

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DI LIMA WILAYAH DI INDONESIA TERHADAP BEBAN GEMPA DAN BEBAN ANGIN BERDASARKAN SNI 1726-2012 DAN SNI 1727-2013

Soelarso¹, Baehaki², Akhmad Mursyidan³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

³akh.mursyidan@gmail.com

INTISARI

Indonesia merupakan negara yang berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik utama diantaranya lempeng eurasia, lempeng indo-australia dan lempeng pasifik. Hal ini menjadi penyebab Indonesia sering mengalami peristiwa gempa bumi sehingga perlu analisis yang baik terhadap beban gempa pada struktur bangunan. Selain beban gempa, beban angin merupakan beban yang perlu direncanakan sebagai beban lateral karena semakin tinggi struktur bangunan maka beban lateral akan semakin besar.

Penelitian ini membahas tentang analisis struktur gedung bertingkat 9 lantai tipikal yang ditempatkan pada lokasi yang berbeda di lima wilayah Indonesia diantaranya Meulaboh Aceh, Kota Padang, Lebak Banten, Bantul Yogyakarta dan Timika Papua terhadap beban gempa (statik ekivalen dan respons spektrum) dan beban angin berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1727-2013.

Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai simpangan terbesar akibat beban gempa sebesar 389,565 mm (Timika papua), 384.175 mm (Meulaboh Aceh), 349.47 mm (Kota Padang), 338.14 mm (Bantul Yogyakarta) dan 283,64 mm (Lebak Banten). Simpangan akibat beban angin sebesar 1.2155 mm (Lebak Banten, Bantul Yogyakarta dan Timika Papua), 3.025 mm (Kota Padang) dan 5.445 mm (Meulaboh Aceh). Simpangan yang terjadi tidak melebihi simpangan ijin yang disyaratkan. Struktur gedung aman terhadap kinerja stabilitas P-delta dan torsi sesuai SNI 1726-2012. Kontribusi akibat beban angin pada struktur gedung tidak terlalu signifikan dibanding beban gempa hal ini karena kecepatan angin tidak terlalu besar dan struktur pada gedung yang tidak terlalu tinggi.

Kata Kunci : Beban gempa, beban angin, analisis statik, respons spektrum

ABSTRACT

Indonesia is a country that located where three major tectonic plates are interacting with each other including eurAsian plates, indo-australia plates and pacific plates. This is causing Indonesia often occur earthquake so that it needs good structural analysis against earthquake loads of the building structure. The impact caused by the earthquake was the destruction of buildings because the design is bad against earthquake load. Besides earthquake loads, wind loads is load need to be planned as lateral loads because the higher the building structure, the higher the lateral loads will be.

This research discussed about structural analysis of 9 floors buildings which is placed on different locations in five regions in Indonesia such as Meulaboh Aceh, Kota Padang, Lebak Banten, Bantul Yogyakarta and Timika Papua towards earthquake load (static ekivalen and response spectrume) and wind load based on SNI 1726-2012 and SNI 1727-2013.

Based on the research results, obtained the biggest deflection value due to earthquake loads are 389.565 mm (Timika Papua), 384.175 mm (Meulaboh Aceh), 349.47 mm (Padang City), 338.14 mm (Bantul Yogyakarta) and 283.64 mm (Lebak Banten). The deflection value due to wind loads are 1.2155 mm (Lebak Banten, Bantul Yogyakarta, and Timika Papua), 3.025 mm (Padang City) and 5.445 mm (Meulaboh Aceh). The deflectios that occured are not exceed than the value of maximum deflection that permitted. The building's structure is safe towards the performance of the P-delta stability and torque that required by SNI 1726 2012. Contributions due to wind loads on the building structure not too significant compared to the earthquake load, this is because the wind speed is not too fast and the structure of the building is not too high.

Keywords: Earthquake loads, wind loads, static ekivalen, response spectrume.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang sering mengalami peristiwa gempa bumi. Hal ini karena Indonesia terletak pada jalur *ring of fire* kawasan pasifik yang merupakan zona teraktif dengan deretan gunung vulkanis aktif dan berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik utama diantaranya lempeng eurasia, lempeng indo-australia 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) telah mengakibatkan banyak kerusakan-kerusakan terutama pada bangunan gedung dan menimbulkan banyak korban jiwa. Kurangnya perencanaan yang baik terhadap bangunan menyebabkan kerusakan baik secara struktur ataupun non struktur pada bangunan.

Pada perencanaan bangunan bertingkat, tidak hanya beban gempa saja yang perlu direncanakan sebagai beban lateral. Beban angin merupakan suatu permasalahan yang perlu diperhatikan sebagai beban lateral pada bangunan gedung bertingkat. Semakin tinggi struktur gedung maka semakin besar beban angin yang terjadi pada struktur.

Penelitian ini akan membahas analisis struktur gedung yang sama ditempatkan pada 5 kota berbeda di Indonesia diantaranya di Meulaboh Aceh, Kota Padang, Kab. Lebak Banten, Kab. Bantul Yogyakarta dan Timika Papua untuk di kontrol terhadap beban gempa dan beban angin. penyebab terjadinya gempa bumi.

Lima wilayah tinjauan akan dihitung gaya gempa yang terjadi sehingga akan diketahui dimana simpangan yang terbesar diantara ke 5 wilayah tinjauan tersebut. Selain itu bagaimana kontribusi beban angin yang bekerja terhadap struktur gedung apakah berpengaruh signifikan dibanding beban gempa pada struktur.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan skripsi ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui dan membandingkan nilai simpangan dan gaya geser pada struktur.

- 2) Untuk mengetahui kontrol keamanan struktur gedung terhadap P-delta dan efek torsi.
- 3) Untuk mengetahui kontribusi pembebanan angin terhadap struktur.

C. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

- 1) Struktur terbuat dari beton bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen dengan jumlah lantai pada gedung adalah 9 lantai.
- 2) Analisis pembebanan gempa dilakukan dengan metode analisis dinamik (*respons spectrum*) dan analisis statik ekuivalen pada struktur menggunakan peraturan SNI 1726 2012.
- 3) Analisis pembebanan angin dilakukan menggunakan peraturan SNI 1727 2013.
- 4) Tidak memperhitungkan analisa struktur pondasi, kolom, balok, pelat dan tangga.
- 5) Pengambilan data parameter gempa diambil dari aplikasi desain spektra puskim.pu.go.id untuk masing-masing wilayah gempa.
- 6) Pengambilan parameter prakiraan kecepatan angin dasar (V) berdasarkan meteo.bmkg.go.id.
- 7) Fungsi gedung adalah Apartemen dengan jenis tanah keras (SC).
- 8) Pembebanan pada struktur yaitu beban vertikal (beban mati dan beban hidup) dan beban horizontal (beban gempa dan beban angin).
- 9) Analisis struktur ditinjau 3 dimensi menggunakan *software* ETABS v9.6

2. TINJAUAN PUSTAKA

- a. Rosyid Kholilur Rohman (2012), “Studi Perbandingan Analisis Gaya Gempa Terhadap Struktur Gedung di Kota Madiun Berdasar SNI 1726 2002 dan RSNI 1726 201X”.
- b. Akbar Oktoriyanto (2014), melakukan penelitian tentang, “Perbandingan Respons Struktur Akibat Beban Gempa dan Angin Statik Gedung Bertingkat Tinggi menurut SNI 03 1726 2012 dan SNI 03-1726 2002”.
- c. Fajar Diantos Subhan (2015), “Perencanaan Struktur Beton Bertulang SRPMK dengan Kategori Desain

Seismik D Sesuai Dengan Peraturan SNI 1726 2012 dan SNI 2846 2013.

A. Perencanaan Ketahanan Gempa SNI 1726 2012

Perencanaan ketahanan gempa mengacu pada peraturan SNI-1726-2012 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

1. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen

Gaya geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif

2. Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots\dots\dots(2)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total

w_i dan w_x = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan.

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat / x dinyatakan dalam meter (m)

k = Eksponen yang terkait dalam struktur

3. Spektrum Respons Desain

Penggunaan spektrum respons desain mengacu pada SNI 2487 2012 mengikuti ketentuan dibawah ini :

- a) Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain S_a harus diambil menggunakan persamaan di bawah ini :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots(4)$$

- b) Untuk perioda yang lebih besar atau sama dengan T_0 , dan sama dengan T_s spektrum respon percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} .

- c) Untuk perioda yang lebih besar dari T_s spektrum respon percepatan desain S_a harus diambil menggunakan persamaan di bawah ini :

$$S_a = S_{D1}/T \dots\dots\dots(6)$$

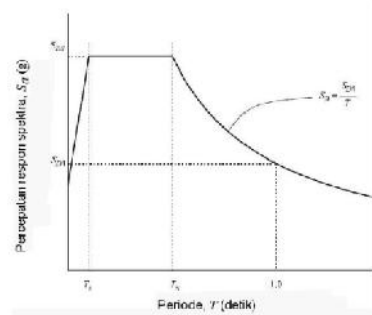
Keterangan :

S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

$$T_0 = 0.2 S_{D1}/S_{DS}$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS}$$



Gambar 1. Spektrum Respons Desain
Sumber: SNI 03-1726-2012, 2012

4. Jumlah ragam

Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar⁽²⁾ alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup⁽³⁾ untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

5. Penentuan Simpangan Antar Lantai

Defleksi pada massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{ex}}{I_E} \dots\dots\dots(7)$$

Pada SNI 1726 2012 pasal 7.3.4.2 hal 47 menyatakan bahwa untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain D,E dan F, ρ harus sama dengan 1,3

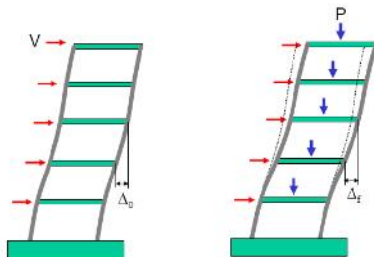
Tabel 1. Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

Sumber : SNI 03-1726-2012, 2012

6. Pengaruh P-delta



Gambar 2. Stabilitas Gedung
Sumber: FEMA 451B, 2017

Pengaruh P-delta pada geser 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:

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

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

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

B. Perencanaan 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 kecil dari 16 lb/ft² (0,77 kN/m²) dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan 8 lb/ft² (0,38 kN/m²) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap angin yang diasumsikan. Beban dinding dan atap harus diterapkan secara simultan.

Persyaratan umum penggunaan menentukan parameter dasar untuk penentuan beban angin pada Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU), parameter dasar adalah :

1. Kecepatan Angin Dasar

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.

2. Faktor Arah Angin

Pengaruh angin dalam menentukan beban angin harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin.

Tabel 2. Faktor Arah Angin

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d
Bangunan Gedung	0,85
Sistem Penahan Beban Angin Utama	
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki dan Struktur sama	0,90
Segi empat	
Segi enam	
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	0,85
Segi tiga, segi empat,	
persegi panjang	
Penampang lainnya	0,95

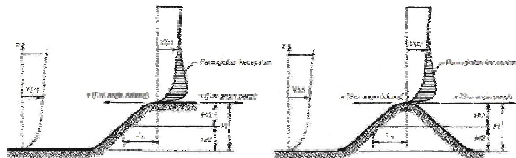
Sumber : SNI 03-1727-2013, 2013 (11)

3. Eksposur

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekasaran permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas dibangun.

4. Faktor Topografi

Efek Peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain.



Tebing Bukit Memanjang 2-D atau Bukit Simetris 3-D
Gambar 3. Faktor Topografi
 Sumber : SNI-1727-2013, 2013

Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan maka, $K_{ZT} = 1,0$

5. Efek Tiupan Angin

Faktor efek tiupan angin (G), untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

Bangunan sensitif fleksibel atau bangunan sensitif dinamis atau struktur lain, faktor efek tiupan angin harus dihitung dengan:

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

g_Q dan g_V harus diambil sebesar 3,4

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600 n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600 n_1)}}$$

R , faktor respons resonan adalah

6. Koefisien Tekanan Internal

Nilai Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi}) ditentukan berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan gedung.

Tabel 3. Koefisien Tekanan Internal

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+0,55 -0,55
Bangunan gedung tertutup	+0,18 -0,18

Sumber : SNI-1727-2013, 2013

7. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Berdasarkan kategori eksposur nilai Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, K_z atau K_h didapat dari tabel.

Tabel 4. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Tinggi di atas level tanah, z (m)	Eksposur		
	B	C	D
0-4,6	0,57	0,85	1,03
6,1	0,62	0,90	1,08
7,6	0,66	0,94	1,12
9,1	0,70	0,98	1,16
12,2	0,76	1,04	1,22
15,2	0,81	1,09	1,27
18	0,85	1,13	1,31
21,3	0,89	1,17	1,34
24,4	0,93	1,21	1,38
27,4	0,96	1,24	1,40
30,5	0,99	1,26	1,43
36,6	1,04	1,31	1,48
42,7	1,09	1,36	1,52
48,8	1,13	1,39	1,55
54,9	1,17	1,43	1,58
61	1,20	1,46	1,61
76,2	1,28	1,53	1,68
91,4	1,35	1,59	1,73
106,7	1,41	1,64	1,78
121,9	1,47	1,69	1,82
137,2	1,52	1,73	1,86
152,4	1,56	1,77	1,86

Sumber : SNI-1727-2013, 2013

8. Tekanan Velositas:

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

Dimana

K_d = faktor arah angin.

K_z = koefisien eksposur tekanan velositas.

K_{ZT} = faktor topografi.

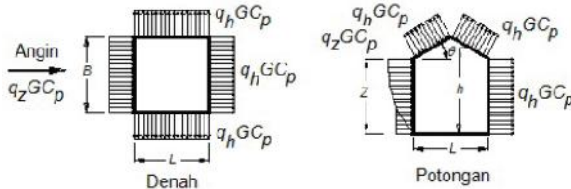
V = kecepatan angin dasar.

q_z = tekanan velositas pada ketinggian z.

q_h = tekanan velositas pada ketinggian atar rata rata h.

9. Beban Angin

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



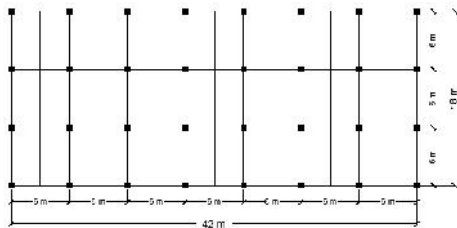
Gambar 4. Beban Angin Pada Gedung
Sumber : SNI-1727-2013, 2013

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendahuluan

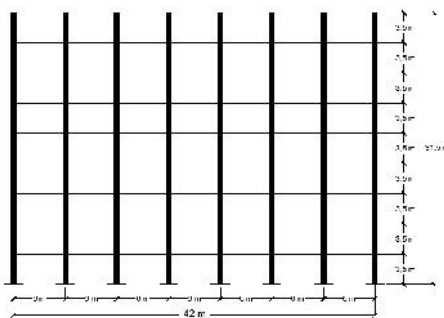
Penelitian yang dilakukan yaitu untuk mengetahui perilaku struktur gedung bertingkat terhadap beban gempa statik ekuivalen dan respojs spektrum berdasarkan peraturan SNI 1726 2012 serta terhadap beban angin berdasarkan peraturan SNI 1727 2013 di 5 Provinsi di Indonesia diantaranya Aceh, Padang, Banten, Yogyakarta dan Papua. Analisis struktur gedung menggunakan software Etabs dengan permodelan struktur 3D.

B. Data Perencanaan Struktur



Gambar 5. Denah Struktur Gedung Tipikal lantai 1-9

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Gambar 6. Konfigurasi Sistem Portal Arah x lantai 1-9

Sumber: Hasil Analisis, 2017

- a. Data Umum gedung
 - Fungsi Bangunan : Apartemen
 - Luas bangunan : 756 m²
 - Tinggi bangunan : 31.5 m
 - Tinggi antar lantai : 3.5 m
 - Jumlah lantai : 9 lantai
 - Lokasi : Serang
- b. Parameter struktur dan material
 - Mutu beton : 30 Mpa
 - Mutu besi
 - D < 12 mm, fy : 240 Mpa
 - D > 12 mm, fy : 400 Mpa
 - Ukuran balok Induk : 300 x 600
 - Ukuran balok Anak : 300 x 500
 - Ukuran kolom lt 6-9 : 450 x 450
 - Ukuran kolom lt 1-5 : 550 x 550
 - Tebal plat : 120 mm

Berikut ini peta lokasi tinjauan yang digunakan pada analisis gedung pada yang akan digunakan untuk perencanaan beban gempa dan beban angin.



Gambar 7. Lokasi Tinjauan Gempa
Sumber: Google earth, 2016

C. Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data-data yang mendukung perancangan struktur, seperti; denah struktur, geometri, dimensi struktur, spesifikasi struktur dan beban yang akan digunakan.
2. Pemodelan struktur 3D

Melakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan software Etabs.
3. Analisis pembebanan

Menghitung dan menentukan jenis beban yang bekerja pada struktur antara lain : beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gempa (E) dan beban angin (W).
4. Melakukan kontrol hasil analisis struktur terhadap model struktur untuk memeriksa waktu getar alami fundamental, *story displacement* pada tiap lantai gedung, *base shear*, mode struktur, pengaruh P-delta dan torsi pada gedung.

- Membandingkan data hasil analisa berdasarkan masing-masing wilayah terhadap nilai simpangan dan gaya geser.
 - Menyimpulkan hasil, pada tahapan ini berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dibuat suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.
- Penjelasan dari tahapan penelitian tersebut ditampilkan dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar.



Gambar 8. Flow Chart Metodologi Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data parameter gempa

Berdasarkan data dari puskim.go.id diperoleh nilai-nilai parameter gempa sebagai berikut :

Tabel 6. Parameter Gempa di Lima Kota di Indonesia

Variabel	Meulaboh Aceh	Kota Padang	Kab. Lebak Banten	Kab. Bantul Yogyakarta	Timika Papua
PGA (g)	0,580	0,502	0,505	0,558	0,60
SS (g)	0,751	1,346	1,092	1,301	1,500
S1 (g)	1,479	0,599	0,426	0,470	0,600
CRS	0,600	1,077	1,014	0,914	1,316
CR1	1,036	0,951	0,927	0,000	1,050
FPGA	0,935	1,000	1,000	1,000	1,000
FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
FV	1,000	1,300	1,374	1,330	1,300

Variabel	Meulaboh Aceh	Kota Padang	Kab. Lebak Banten	Kab. Bantul Yogyakarta	Timika Papua
PSA (g)	1,300	0,502	0,505	0,558	0,599
SMS (g)	0,580	1,346	1,092	1,301	1,500
SM1 (g)	1,479	0,778	0,586	0,625	0,780
SDS (g)	0,780	0,897	0,728	0,868	1,000
SD1 (g)	0,986	0,519	0,391	0,417	0,520
T0 (detik)	0,520	0,116	0,107	0,096	0,104
TS (detik)	0,105	0,578	0,537	0,481	0,520

Sumber: puskim.pu.go.id, 2017

Berikut rekapitulasi KDS (kategori desain seismik) untuk semua wilayah tinjauan.

Tabel 7. Rekapitulasi Kategori Desain Seismik

Wilayah	Parameter Percepatan	KDS
Aceh	SDS 0,986	D (SRPMK)
	SD1 0,520	
Padang	SDS 0,897	D (SRPMK)
	SD1 0,519	
Banten	SDS 0,728	D (SRPMK)
	SD1 0,391	
Yogyakarta	SDS 0,868	D (SRPMK)
	SD1 0,417	
Papua	SDS 1,000	D (SRPMK)
	SD1 0,520	

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Lima wilayah tinjauan terhadap gempa didapat struktur gedung berada pada kategori desain seismik D sehingga didapatkan nilai Koefisien modifikasi respons (R) sebesar 8, dan nilai C_d sebesar 5.5.

1. Jumlah Ragam

Pasal 7.9.1 SNI 1727 2012 dijelaskan bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Berikut gambar hasil analisis program Etabs.

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
1	1,874970	0,0000	70,7433	0,0000	0,0000	70,7433
2	1,812335	73,3124	0,0000	0,0000	73,3124	0,0000
3	1,675379	0,0000	0,0000	0,0000	79,024	79,0240
4	3,625154	0,0000	10,7622	0,0000	79,024	109,5862
5	0,613813	10,5888	0,0000	0,0000	80,6032	80,6032
6	0,587652	0,0000	0,0000	0,0000	89,9992	89,9992
7	3,346431	0,0000	4,6471	0,0000	85,5937	90,5475
8	0,345436	4,0230	0,0000	0,0000	85,622	85,6220
9	0,316963	0,0000	0,0000	0,0000	82,822	83,5473
10	3,237126	0,0000	2,5520	0,0000	85,622	85,8895
11	0,234478	2,3337	0,0000	0,0000	85,6450	85,8903
12	0,216003	0,0000	0,0000	0,0000	85,8458	85,8993

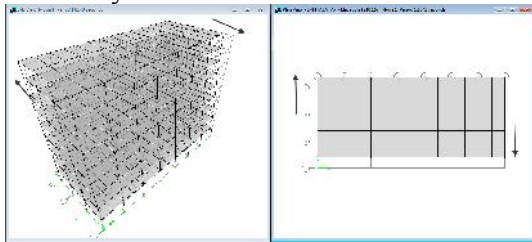
Gambar 9. Modal participating mass ratio berdasarkan I gross

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat pada mode ke-8 sumbu x dan mode ke-7 sumbu y partisipasi massa sudah melebihi 90 % sehingga gedung sudah memenuhi syarat ragam.

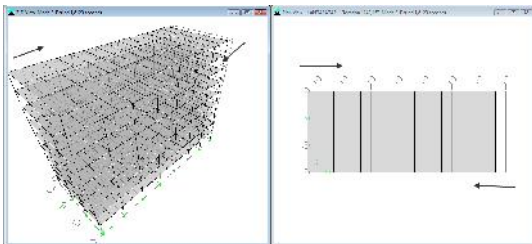
2. Perilaku Struktur Gedung Terhadap Gempa (*mode*)

Mode 1 : Gedung mengalami translasi arah y



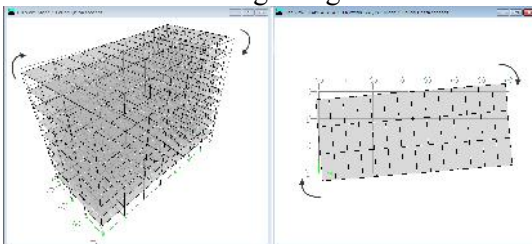
Gambar 10. Mode 1 Struktur Mengalami Translasi Arah y
 Sumber: Hasil Analisis, 2017

Mode 2 : Gedung mengalami translasi arah x



Gambar 11. Mode 2 Struktur Mengalami Translasi Arah x
 Sumber: Hasil Analisis, 2017

Mode 3 : Gedung mengalami rotasi



Gambar 12. Mode 3 Struktur Mengalami Torsi
 Sumber: Hasil Analisis, 2017

B. Data parameter beban angin

1. Kecepatan angin dasar, (*V*)

Parameter kecepatan angin rencana diperoleh berdasarkan data BMKG:

Tabel 8. Kecepatan Angin Dasar (V)

Provinsi	V (km/jam)
Aceh (Meulaboh)	35
Padang (Kota Padang)	26
Banten (Lebak)	20
Yogyakarta (Bantul)	20
Papua (Timika)	20

Sumber: Meteo.bmkg.go.id, 2016

2. Kategori eksposur B
3. Faktor arah angin, $K_d = 0,85$
4. Faktor topografi, $K_{zt} = 1,0$
5. Frekuensi alami struktur dan tipe struktur. $n_1 = 0,687 \leq 1,0$ H_z maka struktur bertipe fleksibel
6. Koefisien tekanan dinding, C_p
 Dinding di sisi angin datang, $C_p = 0,8$
 Dinding di sisi angin pergi, $C_p = -0,5$
 Dinding tepi, $C_p = -0,7$

C. Hasil Analisis Beban Gempa dan Beban Angin

Analisis terhadap beban gempa dan beban angin pada struktur gedung menggunakan Etabs v9.6 didapat nilai hasil simpangan dan gaya geser pada masing-masing wilayah yang di tinjau, selanjutnya dilakukan perbandingan untuk diketahui terdapat wilayah yang mempunyai simpangan besar akibat beban angin dan beban gempa.

1. Gaya Geser Dasar dan Gaya Geser Tingkat
 - a) Gaya Geser Dasar
 - 1) Grafik gempa statik ekuivalen
 - 2)

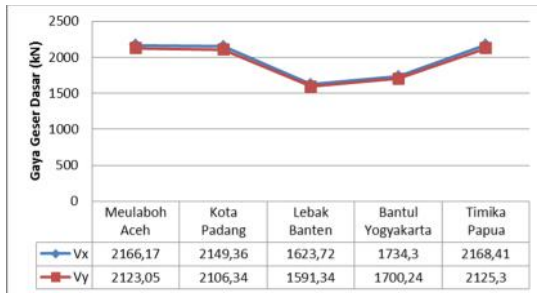


Gambar 13. Grafik Gaya Geser Dasar Akibat Statik Ekuivalen
 Sumber: Hasil Analisis, 2017

Berdasarkan hasil nilai gaya geser yang didapat berdasarkan perhitungan gempa statik ekuivalen diperoleh nilai gaya geser

dasar terbesar terjadi di Timika Papua. Hal ini terjadi karena di wilayah tersebut nilai parameter percepatan permukaan tanah atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) lebih besar dibanding wilayah lain.

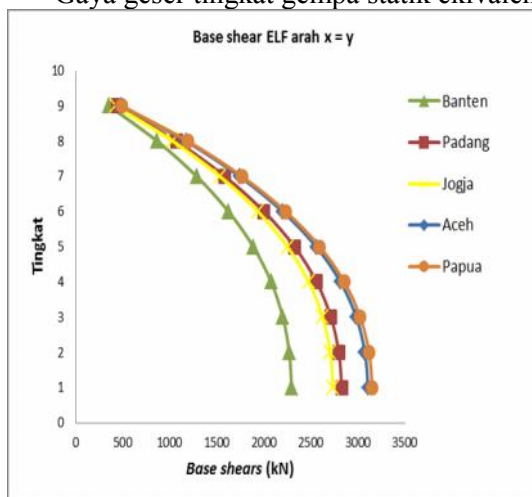
3) Grafik gempa respons spektrum desain



Gambar 14. Grafik Gaya Geser Dasar Akibat Respons Spektrum
Sumber: Hasil Analisis, 2017

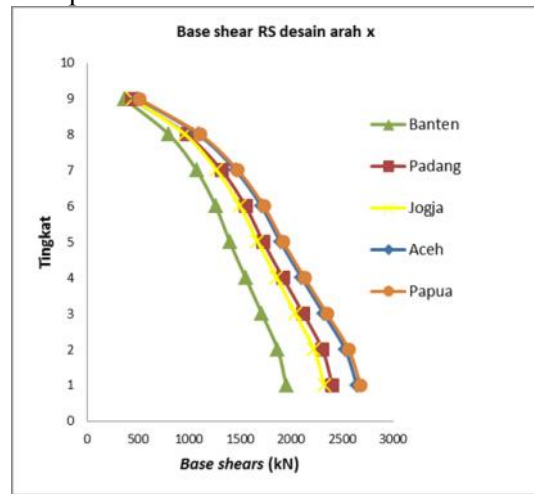
Hasil nilai gaya geser dasar akibat gempa respon spektrum terbesar juga terjadi di Papua Timika. Hal ini karena nilai parameter (PGA) yang digunakan sama seperti statik ekuivalen. Nilai gaya geser pada arah x lebih besar dari arah y karena nilai periode (T_a) pada arah x lebih kecil dari arah y, karena semakin kecil periode struktur maka nilai gaya gempa akan semakin besar.

b) Gaya Geser Tingkat
Gaya geser tingkat gempa statik ekuivalen:

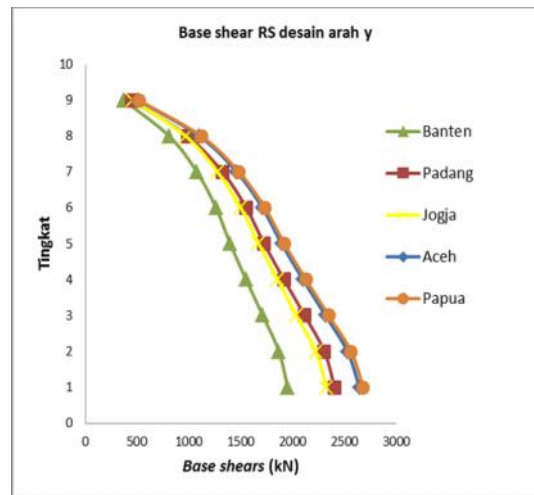


Gambar 15. Grafik perbandingan Gaya Geser Tingkat Akibat Gempa statik ekuivalen arah x dan y
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gaya geser tingkat gempa respons spektrum:



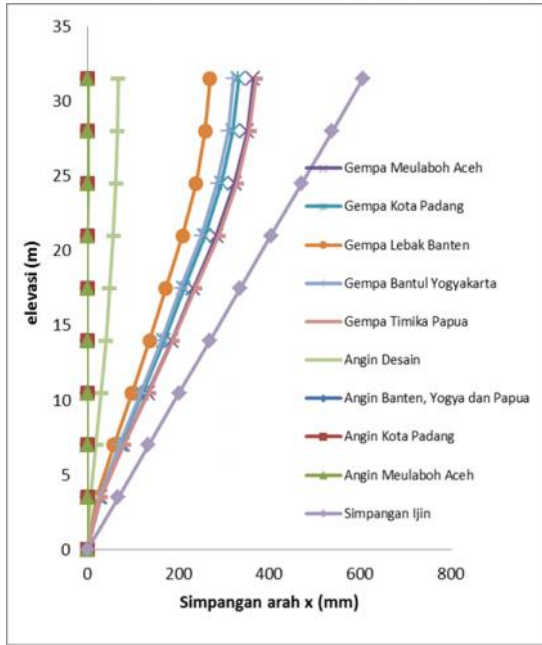
Gambar 16. Grafik perbandingan Base shear akibat beban gempa RS arah x
Sumber: Hasil Analisis, 2017



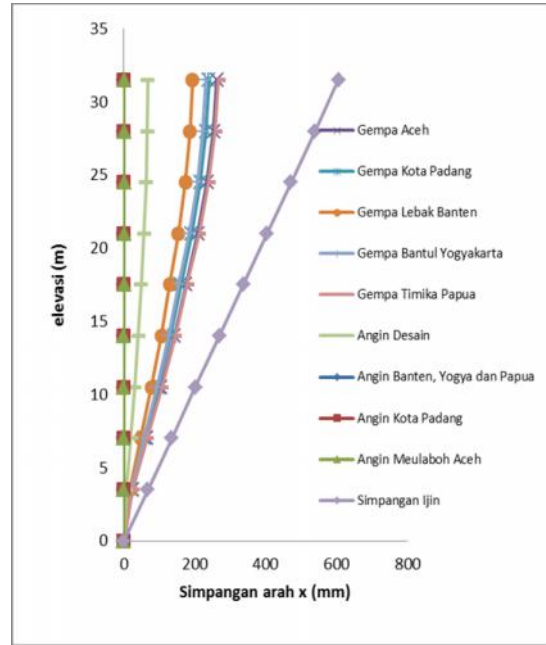
Gambar 17. Grafik perbandingan Base shear akibat Gempa RS arah y
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Berdasarkan hasil gaya geser akibat beban gempa statik ekuivalen dan respons spektrum diketahui wilayah yang memiliki nilai terbesar berturut-turut yaitu Timika Papua, Meulaboh Aceh, Kota Padang, Kab Bantul Yogyakarta dan Lebak Banten.

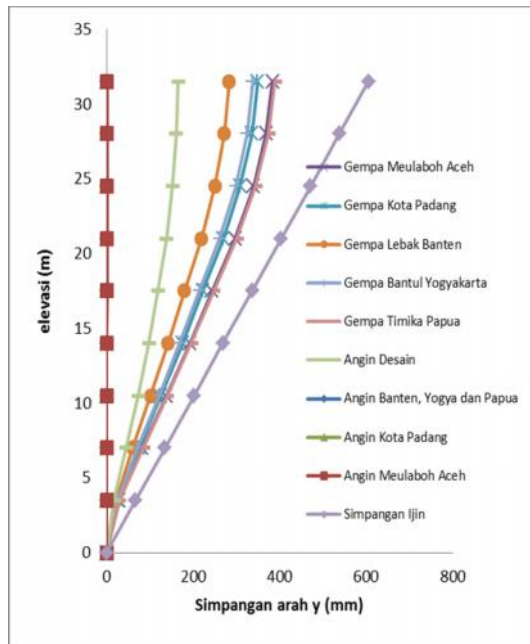
1) Simpangan Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen dan Beban Angin



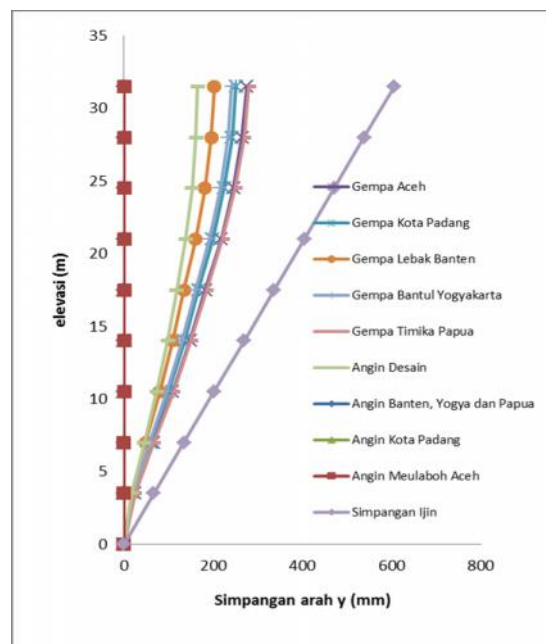
Gambar 18. Grafik Perbandingan Simpangan Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen dan Angin Arah x
 Sumber: Analisis Penulis, 2017



Gambar 20. Grafik Perbandingan Simpangan Akibat Beban Gempa Respons Spektrum dan Angin Arah x
 Sumber: Analisis Penulis, 2017



Gambar 19. Grafik Perbandingan Simpangan Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen dan Beban Angin Arah y
 Sumber: Analisis Penulis, 2017



Gambar 21. Grafik Perbandingan Simpangan Akibat Beban Gempa Respons Spektrum dan Beban Angin Arah y
 Sumber: Analisis Penulis, 2017

- 2) Simpangan Akibat Beban Gempa Respons Spektrum dan Angin

Berdasarkan grafik perbandingan simpangan akibat beban angin dan beban gempa statik ekuivalen dan respons spektrum hasil simpangan beban angin lebih kecil dibanding nilai simpangan akibat beban gempa.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- 1) Hasil simpangan maksimum yang terjadi akibat beban gempa statik ekuivalen arah x di Meulaboh Aceh = 364,87 mm, Kota Padang = 331,925 mm, Lebak Banten = 269,39 mm, Bantul Yogyakarta = 321,2 mm dan Timika Papua = 370,04. Statik ekuivalen arah y di Meulaboh Aceh = 384,175 mm, Kota Padang = 349,47 mm, Lebak Banten = 283,64 mm, Bantul Yogyakarta = 338,14 mm dan Timika Papua = 389,565. Gempa respons spektrum arah x Meulaboh Aceh = 261,69 mm, Kota Padang = 239,525 mm, Lebak Banten = 193,49 mm, Bantul Yogyakarta = 230,615 mm dan Timika Papua = 266,86. Gempa respons spektrum arah y Meulaboh Aceh = 274,835 mm, Kota Padang = 251,515 mm, Lebak Banten = 203,06 mm, Bantul Yogyakarta = 242,08 mm dan Timika Papua = 279,895. Akibat beban angin arah x Banten, Yogyakarta dan Papua = 0,643 mm, Kota Padang = 1,089, Meulaboh Aceh = 1,985 dan angin desain = 67,54 mm. Akibat beban angin arah y Banten, Yogyakarta dan Papua = 1,215 mm, Kota Padang = 3,025, Meulaboh Aceh = 5,445 dan angin desain = 165,605 mm. Simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur gedung akibat beban gempa (statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum) dan beban angin di lima wilayah tinjauan aman/tidak melebihi simpangan maksimum antar lantai yang disyaratkan.
- 2) Berdasarkan perhitungan nilai simpangan pada struktur gedung diperoleh nilai yang paling besar berturut-turut terjadi di Timika Papua, Meulaboh Aceh, Kota Padang, Bantul Yogyakarta dan Lebak Banten. Hal ini terjadi karena gaya gempa yang besar akan menghasilkan simpangan yang besar pada struktur.
- 3) Struktur gedung aman terhadap kinerja stabilitas P-delta dan torsi di semua wilayah sesuai persyaratan SNI 03-1726-2012.
- 4) Kontribusi akibat beban angin pada struktur gedung tidak terlalu signifikan dibanding beban gempa hal ini karena kecepatan angin tidak terlalu besar dan

struktur pada gedung yang tidak terlalu tinggi.

B. Saran

- 1) Perlu dilakukan perencanaan dengan struktur gedung yang tidak beraturan sehingga dapat diperoleh nilai simpangan antara gedung beraturan dan gedung tidak beraturan.
- 2) Penelitian selanjutnya dapat dilakukan terhadap struktur gedung yang lebih tinggi atau terhadap fungsi bangunan lain seperti menara dengan lokasi tinjauan yang memiliki kecepatan angin yang tinggi seperti di daerah pantai atau perbukitan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 03-1727-2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Febbrian, Donny Baiquny. 2014. *Evaluasi Kinerja Gaya Gempa Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Respon Spectrum Berdasarkan Base Shear, Displacement, Dan Drift Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus: Hotel Di Daerah Karanganyar)*. Universitas Sebelas Maret.
- Hartuti, Rine Evi. (2009), *Buku Pintar Gempa*.
- Oktoriyanto, Akbar. 2014. *Perbandingan Respons Struktur Akibat Beban Gempa dan Angin Statik Gedung Bertingkat Menurut SNI 03-1726 2012 dan SNI 03-1726 2002*. Universitas Islam Indonesia
- Rohman, Rosyid Kholilur. 2012. *Studi Perbandingan Analisis Gaya Gempa Terhadap Struktur Gedung di Kota Madiun Berdasar SNI 1726 2002 dan RSNI 1726 201X*. Universitas Merdeka Madiun.
- Satyarno, Imam., Nawangalam, Purbolaras., Pratomo, Indra. (2012), *Belajar SAP 2000 Analisis Gempa*.

Subhan, Fajar Diantos. 2015. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang SRPMK dengan Kategori Desain Seismik D Sesuai dengan Peraturan SNI 1726 2012 dan SNI 2847 2013*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.