

PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR AKIBAT BEBAN GEMPA DAN PENGARUH ANGIN PADA GEDUNG BERTINGKAT TINGGI (Studi Kasus: Gedung Menara Rektorat Kampus UNTIRTA Sindangsari)

Baehaki¹, Zulmahdi Darwis², Hendrian Budi Bagus Kuncoro², Prastyani³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

prastyani47@gmail.com

INTISARI

Gedung menara rektorat kampus UNTIRTA diklasifikasikan sebagai gedung bertingkat tinggi yang memiliki risiko beban lateral cukup besar, diantaranya beban angin dan beban gempa. Analisis beban angin pada struktur gedung dipengaruhi oleh ketinggian gedung, sedangkan analisis beban gempa dipengaruhi oleh massa gedung. Berdasarkan ketinggian serta lokasi yang rawan terhadap beban angin dan beban gempa, maka perlunya penelitian dalam merencanakan gedung menara rektorat kampus UNTIRTA yang mampu menahan beban tersebut untuk menjamin keandalan bangunan.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan respons struktur akibat beban gempa dan pengaruh angin pada gedung bertingkat tinggi dimana respons struktur yang ditinjau yaitu *story drift*, *displacement*, dan *story shear*. Penelitian ini menggunakan metode pembebanan gempa dinamik respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 dan pembebanan angin berdasarkan SNI 1727-2013.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh tekanan angin rencana pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA berdasarkan data BMKG yaitu $0,0135 \text{ kN/m}^2$ tidak memenuhi persyaratan tekanan angin desain minimum berdasarkan SNI 1727-2013 sebesar $0,77 \text{ kN/m}^2$. Tekanan angin rencana yang rendah dikarenakan gedung menara rektorat kampus UNTIRTA terletak jauh dari pantai namun memiliki risiko kegempaan cukup tinggi, sehingga pembebanan akibat beban gempa menghasilkan respons struktur yang lebih besar meliputi *story drift*, *displacement*, dan *story shear* secara berturut-turut yaitu sebesar 43,56%, 76,62%, dan 64,98% terhadap beban angin.

Kata Kunci : Beban Angin, Beban Gempa, Menara, Respons Struktur.

ABSTRACT

The rectorate's tower building of UNTIRTA Campus is classified as a high-rise building that has a considerable risk of lateral loads, including wind and seismic loads. Analysis of wind load on building structures is influenced by the height of the building, while the analysis of seismic load is influenced by the mass of the building. Based on the height and location that are prone to wind loads and earthquake loads, the need for research in planning rectorate's tower building of UNTIRTA Campus that is able to withstand these burdens to ensure the reliability of the building.

This study aims to compare the structure response due to earthquake loads and the effect of wind on high-rise buildings where the reviewed structural responses are story drift, displacement, and story shear. This study uses dynamic seismic loading response spectrum method based on SNI 1726-2012 and wind loading based on SNI 1727-2013.

The results showed that the effect of planned wind pressure on the UNTIRTA campus rector building based on BMKG data is $0,0135 \text{ kN / m}^2$ did not meet the minimum design wind pressure requirements based on SNI 1727-2013 is $0,77 \text{ kN/m}^2$. The low wind pressure plans is because the UNTIRTA campus rector building is located far from the coast but has a high seismic risk, so loading due to earthquake loads results in a larger structural response including successive story drifts, displacements, and story shears is 43,56%, 76,62% and 64,98% of wind loads.

Keywords : Seismic load, Strutural Response, Tower, Wind Load

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak didaerah rawan gempa. Hal ini disebabkan posisi Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar didunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng pasifik. Dampak akibat gempa bumi yang terjadi beberapa tahun terakhir di Indonesia seperti yang terjadi di Aceh (2004), Yogyakarta (2006), atau Padang (2007), Lombok dan Palu (2018) telah mengakibatkan banyak kerusakan-kerusakan terutama pada bangunan gedung dan menimbulkan banyak korban jiwa.

Pada perencanaan bangunan gedung bertingkat tinggi beban lateral menjadi lebih dominan dibandingkan dengan beban gravitasi. Beban lateral yang dimaksud yaitu beban gempa dan beban angin. Struktur bangunan yang tinggi dan langsing seperti gedung menara rektorat UNTIRTA dapat

menyebabkan respons struktur akibat beban lateral cenderung berlebihan, sehingga dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan pada penghuninya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan respons struktur akibat beban gempa dan beban angin dimana respons struktur yang ditinjau yaitu *story drift*, *displacement*, dan *story shear* pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA yang berlokasi di Banten. Penelitian perlu dilakukan karena wilayah Banten merupakan wilayah yang rawan terjadinya gempa bumi serta lokasi gedung menara rektorat UNTIRTA yang terletak diantara perkebunan, sehingga menimbulkan perbedaan pergerakan angin dari permukaan lahan tertutup ke arah permukaan lahan terbuka. Berikut gambar dibawah ini merupakan lokasi gedung menara rektorat kampus UNTIRTA Sindangsari:



Gambar 1. Titik Pengambilan Parameter Gempa Gedung Menara Rektorat UNTIRTA Sindangsari (Sumber: Google Maps.com, 2018)

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rakib Hassan dan Ragib Nur Alam (2014) dengan tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh beban seismik dan angin terhadap bentuk bangunan dengan metode ekuivalen statis. Hasil dari penelitian mereka menunjukkan bahwa perilaku bangunan saat gempa dan angin sangat bergantung pada bentuk dan geometri keseluruhannya.

Penelitian juga dilakukan oleh Oktoriyanto (2014) dengan tujuan penelitian untuk menganalisis dan mengetahui kinerja

respons struktur berdasarkan respons struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 1726-2002 serta mengetahui nilai kontribusi beban angin berdasarkan SNI 1727-2013 dan SKBI-1.3.53.1987 terhadap respons struktur. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan SAP 2000 v15 analisa dinamik respons spektrum dan beban angin berdasarkan SNI 1727-2013 dan SKBI-1.3.53.1987. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa nilai respons struktur yang terjadi pada

SNI 1726-2012 mengalami peningkatan dibanding SNI 1726-2002. Pengaruh beban angin pada bangunan gedung ternyata tidak terlalu signifikan dibanding beban gempa.

a. Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012

Perencanaan ketahanan beban gempa berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung dengan langkah sebagai berikut:

1) Menentukan Perkiraan Periode Fundamental Alami

Berdasarkan SNI 1726-2012, periode fundamental struktur T tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_t) dari tabel 1 dan periode fundamental pendekatan T_a yang dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan:

T_a = Periode fundamental alami

h_n = Ketinggian struktur (m)

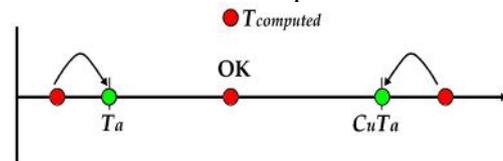
C_t dan x = Koefisien parameter periode pendekatan

Berdasarkan peraturan FEMA 451B, cara menentukan periode yang digunakan adalah sebagai berikut:

a) Jika $T_c > C_u T_a$ digunakan periode $T = C_u T_a$.

b) Jika $T_a < T_c < C_u T_a$ digunakan periode $T = T_c$.

c) Jika $T_c < T_a$ digunakan periode $T = T_a$. Dimana T_c adalah periode yang didapatkan program ETABS dan nilai C_u ditentukan berdasarkan pada tabel 2.



Gambar 2. Time Periode yang digunakan (Sumber: FEMA 451B, 2018)

Tabel 1. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan menvegah rangka dari defleksi jika dikenai beban gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(Sumber: SNI 1726-2012,2018)

Tabel 2. Koefisien untuk Batas pada Periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726-2012,2018)

2) Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen

Besarnya gaya gempa yang bekerja pada dasar struktur atau bangunan ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W$$

Keterangan:

V = Geser dasar seismik

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif

Berdasarkan FEMA 451B, nilai C_s yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = Faktor modifikasi respons

- I_e = Faktor keutamaan gempa
- 3) Distribusi Vertikal Gaya Gempa
 Gaya gempa (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_x = C_{vx} \times V$$

Keterangan:

- F_x = Distribusi vertikal gaya gempa
 C_{vx} = Faktor distribusi vertikal
 V = Gaya lateral desain total

- 4) Penentuan Simpangan Antar Lantai
 Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

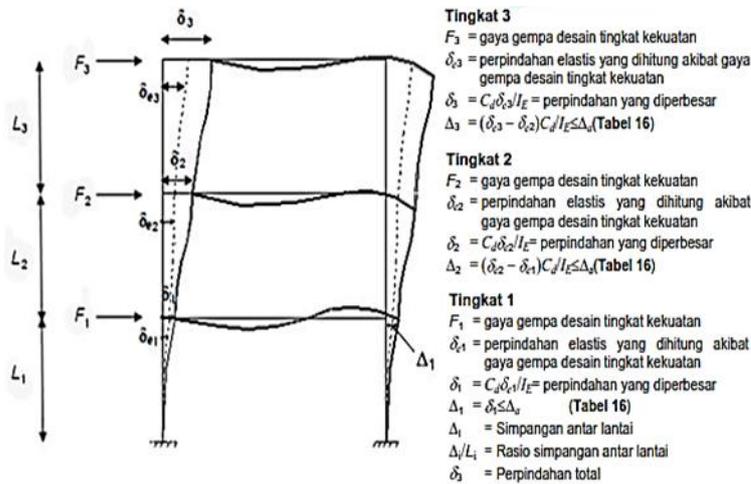
ditentukan defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{ex}}{I_e}$$

Keterangan:

- C_d = Faktor amplifikasi defleksi
 δ_{ex} = Defleksi pada yang disyaratkan pada pasal 7.8.6 yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa
 Berikut gambar dibawah ini merupakan cara penentuan simpangan antar lantai:



Gambar 3. Penentuan Simpangan Antar Lantai (Sumber: SNI 1726-2012,2018)

- 5) Pengaruh P-delta
 Pengaruh P-delta pada geser dasar dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10 :

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{\Delta_x h_{sx} C_d}$$

Koefisien stabilitas (θ) harus tidak melebihi θ_{max} yang ditentukan sebagai berikut:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25$$

Keterangan :

- P_x = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat (kN)

Keterangan:

- = Simpangan antar lantai tingkat desain (mm)
 I_e = Faktor keutamaan gempa
 V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan $x-1$ (kN)
 h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah tingkat x (mm)
 C_d = Faktor pembesaran defleksi
 β = Rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan $x-1$

- 6) Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga
 Torsi merupakan puntir yang terjadi pada struktur yang disebabkan oleh besarnya ketidakberaturan antar struktur. faktor pembesaran torsi (A_x) yang ditentukan dari persamaan berikut:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2$$

δ_{max} = Perpindahan maksimum ditingkat

x (mm) yang dihitung dengan mengansumikan $A_x = 1$ (mm)
 $avg =$ Rata-rata perpindahan di titik-titik terjauh struktur di tingkat x yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$ (mm)

b. Beban Angin Berdasarkan SNI 1727-2013

Beban angin yang digunakan dalam desain sistem penahan beban angin utama (SPBAU) harus didesain dengan beban angin desain minimum untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari $0,77 \text{ kN/m}^2$ dikalikan dengan luas dinding pada bangunan gedung. Parameter-parameter dasar yang digunakan adalah:

- 1) Kecepatan Angin Dasar (V), yang digunakan dalam menentukan beban angin desain di bangunan gedung dan struktur lain harus ditentukan dari instansi yang berwenang sesuai dengan kategori risiko bangunan gedung dan struktur. Angin harus diasumsikan datang dari segala arah horizontal. Kecepatan angin dasar harus diperbesar jika catatan atau pengalaman menunjukkan bahwa kecepatan angin lebih tinggi daripada yang ditentukan.
- 2) Faktor arah angin (K_d) harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin sesuai tipe strukturnya.
- 3) Eksposur ditentukan berdasarkan pada kekasaran permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas bangunan.
- 4) Faktor topografi disesuaikan dengan kondisi situs dan lokasi gedung.
- 5) Efek tiupan angin (G) untuk suatu bangunan gedung yang kaku boleh diambil sebesar $0,85$ dan untuk struktur bangunan yang fleksibel ditentukan berdasarkan:

$$G_r = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7/\sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1,7g_v I_z} \right)$$

- 6) Menentukan koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian, atau terbuka seperti dijelaskan dalam SNI 1727-2013 pada pasal 26.2.

- 7) Koefisien tekanan internal (GC_p) ditentukan berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan gedung.
- 8) Koefisien Tekanan Eksternal (C_p atau C_N) ditentukan berdasarkan pada klasifikasi jenis atap yang digunakan pada gedung.
- 9) Koefisien eksposur tekanan velositas (K_z) ditentukan berdasarkan tinggi gedung diatas level tanah disesuaikan dengan jenis eksposurnya.
- 10) Tekanan velositas dievaluasi pada ketinggian z harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Dimana:

K_d = Faktor arah angin

K_z = Koefisien eksposur tekanan velositas

K_{zt} = Faktor topografi

V = Kecepatan angin dasar

- 11) Tekanan Angin (p) untuk SPBAU bangunan gedung fleksibel harus ditentukan persamaan berikut:

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Keterangan:

G = Faktor efek tiupan angin

C_p = Koefisien tekanan angin eksternal

(GC_{pi}) = Koefisien tekanan internal

$q = q_z$ = Dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z diatas permukaan tanah

$q = q_z$ = Dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian h

$q_i = q_h$ = Dinding di sisi angin datang serta dinding samping, dinding sisi angin pergi dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

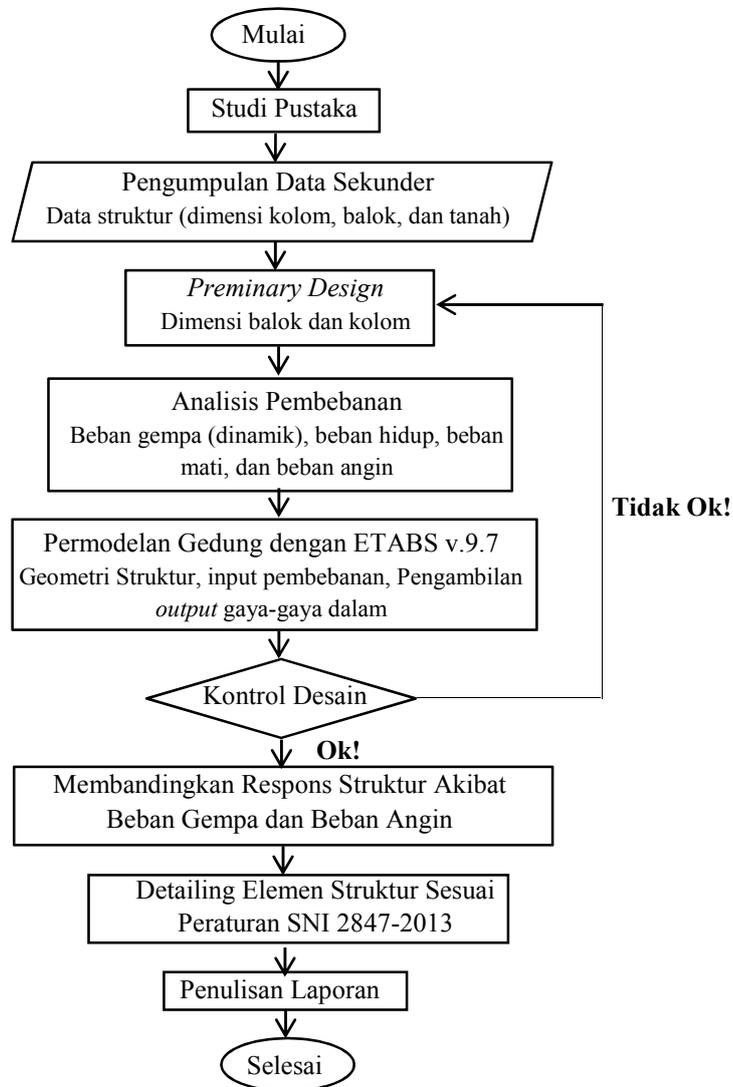
$q_i = q_z$ = Evaluasi pada tekanan internal positif terhadap bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan respons struktur akibat beban gempa dan beban angin dimana respons struktur yang ditinjau yaitu *story drift*, *displacement*, dan *story shear* pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA yang

berlokasi di Sindangsari. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu pembebanan gempa dinamik respons spektrum berdasarkan peraturan SNI 1726-2012 dan pembebanan

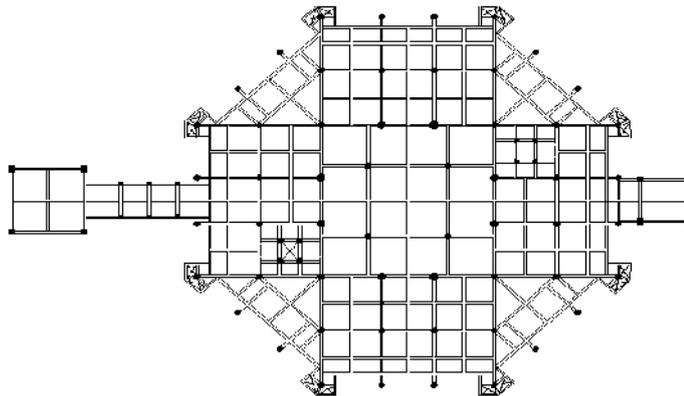
angin berdasarkan peraturan SNI 1727-2013. Berikut gambar dibawah ini merupakan alur penelitian yang dilakukan:



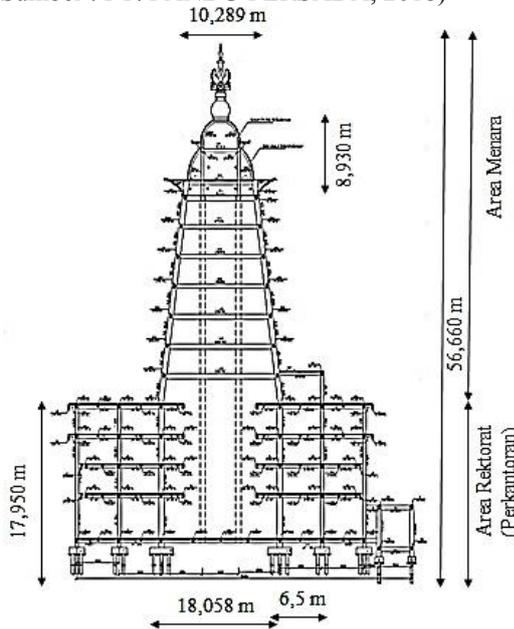
Gambar 4. Bagan Alur Penelitian (Sumber : Analisis Penulis, 2018)

Gedung menara rektorat kampus UNTIRTA dikategorikan sebagai bangunan gedung bertingkat tinggi dan didesain dengan menggunakan beton bertulang. Gedung menara rektorat juga difungsikan sebagai pusat perkantoran serta administrasi atau yang menjadi pusat informasi mengenai UNTIRTA yang mempunyai 16 lantai dengan total

ketinggian 56,660 m dan berdiri diatas lahan seluas 6277 m². Gedung menara rektorat kampus UNTIRTA menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Denah dan potongan pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. Denah Gedung Menara Rektorat UNTIRTA Sindangsari (Sumber : PT. PANDU PERSADA, 2018)



Gambar 6. Potongan Gedung Menara Rektorat UNTIRTA Sindangsari (Sumber : PT. PANDU PERSADA, 2018)

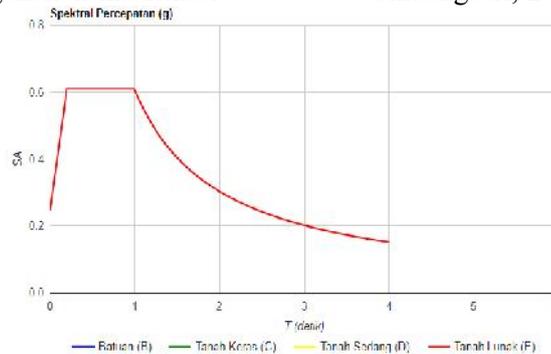
4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

a. Data Parameter Beban Gempa

1) Parameter Desain Gempa

Parameter desain gempa yang digunakan berdasarkan SNI 1726-2012 dengan asumsi menggunakan klasifikasi

tanah lunak. Berikut dibawah ini merupakan grafik respons spektra dari pusat penelitian dan pengembangan pemukiman yang berlokasi di Sindangsari, Banten:



Grafik 1. Respons Spektrum Tanah Lunak (Sumber: Aplikasi Spektra Desain Puskim.pu.go.id, 2018)

Parameter desain gempa berdasarkan SNI 1726-2012, diperoleh:

Klasifikasi tanah : Tanah lunak

Kategori bangunan : II

Faktor keutamaan : 1,0

S_s : 0,835

S_1 : 0,35

F_a : 1,098

F_v : 2,6

S_{MS} : 0,917

S_{M1} : 0,91

S_{DS} : 0,611

S_{D1} : 0,607

KDS : D (SRPMK)

Koefisien Modifikasi Respons (R) : 8

Faktor Pembesaran defleksi (C_d) : 5,5

2) Kombinasi Pembebanan

Berikut 20 kombinasi beban yang digunakan akibat beban gravitasi dan beban lateral:

a) 1,4 DL

b) 1,2 DL + 1,6 LL

c) 1,359 DL + 1 LL + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}

d) 1,114 DL + 1 LL + 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}

e) 1,286 DL + 1 LL - 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}

f) 1,041 DL + 1 LL - 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}

g) 1,359 DL + 1 LL + 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}

h) 1,286 DL + 1 LL + 1,3 Q_{ex} - 0,390

Q_{ey}

i) 1,114 DL + 1 LL - 1,3 Q_{ex} + 0,390

Q_{ey}

j) 1,041 DL + 1 LL - 1,3 Q_{ex} - 0,390

Q_{ey}

k) 0,741 DL + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}

l) 0,986 DL + 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}

m) 0,814 DL - 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}

n) 1,059 DL - 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}

o) 0,741 DL + 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}

p) 0,814 DL + 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}

q) 0,986 DL - 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}

r) 1,059 DL - 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}

s) 1,2 DL + 1 LL + 1 W

t) 0,9 DL + 1 W

3) Periode fundamental Alami

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$= 0,0466 \times 56,71^{0,9}$$

$$= 1,764 \text{ sec.}$$

$$T_{max} = C_u \cdot T_a$$

$$= 1,4 \times 1,764$$

$$= 2,469 \text{ sec.}$$

$$T_{xgross} = 1,939 \text{ sec.}$$

$$T_{ygross} = 1,953 \text{ sec.}$$

Batas waktu getar maksimum atau T_{max} adalah hasil perhitungan rumus

empiris SNI Gempa, namun tidak perlu lebih kecil dari hasil analisis ETABS kondisi *uncracked*, karena T_{max} empiris lebih besar dari T_{max} *uncracked*, maka T_{max} yang digunakan yaitu T_{max} empiris sebesar 2,469 *sec*. Berikut hasil perioda $T_{computed}$ yang didapatkan program ETABS dari arah x dan arah y:

$$T_{xcrack} = 2,693 \text{ sec.}$$

$$T_{ycrack} = 2,707 \text{ sec.}$$

Berdasarkan hasil diatas didapatkan hasil nilai $T_{computed}$ atau T_{crack} baik arah x dan arah y lebih besar dari T_{max} , maka T yang digunakan yaitu T_{max} sebesar 2,469 *sec*.

4) Koefisien Respons Seismik (C_s)

Berdasarkan hasil perioda yang digunakan, untuk penentuan koefisien respons seismik adalah sebagai berikut:

$$C_{s \text{ max}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$= \frac{0,611}{\left(\frac{8}{1,0}\right)}$$

$$= 0,076$$

$$C_{s \text{ perlu}} = \frac{S_{D1}}{T \times \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$= \frac{0,607}{2,469 \left(\frac{8}{1,0}\right)}$$

$$= 0,031$$

$$C_{s \text{ min}} = 0,044 S_{DS} I_e$$

$$= 0,044 (0,611) 1,0$$

$$= 0,027$$

$$C_{s \text{ max}} \geq C_s \geq C_{s \text{ min}}$$

$$0,076 \geq 0,031 \geq 0,027$$

Berdasarkan hasil diatas nilai C_s baik arah x dan arah y yang digunakan yaitu 0,031.

5) Gaya Geser Dasar

Berat bangunan yang didapatkan dari program ETABS yaitu 93.901,068 kN, maka besarnya gaya gempa yang bekerja pada dasar struktur atau bangunan ditentukan sebagai berikut:

$$V = C_s \times W_i$$

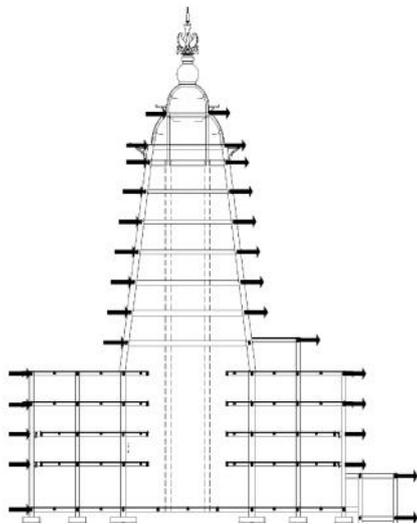
$$= 0,031 \times 93.901,068$$

$$= 2.885,680 \text{ kN}$$

b. Data Parameter Beban Angin

1) Kecepatan angin dasar, (v)

Parameter kecepatan angin rencana diperoleh berdasarkan data BMKG adalah 1,829 m/s selama periode tahun 2017-2018. Berikut skema pembebanan angin pada gedung menara rektorat UNTIRTA:



Gambar 7. Skema Beban Angin
(Sumber: Analisis Penulis, 2018)

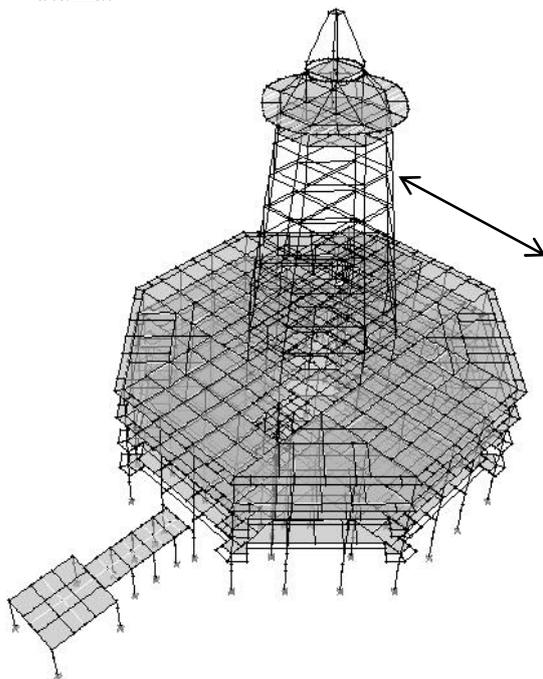
Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwa beban angin bergerak menekan gedung serta dipengaruhi oleh ketinggian gedung. Semakin tinggi gedung, maka kecepatan angin yang dihasilkan semakin tinggi.

- 2) Kategori eksposur diasumsikan sebagai kategori eksposur B karena gedung berada pada daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau area yang masih lengang.
- 3) Faktor arah angin diambil nilai 0,85 dengan sistem penahan beban angin utama.

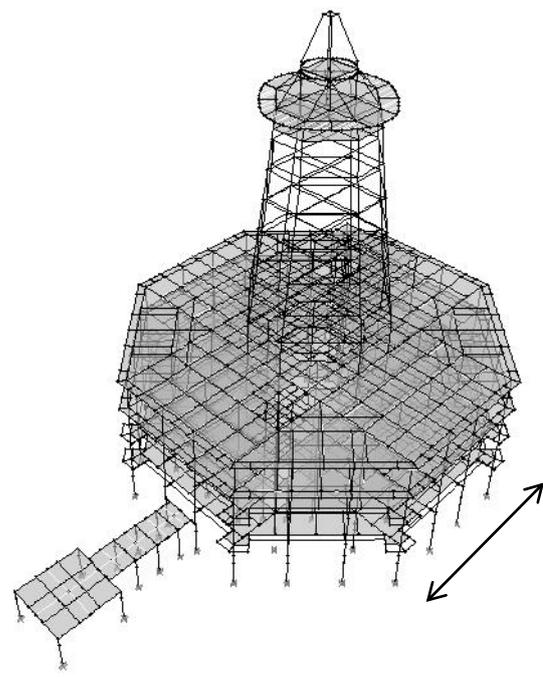
- 4) Lokasi bangunan diasumsikan terletak pada daerah perkotaan sehingga efek peningkatan kecepatan angin diambil nilai K_{zt} adalah 1,0.
- 5) Frekuensi alami struktur dan tipe struktur $n_1 = 0,405 \text{ Hz} \leq 1,0 \text{ Hz}$, maka struktur bertipe fleksibel.
- 6) Panjang dan lebar gedung menara rektorat kampus UNTIRTA Sindangsari bernilai sama yaitu 44,157 m, maka koefisien tekanan dinding (C_p) untuk angin datang, pergi, dan tepi secara berturut-turut yaitu 0,8, -0,5, dan -0,7.

c. Perilaku Struktur

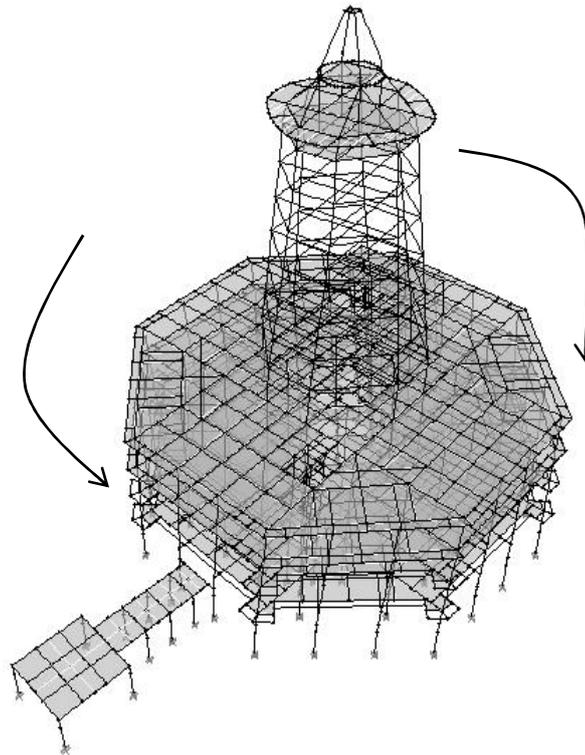
Berdasarkan SNI 1726-2012 pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung bertingkat tinggi yang memiliki ketinggian lebih dari 10 tingkat harus ditentukan melalui analisis respons dinamik 3 dimensi, sehingga respons struktur gedung yang terjadi paling tidak mengalami translasi terlebih dahulu pada gerak ragam pertama (fundamental). Hasil analisis dengan menggunakan pembebanan gempa dinamik respons spektrum pada gedung menara rektorat UNTIRTA memberikan respons struktur gedung mengalami translasi arah y terlebih dahulu pada gerak ragam pertama. Berikut gambar dibawah ini merupakan hasil pemodelan ETABS dengan gerak ragam pertama hingga gerak ragam ketiga:



Gambar 8. Mode 1 Translasi Arah Y
(Sumber: Analisis Penulis, 2018)



Gambar 9. Mode 2 Translasi Arah X
(Sumber: Analisis Penulis, 2018)



Gambar 10. Mode 3 Rotasi
(Sumber: Analisis Penulis, 2018)

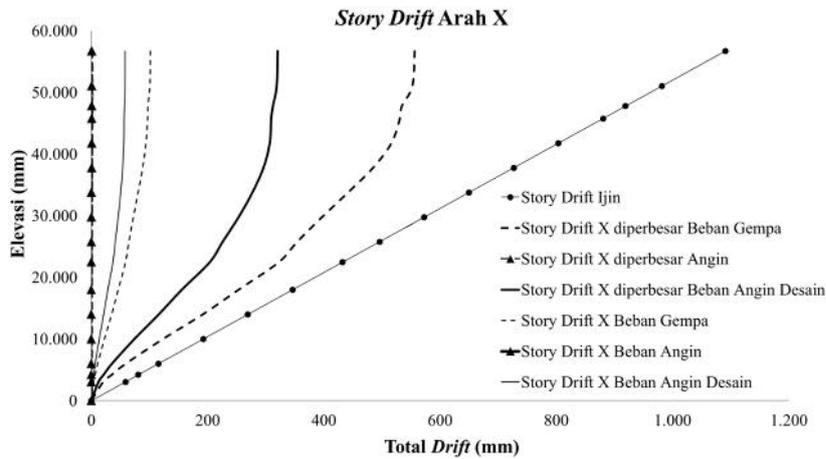
d. Perbandingan Respons Struktur Akibat Beban Gempa dan Beban Angin

Analisis terhadap beban gempa dan pengaruh angin pada struktur gedung menggunakan ETABS V9.7 didapat nilai *story drift*, *displacement*, *story shear* pada masing-masing arah yang di tinjau, selanjutnya dilakukan perbandingan pada masing-masing respons struktur akibat beban angin dan beban gempa dinamik respons spektrum untuk mengetahui beban lateral yang menghasilkan nilai lebih besar. Beban angin terbagi dua yaitu beban angin dan beban angin desain dimana beban angin merupakan nilai beban angin rencana yang akan digunakan pada analisis struktur berdasarkan data yang diperoleh BMKG periode 2017-2018 yaitu sebesar 1,829 m/s, sedangkan beban angin desain merupakan beban angin minimum berdasarkan SNI 1727-2013 yang

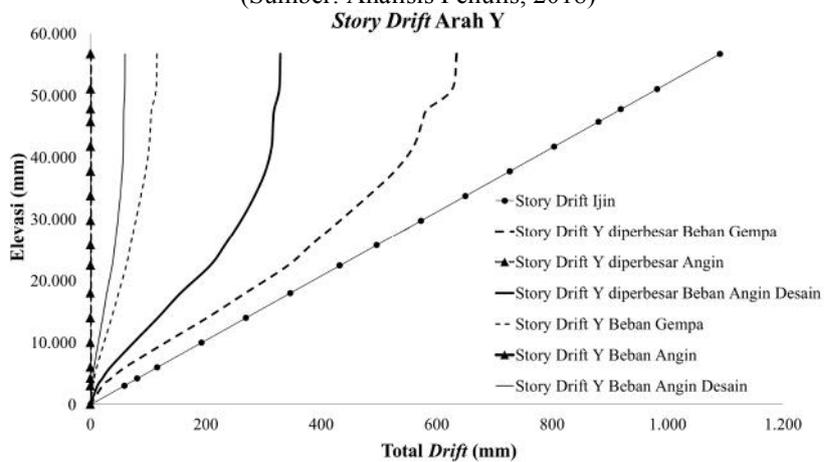
digunakan dalam desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup tidak boleh lebih kecil dari 0,77 kN/m². Berikut uraian beserta grafik hasil perbandingan masing-masing respons struktur yang terjadi baik dari arah x maupun arah y akibat beban angin dan beban gempa dinamik respons spektrum:

1) *Story Drift*

Berdasarkan SNI 1726-2012, syarat untuk simpangan antar lantai tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin. Simpangan antar lantai atau *story drift* merupakan hasil pengolahan dari nilai selisih *displacement* setiap lantai yang diperoleh dari ETABS yang kemudian dikalikan dengan faktor amplifikasi respons untuk selanjutnya dibagi dengan nilai faktor keutaaman gempa. Berikut grafik hasil perhitungan *story drift* arah x dan arah y pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA Sindangsari:



Grafik 2. Perbandingan *Story Drift* Arah X (Sumber: Analisis Penulis, 2018)

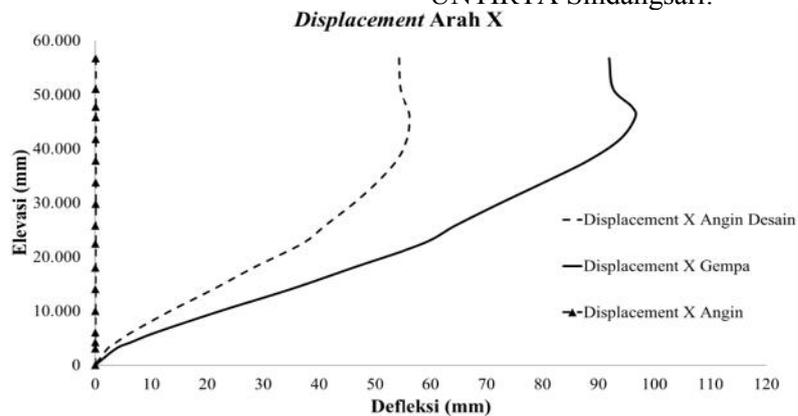


Grafik 3. Perbandingan *Story Drift* Arah Y (Sumber: Analisis Penulis, 2018)

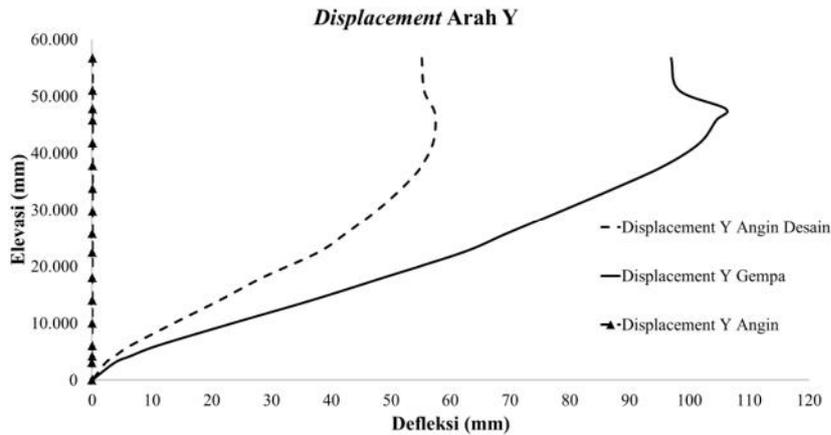
Berdasarkan grafik diatas, *story drift* arah x dan arah y dapat disimpulkan bahwa pembebanan akibat beban gempa menghasilkan nilai lebih besar 43,56% terhadap beban angin dan untuk masing masing beban lateral sudah memenuhi persyaratan simpangan ijin berdasarkan SNI 1726-2012.

2) *Displacement*

Berdasarkan SNI 1726-2012 untuk *displacement* setiap lantai diperoleh langsung dari program ETABS untuk masing-masing arah yang ditinjau. Berikut dibawah ini grafik perbandingan *displacement* arah x dan arah y pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA Sindangarsi:



Grafik 4. Perbandingan *Displacement* Arah X (Sumber: Analisis Penulis, 2018)



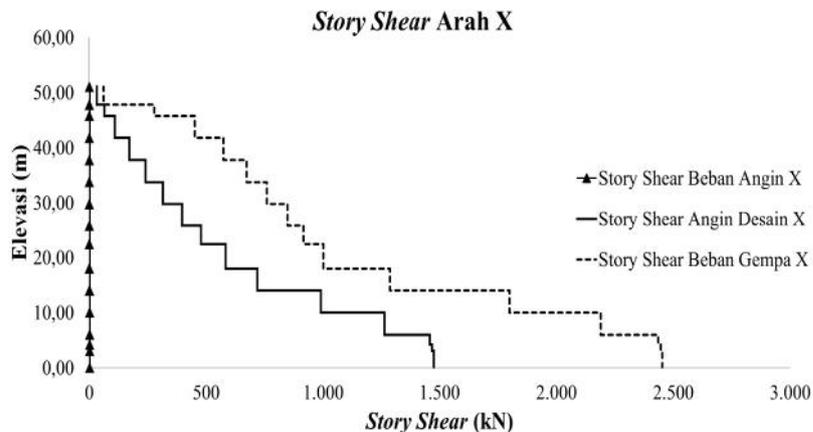
Grafik 5. Perbandingan *Displacement* Arah Y
(Sumber: Analisis Penulis, 2018)

Berdasarkan grafik perbandingan diatas, *displacement* arah x dan arah y dapat disimpulkan bahwa pembebanan akibat beban gempa menghasilkan nilai lebih besar 76,62% terhadap beban angin.

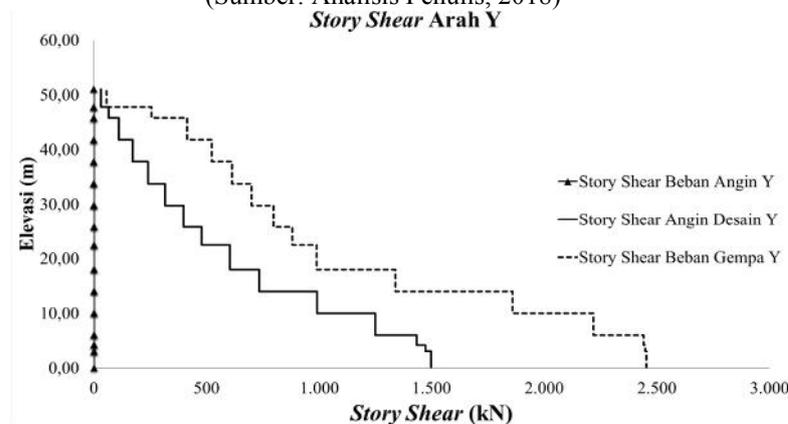
3) *Story Shear*

Berdasarkan SNI 1726-2012 untuk *story shear* setiap lantai diperoleh langsung dari

program ETABS untuk masing-masing arah yang ditinjau, kemudian dilakukan pembesaran pada faktor skala beban gempa dinamik respons spektrum arah x dan arah y. Berikut dibawah ini merupakan grafik perbandingan *story shear* untuk masing-masing arah yang ditinjau pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA:



Grafik 6. Perbandingan *Displacement* Arah X
(Sumber: Analisis Penulis, 2018)



Grafik 7. Perbandingan *Displacement* Arah Y
(Sumber: Analisis Penulis, 2018)

Berdasarkan grafik perbandingan diatas, *story shear* arah x dan arah y dapat disimpulkan bahwa pembebanan akibat beban gempa menghasilkan nilai lebih besar 64,98% terhadap beban angin.

Berdasarkan hasil respons struktur diatas, secara keseluruhan pembebanan akibat beban gempa menghasilkan nilai lebih besar rata-rata 61,72% dari beban angin. Hal ini disebabkan karena nilai akibat tekanan angin rencana dan angin desain yang diperoleh tidak terlalu besar dibandingkan beban gempa bahkan nilai tekanan angin rencana berdasarkan data BMKG sebesar 0,0135 kN/m² tidak memenuhi persyaratan tekanan angin desain minimum berdasarkan SNI 1727-2013 yaitu 0,77 kN/m².

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Tekanan angin rencana pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA Sindangsari berdasarkan data BMKG yaitu 0,0135 kN/m² tidak memenuhi persyaratan tekanan angin desain minimum berdasarkan SNI 1727-2013 sebesar 0,77 kN/m².
- 2) Respons struktur yang dihasilkan akibat beban gempa lebih besar meliputi *story drift*, *displacement*, *story shear* secara berturut-turut yaitu 43,56%, 76,62%, dan 64,98% terhadap beban angin.

b. Saran

Adapun saran-saran yang dapat disampaikan berkaitan dengan penelitian ini diantaranya:

- 1) Melakukan pengecekan dengan *software* struktur lain seperti SAP2000, STAAD PRO sebagai pembandingan hasil analisis.
- 2) Melakukan pengecekan langsung kecepatan angin dengan menggunakan alat kecepatan angin (anemometer).
- 3) Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan menggunakan analisis *pushover* untuk mengetahui perilaku atau pola keruntuhan pada gedung menara rektorat kampus UNTIRTA Sindangsari.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi dan Geofisika. (2018). *Data Iklim*. Maret 16, 2018. http://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta. (SNI-03-1727-2013)
- Departemen Pekerjaan Umum. (2012). *Tata Cara Perencanaan Struktur Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Jakarta. (SNI 1726-2012)
- Hassan Rakib, Nur Alam Ragib. (2017). *Comparison of Effect of Wind and Seismic Load on Building Shape*. National Institute of Building Sciences. (2006). NEHRP Recommended Provisions Design Examples. Washington, DC: Author. (FEMA 451B)
- Oktoriyanto, Akbar. (2014). *Perbandingan Respons Struktur Akibat Beban Gempa dan Angin Statik Gedung Bertingkat Menurut SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2002*.
- PT. PANDU PERSADA. *The Development of Four Higher Education Institutions Project (Improving Access, Quality, Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)*. Bandung Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. *Desain Spektra Indonesia*. Maret 3, 2018. <http://puskim.go.id>