

## Evaluasi Bangunan Gedung Rumah Sakit Terhadap Beban Gempa Dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen

Farhan Nurrohmat<sup>1)</sup>

Ratna Widyawati<sup>2)</sup>

Fikri Alami<sup>3)</sup>

### Abstract

*Hospitals are an integral part of a social and health organization with the function of providing services, disease healing and disease prevention. So it needs to be researched to know strength and performance the structure of the building against the earthquake load on the hospital building. Purpose of this study is to evaluate the performance of the upper structure of the Hospital Building against the burden of equivalent static earthquakes in meeting the structural safety requirements based on SNI:1726-2012. Calculation of earthquake load using Static Equivalent method with ETABS 2017 program. Equivalent static earthquake analysis is used to evaluate building service performance and building structure performance. From the results of the analysis, the story drift is classified as safe because it does not exceed the permission deviation limit of 209 mm and the structure performance level in the ATC-40 building regulations is still elastic. Beams and columns do not need to be evaluated to the Pushover stage because the DCR value is less than 2. The B1 beams on Floors 2-4 have difference between bending and shearing bones needed in analysis with the bones in the existing. The 2nd floor columns K1.5, K1.8, K1.11 have difference between the bending bones needed in the analysis and the bones in the existing, and for sliding column spine in safe condition. The bones of floor plates Floors 2 to 5 on the focus area and field X and Y directional plates are safe because same as the existing results.*

*Key words: earthquake load, static equivalent, ETABS 2017.*

### Abstrak

Rumah sakit merupakan bagian integral dari suatu organisasi sosial dan kesehatan dengan fungsi menyediakan pelayanan, penyembuhan penyakit dan pencegahan penyakit kepada masyarakat. Sehingga perlu diteliti untuk mengetahui kekuatan dan kinerja struktur gedung terhadap beban gempa pada gedung Rumah Sakit. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja struktur atas Gedung Rumah Sakit terhadap beban gempa statik ekuivalen dalam memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI:1726-2012. Perhitungan beban gempa menggunakan metode Statik Ekuivalen dengan bantuan program ETABS 2017. Analisis gempa statik ekuivalen digunakan untuk mengevaluasi kinerja layan bangunan dan kinerja struktur bangunan. Dari hasil analisis, diperoleh Story drift yang tergolong aman karena tidak melebihi batas simpangan izin sebesar 209 mm dan level kinerja struktur pada peraturan ATC-40 gedung masih dalam keadaan elastis. Balok dan kolom tidak perlu dievaluasi ke tahap Pushover karena nilai DCR kurang dari 2. Balok B1 di Lantai 2-4 memiliki perbedaan antara tulangan lentur dan geser yang dibutuhkan pada analisis dengan tulangan pada eksisting. Kolom lantai 2 K1.5, K1.8, K1.11 memiliki perbedaan antara tulangan lentur yang dibutuhkan pada analisis dengan tulangan pada eksisting. dan untuk tulangan geser kolom dalam kondisi aman. Penulangan pelat lantai pelat Lantai 2 sampai dengan 5 pada daerah tumpuan dan lapangan pelat arah X dan Y aman karena sama dengan hasil eksisting.

Kata kunci: beban gempa, statik ekuivalen, ETABS 2017.

---

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

<sup>2)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

<sup>3)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

## **1. PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa bumi. Tingginya potensi gempa bumi disebabkan letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, dan Indonesia Australia. Gempa mengakibatkan kerusakan dan kerugian sangat besar terhadap bangunan, maka diperlukan pengembangan analisis gempa terhadap struktur. Analisis gempa dibagi menjadi dua yaitu analisis gempa statik dan analisis gempa dinamik. Analisis gempa statik digunakan untuk mengetahui kinerja struktur pada bangunan bertingkat rendah dan beraturan dengan representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi yang mana gaya inersia yang bekerja pada suatu massa akibat gempa disederhanakan menjadi gaya horizontal (Widodo, 2014). Analisis gempa dinamik meliputi analisis respon spektrum dan analisis riwayat waktu (*response spectrum* dan *time history*).

Kota Metro merupakan kota kedua di Provinsi Lampung setelah Kota Bandar Lampung. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan pelayanan kesehatan, maka dibangun satu gedung rumah sakit di Kota Metro. Menurut SNI Gempa 2012 struktur gedung Rumah Sakit harus memiliki kekuatan 1,5 kali lebih tinggi dibandingkan gedung-gedung lainnya, maka dalam perencanaannya bangunan ini harus mampu bertahan terhadap gempa dengan baik sehingga risiko kegagalan struktur dapat dihindari (Hidayat dan Hasan 2016). Oleh karena itu diperlukan evaluasi terhadap bangunan menggunakan metode yang tepat untuk memperkirakan daerah-daerah di pulau Sumatera yang rawan terhadap gempa bumi khususnya gempa bumi besar. Pada metode penelitian analisis ini menggunakan analisis statik ekuivalen sebagai dasar untuk menentukan responnya. Berdasarkan metode analisis diatas maka perlu untuk diteliti guna mengetahui kekuatan dan kinerja struktur gedung terhadap beban gempa pada bangunan gedung bertingkat di Kota Metro, Lampung.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Struktur Bangunan Tahan Gempa**

Menurut Peraturan Pemerintah No 36 Tahun 2005 Pengklasifikasian ketinggian bangunan gedung dibagi menjadi tiga yaitu gedung bertingkat rendah dengan jumlah tingkat sampai 4 lantai, gedung bertingkat sedang dengan jumlah tingkat 5 sampai dengan 8 lantai, dan gedung bertingkat tinggi dengan tingkat lebih dari 8. Perencanaan bangunan tahan gempa mempunyai prinsip-prinsip desain filosofi, yaitu (Widodo, 2014) sebagai berikut ini:

1. Pada gempa kecil (*light*, atau *minor earthquake*) yang sering terjadi, struktur utama tidak boleh mengalami kerusakan, komponen non struktur boleh mengalami rusak ringan.
2. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*) yang relatif jarang terjadi, struktur utama boleh mengalami kerusakan ringan dan komponen non struktur boleh mengalami kerusakan namun masih bisa diperbaiki.
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*) yang jarang terjadi, bangunan boleh mengalami kerusakan tetapi tidak boleh runtuh total, sehingga tidak ada korban jiwa atau paling tidak korban jiwa bisa diminimalisir.

### **2.2. Analisis Statik**

Analisis struktur bangunan dengan beban gempa dapat dilakukan dengan analisis statik yaitu dengan metode statik ekuivalen, dengan tujuan penyederhanaan dan kemudahan di dalam perhitungan. Pada metode ini diasumsikan bahwa gaya horizontal akibat gempa

yang bekerja pada suatu elemen struktur, besarnya ditentukan berdasarkan hasil perkalian antara suatu konstanta berat atau massa dari elemen struktur tersebut. Perbedaan utama antara konsep statik dan dinamik adalah pada karakteristik bangunan yang diperhitungkan dalam analisis. Konsep dinamik memperhitungkan massa, kekakuan dan redaman, sedangkan konsep statik hanya memperhitungkan massa saja. Selain itu, prinsip statik ekuivalen hanya memperhitungkan mode ke 1 saja, sehingga hanya cocok untuk bangunan yang cenderung kaku atau bangunan rendah (Widodo, 2014).

Berdasarkan (SNI 1726, 2012) Analisis statik ekuivalen dihitung dengan meliputi tahap perhitungan sebagai berikut :

- a. Faktor keutamaan struktur (I)
- b. Kategori Desain Seismik
- c. Reduksi beban gempa (R)
- d. Periode fundamental (T)
- e. Gaya geser pada dasar statik ekuivalen (V)
- f. Gaya horisontal tingkat/gaya lateral (Fi)

### 2.3. Kinerja Batas SNI 1726:2012

Menurut Faizah (2015), Struktur bertingkat banyak/tinggi harus dirancang memiliki stabilitas yang memadai dan mampu menahan gaya lateral. Sistem struktur penahan gaya lateral terletak pada kekakuan kolom yang dapat menahan gaya lateral, sehingga deformasi/simpangan yang terjadi tidak melebihi persyaratan yang ditentukan. Berdasarkan SNI 1726, 2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, memberikan batasan simpangan antara lantai tingkat ( $\Delta$ ), yaitu tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin ( $\Delta_a$ ).

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Defleksi pada massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ )(mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} \quad (1)$$

Dimana:

- Cd : faktor amplikasi defleksi  
 $\delta_{xe}$  : defleksi pada lokasi yang diisyaratkan  
Ie : faktor keutamaan gempa

### 2.4. Level Kinerja Struktur Metode ATC-40

Kriteria struktur tahan gempa:

1. *Immediate Occupancy* (IO) yaitu bila gempa terjadi, struktur mampu menahan gempa tersebut, struktur tidak mengalami kerusakan struktural dan tidak mengalami kerusakan non struktural. Sehingga dapat langsung dipakai.
2. *Life Safety* (LS) yaitu bila gempa terjadi, struktur mampu menahan gempa, dengan sedikit kerusakan struktural, manusia yang tinggal/berada pada bangunan tersebut terjaga keselamatannya dari gempa bumi.

3. *Collapse Pervention* (CP) yaitu bila gempa terjadi, struktur mengalami kerusakan struktural yang sangat berat, tetapi belum runtuh.

## 2.5. Evaluasi Linier Statik Merode FEMA 356

Evaluasi ini dilakukan analisis dan evaluasi kemampuan sistem gaya lateral yang terjadi pada bangunan. Analisis struktur pada tahapan ini adalah analisis linear elastik statik. Kemudian hasil tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai *Demand Capacity Ratio* (DCR) pada balok dan kolom. Nilai DCR digunakan sebagai syarat apakah evaluasi perlu dilanjutkan ke tahap evaluasi nonlinier (*pushover*).

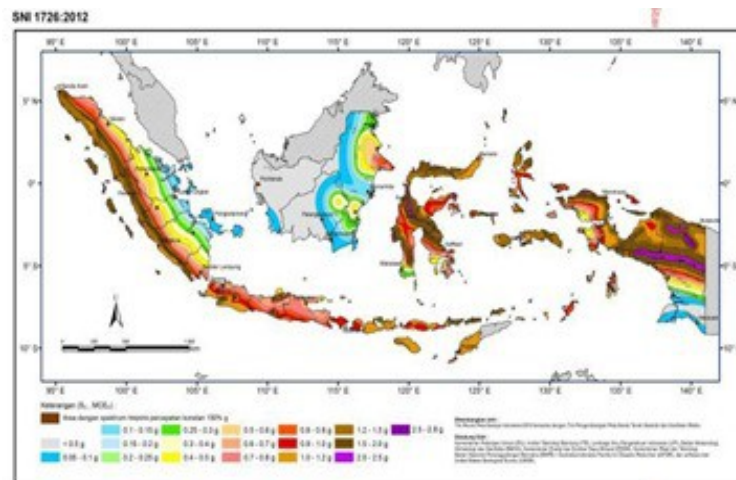
Apabila dimensi komponen struktur dan kualitas bahan sudah diketahui, maka kekuatan struktur dalam mendukung gaya aksial, momen dan geser dapat dianalisis menggunakan FEMA 356 dengan hasil analisis linier statik elastik ditentukan melalui nilai DCR (*Demand Capacity Ratio*) dengan rumus seperti berikut:

$$DCR = \frac{Qud}{1,25 \times Qce} \quad (2)$$

## 2.6. Pembebanan

### 2.6.1. Peta Gempa

Menurut SNI (1726, 2012) Indonesia dibagi menjadi beberapa kategori gerakan tanah seismik dan koefisien risiko dari gempa maksimum yang dipertimbangkan (*Maximum Considered Earthquake MCE*).



### 2.6.3. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III dimana parameter  $S_1 \geq 0,75$  ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori resiko IV dimana  $S_1 \geq 0,75$  ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori resikonya dan parameter respon spektral percepatan desainnya (SDS dan SD1).

### 2.6.4. Sistem Struktur

Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur. Koefisien modifikasi respon (R), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ), dan koefisien amplifikasi defleksi ( $C_d$ ) harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai desain.

### 2.6.5. Analisis Statik Ekuivalen

Analisis statik ekuivalen pada prinsipnya adalah menggantikan beban gempa dengan gaya-gaya statik yang bertujuan menyederhanakan dan memudahkan perhitungan. Metode ini disebut juga Metode Gaya Lateral Ekuivalen (*Equivalent Lateral Force Method*), yang mengasumsikan besarnya gaya gempa berdasarkan hasil perkalian suatu konstanta massa dari elemen tersebut.

### 2.6.6. Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang diakibatkan oleh faktor lingkungan yaitu faktor angin itu sendiri. Adapun parameter dalam perencanaan beban angin adalah: kecepatan angin, faktor arah angin, kategori eksopur, faktor topografi, faktor efek tiupan, klasifikasi ketertutupan, koefisien tekanan internal. Adapun perencanaan beban angin berdasarkan SNI 1727:2013.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Umum

Metode penelitian ini menggunakan analisis statik ekuivalen, Analisis gempa statik ekuivalen digunakan untuk mengevaluasi kinerja layan bangunan dan kinerja struktur bangunan. Analisis dilakukan dengan mengacu pada peraturan SNI 1726:2012, FEMA 356, ATC-40, dan SNI 2847:2013.

### 3.2. Pendekatan Analisis

Digunakan pendekatan kuantitatif karena hasil analisis yang didapatkan berupa angka ataupun bilangan yaitu merupakan hasil dari analisis struktur gedung dengan menggunakan *software* ETABS 2017 dan diolah dengan menggunakan bantuan microsoft Excel.

### 3.3. Lokasi Penelitian

Evaluasi struktur gedung dilakukan di Kota Metro, tepatnya pada bangunan Rumah Sakit Umum Ahmad Yani Jalan Jend. Ahmad Yani No.13, Imopuro, Kec. Metro Pusat, Kota Metro, Lampung.

### 3.4. Data Penelitian

Data penelitian menjelaskan mengenai objek yang akan diteliti. Objek dari penelitian ini yaitu struktur gedung 4 lantai Rumah Sakit Ahmad Yani. Jenis tanah yaitu tanah sedang.

### 3.5. Metode Analisis

Berikut adalah beberapa prosedur langkah-langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Menyiapkan data-data penelitian dilakukan untuk mengumpulkan data-data primer gedung dari perusahaan yang berkaitan dengan pembangunan Rumah Sakit berupa gambar struktur dan gambar arsitektur
2. Melakukan studi literatur.
3. Menghitung beban gempa statik ekuivalen sesuai peraturan SNI 1726:2012.
4. Menghitung pembebanan bangunan yang terdiri dari beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa.
5. Membuat model 3D struktur gedung RSUD Jend. Ahmad Yani Kota Metro.
6. Menginput properti struktur berupa dimensi penampang dan mutu bahan.
7. Analisis struktur dengan program ETABS 2016.
8. Melakukan analisis kinerja layan bangunan terhadap beban gempa sesuai SNI 1726:2012 dan ATC- 40.
9. Melakukan analisis linier statik untuk mendapatkan nilai elastis komponen struktur sesuai peraturan FEMA 356.
10. Melakukan Review Penulangan Balok, Kolom, dan Pelat Hasil Analisis ETABS dan Shop Drawing dan menggunakan syarat-syarat sesuai SNI 2847:2013.
11. Menyimpulkan hasil evaluasi dan rekomendasi perkuatan pada struktur gedung.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kinerja Batas Layan Struktur

Pada analisis kinerja ini diambil nilai perpindahan arah X dari kombinasi pembebanan U9 dan perpindahan arah Y dari kombinasi pembebanan U10. Analisis gempa statik ekuivalen dengan ETABS 2017 menghasilkan perpindahan pusat massa ( $\delta_{ex}$ ) tiap lantai yaitu ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Perpindahan Lantai Gedung

| Lantai ke- | Perpindahan (mm) |         |
|------------|------------------|---------|
|            | Arah X           | Arah Y  |
| 1          | 2,2954           | 1,4888  |
| 2          | 13,6570          | 9,2703  |
| 3          | 25,9191          | 17,7224 |
| 4          | 35,5669          | 24,2969 |
| Atap       | 41,3894          | 27,9272 |
| Dak Atap   | 43,6495          | 29,6825 |

Tabel 2. Rasio Simpangan Antar Lantai Pada Gedung

| Tingkat  | Hi (m) | Arah X         |             | Arah Y         |             |
|----------|--------|----------------|-------------|----------------|-------------|
|          |        | Simpangan (mm) | Drift Ratio | Simpangan (mm) | Drift Ratio |
| 2        | 3,85   | 11,3615        | 0,0030      | 7,7815         | 0,0020      |
| 3        | 3,85   | 12,2622        | 0,0032      | 8,4521         | 0,0022      |
| 4        | 3,85   | 9,6478         | 0,0025      | 6,5746         | 0,0017      |
| Atap     | 3,85   | 5,8224         | 0,0015      | 3,6302         | 0,0009      |
| Dak Atap | 3,5    | 2,2601         | 0,0006      | 1,7553         | 0,0005      |

Selanjutnya perbandingan nilai % DR antar tingkat disajikan dalam Tabel 3. Sesuai persyaratan FEMA 310 dimana nilai % DR harus lebih dari 70%.

Tabel 3. Persentase Simpangan Antar Lantai Pada Gedung

| Lantai | Arah X |               | Arah Y |               | Keterangan |
|--------|--------|---------------|--------|---------------|------------|
|        | Drift  | % Drift Ratio | Drift  | % Drift Ratio |            |
| 2      | 0,0030 | 92,6550       | 0,0020 | 92,0657       | OK         |
| 3      | 0,0032 | 78,6794       | 0,0022 | 77,7864       | OK         |
| 4      | 0,0025 | 60,3496       | 0,0017 | 55,2160       | NOT OK     |
| 5      | 0,0015 | 38,8172       | 0,0009 | 48,3536       | NOT OK     |

Hitungan *story drift ratio* arah X lantai 2 yaitu 92,6550%. Dapat dilihat struktur dengan arah X lebih lemah dibandingkan dengan struktur arah Y disebabkan karena kekakuan struktur arah Y lebih besar dibandingkan kekakuan struktur arah X, sehingga *displacement* dan *drift ratio* struktur arah X lebih besar dari arah Y. Rasio simpangan tingkat maksimum (*story drift ratio*) yang terjadi pada arah X adalah sebesar 0,0032 pada lantai 3, sedangkan pada arah Y sebesar 0,0022 terjadi pada lantai 3. Persentase *Drift Ratio* terkecil terjadi pada arah X sebesar 38,8172 % Pada lantai 4 - 5, sedangkan pada arah Y sebesar 48,3536 % terjadi pada lantai 4-5. Hal ini dikarenakan terdapat perubahan kekakuan yang sedikit signifikan pada antar tingkat. Gedung atau bangunan yang dapat dikatakan memiliki tingkat lemah (*weak story*) menurut FEMA 310, jika kekuatan sistem penahan gaya lateral di semua tingkat harus lebih dari 70 % dari kekuatan tingkat yang berdekatan baik di atasnya maupun di bawahnya.

#### 4.2. Demand Capacity Ratio (DCR) Struktur Lentur dan Geser Balok

Nilai DCR digunakan sebagai syarat apakah evaluasi perlu dilanjutkan ke tahap evaluasi nonlinier (*pushover*). Pada analisa lentur balok ini diambil nilai momen yang terbesar dari semua kombinasi pembebanan. Dari hasil analisis struktur dengan menggunakan bantuan

ETABS didapat hasil momen di tumpuan sebesar 361,5263 kNm, sehingga didapat nilai  $DCR = 0,7006 < 1$  (Elastis). Hasil analisis DCR momen balok terbagi menjadi dua penyebaran yaitu penyebaran dari hasil momen negatif dan momen positif. Perhitungan DCR momen balok tersebut dilakukan untuk seluruh balok baik di daerah tumpuan dan di daerah lapangan. Untuk mempermudah mengetahui penyebaran DCR momen balok tersebut, maka dikelompokkan atas tiap lantai. Banyaknya penyebaran nilai DCR tersebut dikarenakan pada tipe balok tertentu di setiap lantai memiliki nilai DCR yang berbeda. Misalnya dalam satu lantai memiliki balok jenis B1 di lantai 2 yang digunakan di 6 lokasi *grid* struktur maka, nilai DCR balok juga memiliki 6 analisis baik di momen negatif maupun di momen positif.

Sementara analisis struktur dengan menggunakan bantuan ETABS didapat hasil gaya geser balok sebesar 161,1585 kN, sehingga didapat nilai  $DCR 0,539 < 1$  (Elastik). Nilai *DCR* yang didapat pada geser balok terdapat balok yang berada pada kondisi inelastis dengan nilai *DCR* di atas 1,0 tetapi masih kurang dari 2,0. Kondisi tersebut terdapat pada balok tipe B1 dengan nomor balok B1.2, B1.3 dan B1.4 pada lantai 2 sampai dengan lantai 4.

#### 4.3. Demand Capacity Ratio (DCR) Struktur Lentur dan Geser Kolom

Data pada analisis struktur program ETABS, untuk kolom K1.2 didapat hasil aksial kolom  $P_n$  sebesar 125,13 Ton dan momen kolom  $M_n$  sebesar 1171,98 Tm. Nilai  $DCR P_n$  yaitu sebesar  $0,4942 < 1$  (Elastis) dan  $DCR M_n$  sebesar  $0,4942 < 1$  (Elastis). Nilai *DCR* momen semua kolom pada tiap lantai masih dalam kondisi elastis, sehingga tidak perlu memerlukan analisis lebih lanjut yaitu analisis *pushover*.

Sementara hasil gaya geser kolom dengan bantuan ETABS 2017 yaitu sebesar 146,5885 kN, dan didapat nilai  $DCR$  sebesar  $0,3637 < 1$  (Elastik). Nilai  $DCR$  geser semua kolom pada tiap lantai masih dalam kondisi elastis, sehingga tidak perlu memerlukan analisis lebih lanjut yaitu analisis *pushover*.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapat beberapa kesimpulan, diantaranya yaitu dari tinjauan *displacement* pada arah X dan arah Y, gedung Rumah Sakit dinyatakan telah memenuhi syarat *displacement* antar lantai maksimum yang diijinkan berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 12.6.4.4. 1. Tingkat level kinerja struktur pada peraturan ATC-40 gedung masih dalam keadaan elastis, karena nilai *roof drift ratio* pada perhitungan masih lebih kecil dari 1% batas inelastic. Berdasarkan evaluasi analisis linear statik Metode FEMA 356 terdapat balok yang nilai *DCR* lentur dan geser lebih 1 yaitu pada Balok B1 pada lantai 2 sampai dengan lantai 4. Dimana balok tersebut sudah mencapai batas inelastik tetapi tidak perlu dievaluasi ke tahap *Pushover* karena nilai *DCR* masih kurang dari 2. Untuk nilai *DCR* lentur dan geser kolom menunjukkan di semua kolom masih dalam kondisi elastis. Hasil Evaluasi penulangan balok, kolom, dan pelat dengan menggunakan *software* ETABS 2017 menunjukkan terdapat beberapa komponen struktur yang terpasang memiliki jumlah tulangan yang kurang dari jumlah hasil evaluasi dan di rekomendasikan untuk di tambah perkuatan. Persentase jumlah penulangan balok yang tidak aman sebesar 17% dari total balok yaitu berjumlah 30 balok yang tidak aman, Sedangkan untuk penulangan kolom yang tidak aman sebesar 4,% dari total kolom, yaitu berjumlah 3 kolom, Dan untuk penulangan pelat Lantai 2 sampai dengan 5 pada daerah tumpuan dan lapangan pelat arah X dan Y aman karena sama dengan hasil eksisting. Dan



dapat dikatakan bahwa sebagian dari keseluruhan gedung rumah sakit belum aman terhadap beban gempa, dan ada beberapa komponen yang membutuhkan perkuatan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building Applied Technology Council*. Redwood City.
- Faizah, R. 2015. *Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta*. Yogyakarta: Jurnal Ilmiah Semesta Teknik. Vol. 18, No.2:190-199.
- FEMA-356. 2000. *Prestandard and Rehabilitation of Buildings*. Washington D.C.: Federal Emergency Management Agency.
- Hidayat, A.A.F. dan Hasan, M.R.N. 2016. *Desain Struktur Gedung Rumah Sakit 9 Lantai di UGM (Universitas Gadjah Mada)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- SNI 1726. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1727. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2847. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Widodo. 2014. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Jurusan Teknik Sipil FTSP. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

