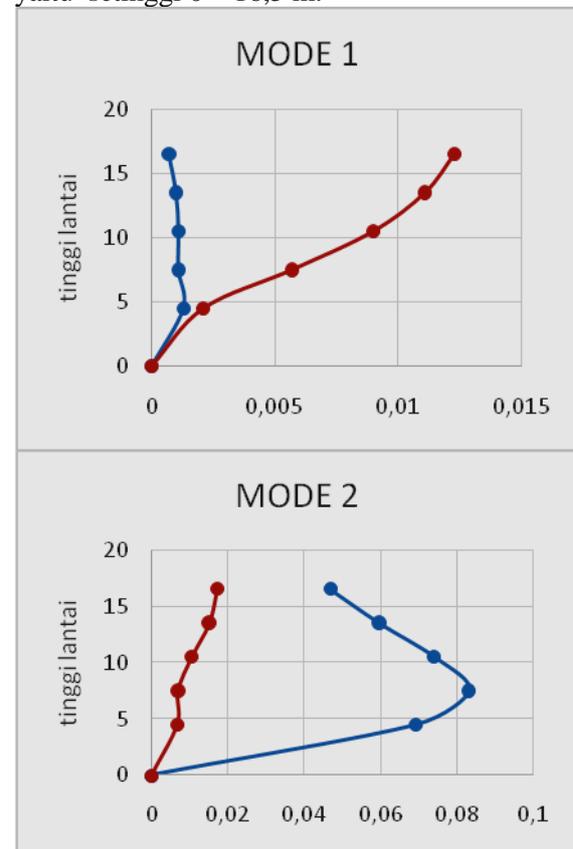
Gambar 6. Mode Shape 2 arah rotasi.

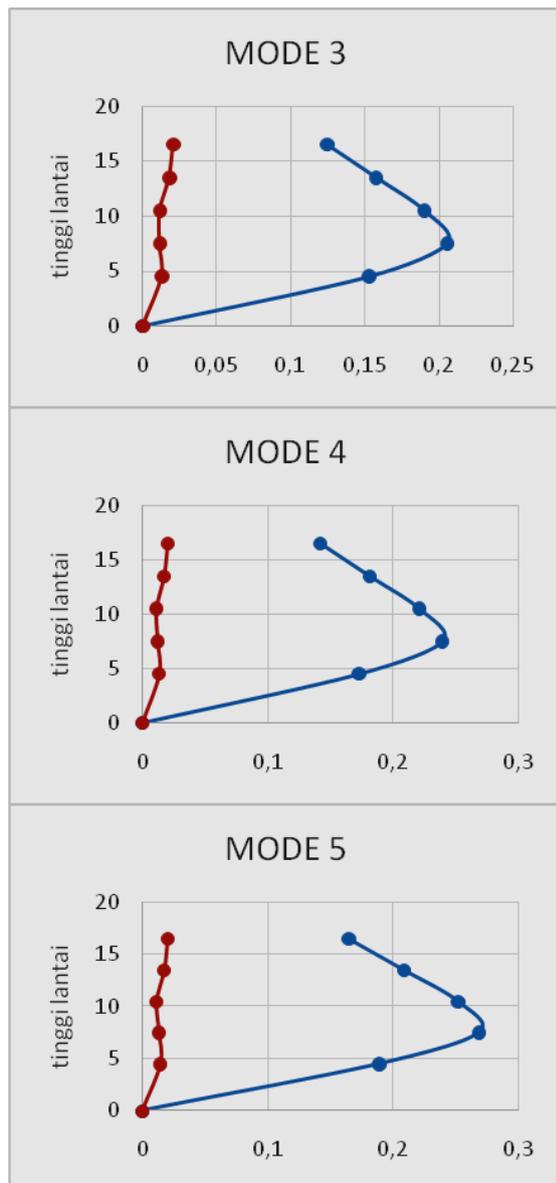
Dari analisis diperoleh mode 4 mengalami rotasi pada arah-y dan arah-x dengan periode 0,287 dt.

Tabel 1. Mode Shape.

Case	Mode	Period Sec	UX	UY	RZ
Modal	1	0.725	0.0038	0.623	0.1463
Modal	2	0.64	0.4925	0.0272	0.0964
Modal	3	0.591	0.2412	0.0196	0.2183
Modal	4	0.287	0.0084	0.1427	0.4169
Modal	5	0.249	0.0957	0.0911	0.0002
Modal	6	0.236	0.072	0.0503	0.0761
Modal	7	0.202	0.0438	0.0001	0.0036
Modal	8	0.175	0.001	0.0009	1.98E-05
Modal	9	0.149	0.0001	4.71E-06	0.0006
Modal	10	0.135	2.23E-06	0	1.02E-06
Modal	11	0.111	0.0023	0.0301	0.0005
Modal	12	0.109	0.0182	9.58E-06	0.0145

Pemeriksaan modal dilakukan untuk melihat pola gerak ragam struktur akibat beban yang bekerja pada struktur. Jumlah mode yang ditampilkan sama dengan jumlah lantai bangunan yang dianalisis yaitu sebanyak 5 mode. Arah setiap mode ditampilkan dari arah-x dan-y. Untuk ketinggian bangunan diawali dari dasar bangunan sampai lantai atas, yaitu setinggi 0 – 16,5 m.





Gambar 7. Performa Mode Shape 1 - 5. 5. Gaya Geser Dasar Sistem Rangka

Langkah perhitungan gaya geser dasar dengan metode DDBD untuk sistem rangka adalah:

- a. Profil perpindahan rencana  
Menentukan inelastik mode shape digunakan untuk  $n > 4 \rightarrow$  jumlah lantai 5 lantai.
- b. Desain Perpindahan SDOF

Desain perpindahan SDOF dihitung dengan persamaan:

$$\Delta_d = \frac{\sum (m_i \cdot \Delta_i^2)}{\sum (m_i \cdot \Delta_i)} = \frac{289,604}{1529,145} = 0,18 \text{ m}$$

c. Massa Efektif

Tinggi efektif dari SDOF dihitung dengan persamaan:

$$m_e = \frac{\sum (m_i \cdot \Delta_i)}{\Delta_d} = \frac{1529,145}{0,18} = 8074,075 \text{ ton}$$

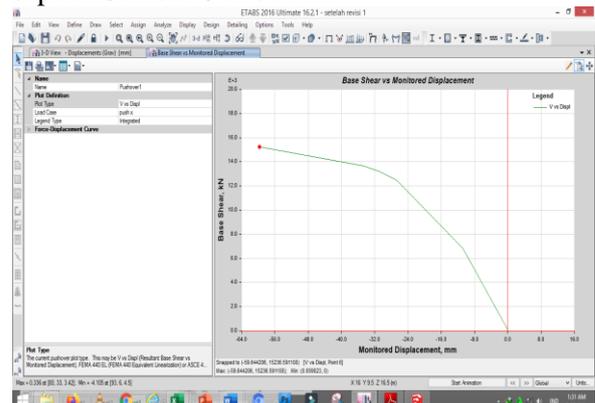
d. Tinggi Efektif

Tinggi efektif dari SDOF dihitung dengan persamaan:

$$h_e = \frac{\sum (m_i \cdot \Delta_i \cdot h_i)}{\sum (m_i \cdot \Delta_i)} = \frac{16240,92}{1529,145} = 10,62 \text{ m}$$

### Analisis Pushover

Setelah dilakukan analisis tahap akhir terhadap beban statik pada bangunan tersebut didapat Grafik *base shear vs displacement* seperti Gambar 8 di bawah.



Gambar 8. Base shear vs displacement arah-x. Kinerja Gedung

Ditinjau dari besar nilai *displacement* gedung, maka besarnya *displacement* dibandingkan dengan ketinggian total gedung. Hasil dari perbandingan tersebut akan diperoleh tingkat kinerja gedung berdasarkan tabel ATC-40.

Tabel 2. Ketentuan ATC-40.

Parameter	Performance Level			
	IO	Damaged Control	LS	Structural Stability
Max Total Drift	0.01	0.01 - 0.02	0.02	$0.33 \frac{V_t}{P_t}$

Max Inelastic Drit	0.005	0.005 - 0.0015	No limit	No limit
--------------------	-------	----------------	----------	----------

Tabel 3. Kinerja struktur.

Perpindahan (Dt)	Tinggi Gedung (H)	Drift	Performanc e Level
Mm	Mm	Dt/h	
59.644	16500	59.644/16500 = 0.00361	Immediateli Occupance (IO)

Hasil evaluasi kinerja struktur gedung dengan pushover tergolong *immediateli occupance* (IO) dimana struktur bangunan tergolong aman bila terjadi gempa dengan risiko yang tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan yang berarti dan dapat dioperasikan segera sesuai fungsi bangunan.

Tsunami Di Pantai Utara Kabupaten Serang,” *J. Alami J. Teknol. Reduksi Risiko Bencana*, vol. 3, no. 2, p. 112, 2019, doi: 10.29122/alami.v3i2.3768.

## PENUTUP

Simpulan berdasarkan analisis adalah:

1. Gegung dengan ketinggian 16,5 m ini mengalami *displacemnt* sebesar 59,644 mm dengan *base shear* sebesar 15236,5911 kN.
2. Berdasarkan hasil analisis respon spektrum terhadap level kinerja struktur sesuai ATC-40 gedung termasuk kedalam level *immediateli occupancy*, dimana bangunan tergolong aman bila terjadi gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Imani, U. D. Arman, and W. Boy, “Correlation between type of ground-based on b-value and the impact on buildings due to Sumatra earthquakes,” *MATEC Web Conf.*, vol. 02013, no. 229, 2018.
- [2] Wibowo, E. Purwanto, and D. Yanto, “Menentukan Level Kinerja Struktur Beton,” *Media Tek. Sipil*, vol. X, no. 1, pp. 49–54, 2010.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, *Sni 1726-2019*, no. 8. 2019, p. 254.
- [4] T. A, Imran, and F. Imron, “Evaluasi Kinerja Struktur Beton Gedung Fakultas Ekonomi Unkhair Dengan Analisis Pushover Atc-40,” *J. Sipil Sains*, vol. 8, no. 15, pp. 1–10, 2018.
- [5] H. S. Naryanto, “Kajian Bahaya