

ANALISIS DINAMIK RESPON STRUKTUR GEDUNG BERATURAN DAN KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL

Ummi Khoirunnissa¹, Rinawati Djakfar², Yanuar Setiawan^{3*})

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Bary UI, Depok, 16242
e-mail: ummik45@gmail.com; rinawati_djakfar@ymail.com;
*Korespondensi: yanuar.setiawan@sipil.pnj.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is a country with geographical location where 4 large tectonic plates meet. Therefore, if a collision or friction hits the country, it is vulnerable to earthquakes. This condition makes the buildings more vulnerable to earthquakes. The effect of earthquake force and the performance of the resulting structure will be different if the same load is applied to a regular building and to an irregular building. The method to calculate the effect of the earthquake on the analysis of high-rise building structures in this study used dynamic analysis with spectrum response referred to SNI 03-1726-2012 and 2013 ETABS software program assistance (13.1.1 build 1035). This study aimed to compare the performance of the structure based on the deflection value and the story drift limits in regular and irregular buildings. In this study, the response of structural performance on three building models was calculated with variations in horizontal structure irregularity and then the results were compared. In this research, the biggest deflection was resulted on the re-entrant corner irregularity model C in the x-direction of 7,219 mm and the y-direction of 4,244 mm. Based on the deflection value in the x-direction and y-direction on all building models, the story drift due to the effect of the earthquake plan was less than Δa , wherein this study obtained Δa by 80mm, so it could be concluded that it was safe against the story drift limits in SNI-03-1726-2012.

Keywords: spectrum response, deflection, horizontal irregularity.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan letak geografisnya berada di pertemuan 4 lempeng tektonik besar, dimana jika terjadi tumbukan atau gesekan rentan terjadinya gempa bumi, kondisi ini menyebabkan bangunan-bangunan tersebut lebih rentan terhadap gempa. Pengaruh gaya gempa dan kinerja struktur yang dihasilkan akan berbeda jika diaplikasikan pada gedung beraturan dengan gedung tidak beraturan untuk besaran beban yang sama. Metode untuk memperhitungkan efek gempa terhadap analisis struktur bangunan bertingkat tinggi pada penelitian ini yaitu menggunakan analisis dinamis dengan respons spektrum mengacu pada SNI 03-1726-2012 dan bantuan program software ETABS 2013 (13.1.1 build 1035). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja struktur dilihat dari nilai simpangan dan simpangan antar lantai izin pada gedung beraturan dan gedung tidak beraturan. Dalam penelitian ini dihitung respon kinerja struktur pada tiga model bangunan dengan variasi ketidakberaturan struktur horisontal dan kemudian dibandingkan hasilnya. Dalam penelitian ini didapatkan hasil simpangan terbesar pada gedung tidak beraturan sudut dalam model C arah-x sebesar 7,219 mm dan arah-y sebesar 4,244 mm. Berdasarkan nilai simpangan pada arah-x dan arah-y pada semua model bangunan, maka simpangan antar lantai akibat pengaruh gempa rencana kurang dari Δa dimana dalam penelitian ini didapatkan Δa sebesar 80mm, sehingga dapat disimpulkan aman terhadap syarat batas simpangan antar lantai izin dalam SNI-03-1726-2012.

Kata kunci: respons spektrum, simpangan, ketidakberaturan horizontal.

PENDAHULUAN

Struktur yang stabil apabila menerima beban yang sama besar, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk atau

berdeformasi lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang tidak stabil [1]. Struktur bertingkat tinggi/ banyak harus dirancang mempunyai stabilitas yang memadai sesuai dengan kapasitas dan

mampu menahan gaya lateral yang terletak pada kekakuan kolom, sehingga simpangan yang terjadi tidak melebihi syarat dari simpangan antar lantai yang diizinkan [2].

Letak Indonesia yang berada pada pertemuan empat lempeng tektonik berakibat rentan terjadinya gempa bumi. Padahal bangunan gedung pada umumnya hanya dirancang untuk menahan beban gravitasi saja dengan besar beban sama dengan massa (m) kali percepatan gravitasi (g), dengan arah vertikal kebawah [3]. Sehingga dalam perancangan struktur gedung pada seharusnya memperhitungkan juga gaya lateral (horisontal) yang diakibatkan oleh beban angin dan beban gempa [4].

Gaya lateral yang timbul akibat getaran gempa bumi akan terdistribusi pada titik berat massa bangunan disetiap lantai bangunan gedung [5]. Analisis dinamik *time history* merupakan metode yang paling akurat, tetapi diperlukan hitungan yang kompleks dan memakan waktu yang lama [6]. Oleh sebab itu, digunakannya analisis dinamis respon spektrum sebagai penyederhanaan dari analisis dinamik *time history* [7]. Konsep statik hanya memperhitungkan massa saja dan hanya cocok untuk bangunan rendah dan cenderung kaku [8] dan keakuratan terhadap analisis statik ekuivalen hanya untuk bangunan dengan maksimum tujuh lantai kebawah dengan tinggi bangunan tidak melebihi 30 m [9].

Konsep analisis dinamik ini memperhitungkan massa, kekakuan dan redaman [10]. Perhitungan dengan metode dinamik akan menghasilkan gaya geser dasar bangunan yang lebih kecil dari pada dengan metode statik ekuivalen [11]. Dengan intensitas yang sama akan dihasilkan kinerja struktur berbeda untuk gedung beraturan gedung tidak beraturan [12]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kinerja struktur dari gedung beraturan dengan gedung tidak

beraturan yang dapat dilihat dari nilai simpangan (*deflection*) [13] dan kontrol desain terhadap simpangan antar lantai tingkat izin (*story drift limits*) [14]. Dimana batasan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ), yaitu tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a) [15].

Bangunan tahan gempa didesain dengan tujuan untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut: a) Pada gempa kecil tidak diperbolehkan terjadi kerusakan sama sekali. b) Kerusakan arsitektural diperbolehkan terjadi ketika terjadi gempa sedang tetapi bukan merupakan kerusakan struktural. c) Pada gempa kuat diperbolehkan terjadinya kerusakan struktural dan non-struktural pada tetapi kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan runtuhnya bangunan [16]. Banyaknya korban jiwa dapat disebabkan oleh mudah runtuhnya bangunan akibat mutu bangunan yang sangat rapuh [17].

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hotma L. Purba et. al (2014) ditinjau dari simpangan struktur semakin besar proyeksi sudut dalam maka akan semakin besar simpangan yang terjadi dengan proyeksi sudut dalam 50% arah-x dan 60% arah-y dengan selisih +32,57% dan +8,13% [7].

METODE PENELITIAN

Studi Literatur.

Studi literatur dilakukan dengan menelaah literatur dari jurnal-jurnal, buku, peraturan/ pedoman yang terkait dengan penelitian ini. Antara lain SNI 1727-1989 [18] dan SNI 1727-2013 untuk menentukan pembebanan gedung baik beban mati maupun beban hidup serta menentukan beban hujan dan beban angin [19], SNI 1726-2012 sebagai acuan dalam mendesain respon spektrum, *E-book* Aplikasi ETABS Pada Perancangan Gedung 15

Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda (*Dual System*) Sebagai Penahan Beban Gempa Sesuai *Standard Code SNI 1726 : 2012* sebagai referensi menggunakan *software ETABS [20]* dan jurnal – jurnal yang berkaitan dengan analisis respon spektrum, serta jurnal – jurnal lain penelitian sebelumnya.

Penelitian dimulai dengan menghitung respon spektrum berdasarkan lokasi dan data tanah. Diagram alir pembuatan respon spektrum disajikan pada **Gambar 1**. Pada tahap berikutnya dilakukan analisis kinerja struktur dengan diagram alir seperti **Gambar 2**.

Pada penelitian ini akan membandingkan respon struktur yaitu simpangan dan simpangan antar lantai dari ketiga model bangunan. Denah gedung dapat dilihat pada **Gambar 3-5**.

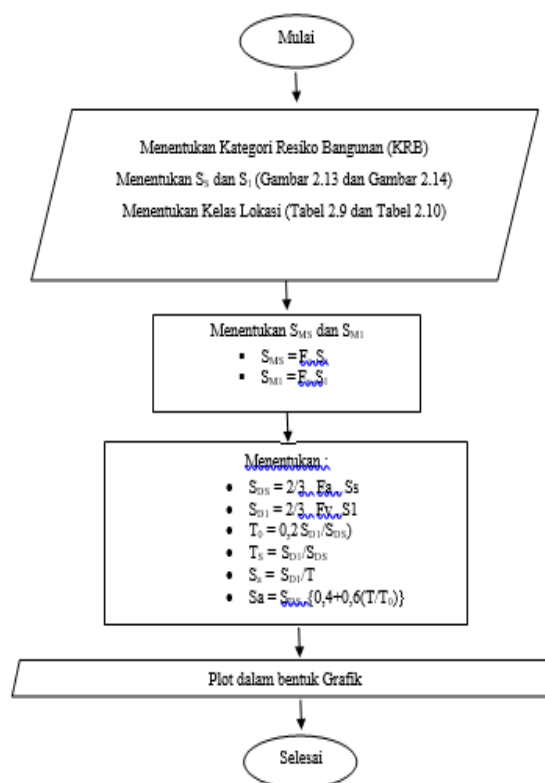
Data Struktur.

Data struktur Hotel baik untuk gedung beraturan dan gedung dengan ketidakberaturan horisontal adalah sebagai berikut :

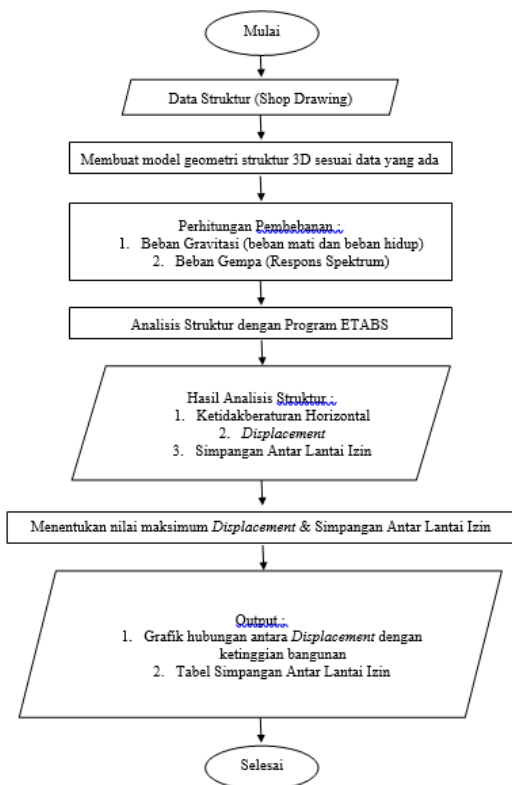
1. Fungsi Gedung : Gedung Hotel.
2. Lokasi : Lengkong Gudang, Serpong, Tangerang Selatan, Banten 15321
3. Luas Bangunan : ± 14.848 m²/ lantai. Terdiri dari 8 lantai meliputi, 1 lantai *Lobby*, 7 lantai Hotel. Elevasi lantai dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Elevasi Lantai Hotel

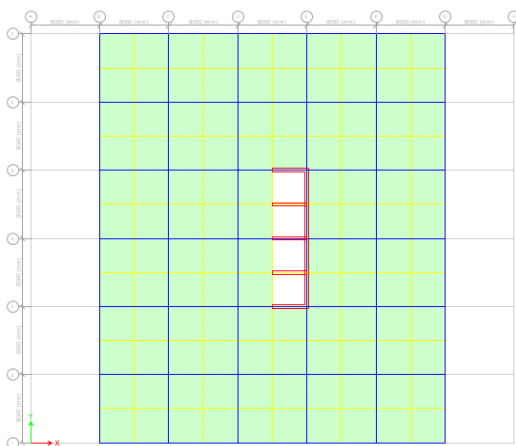
Lantai	Elevasi (m)
Base	0,00
Lantai 1	+ 4,00
Lantai 2	+ 8,00
Lantai 3	+ 12,00
Lantai 4	+ 16,00
Lantai 5	+ 20,00
Lantai 6	+ 24,00
Lantai 7	+ 28,00
Lantai 8	+ 32,00



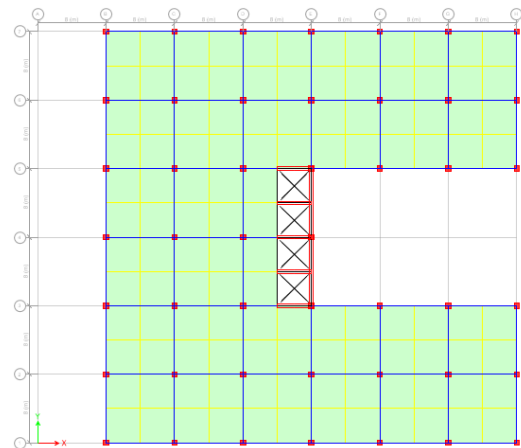
Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Grafik Respons Spektrum



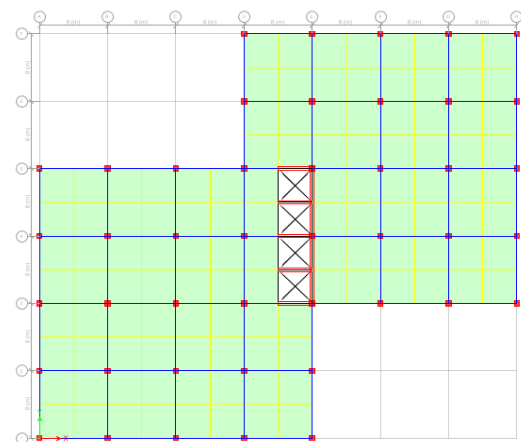
Gambar 2. Diagram Alir Pembahasan Hasil Analisis Respons Spektrum dari Program ETABS



Gambar 3. Denah gedung beraturan model A



Gambar 4. Denah gedung tidakberaturan model B



Gambar 5. Denah gedung tidakberaturan model C

4. Dimensi Struktur :
 - a. Pelat lantai : 15 cm, mutu beton $F_c' 30$ MPa
 - b. Pelat atap : 15 cm, mutu beton $F_c' 30$ MPa
 - c. Shear wall : 40 cm, mutu beton $F_c' 42$ MPa
 - d. Balok
Tipe dan dimensi balok dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Tipe-tipe Balok

No	Tipe Balok	Dimensi (mm)
1	Balok Induk	B1 400 x 500
2	Balok Anak	BA 300 x 400

- e. Kolom
Tipe dan dimensi kolom dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Tipe-tipe Kolom

No	Kode	Dimensi	
		Panjang (mm)	Lebar (mm)
1	K1	600	600

Guna menganalisis struktur gedung ini digunakan metode analisis dinamis respon spektrum sesuai dengan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung dalam SNI-03-1726-2012. Dalam menganalisis hasil perhitungan struktur dibantu dengan menggunakan software ETABS 2013 (13.1.1 build 1035). Kemudian akan dilakukan perbandingan hasil analisa berupa besaran nilai simpangan (*deflection*) dan dilakukan kontrol desain terhadap simpangan yang terjadi.

HASIL dan PEMBAHASAN

Ketidakteraturan.

Berdasarkan pada SNI 03-1726-2012 bahwa ketidakteraturan sudut dalam terjadi apabila memenuhi syarat: $P_y > 0,15L_y$ dan $P_x > 0,15L_x$. Perhitungan ketidakteraturan sudut dalam tersajikan pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Perhitungan Ketidakteraturan Sudut Dalam

No	Model Bangunan	Lx	Ly	Px	Py	Arah X	Arah Y
		(m)	(m)	(m)	(m)	(%)	(%)
1	Type A	40	48	0	0	0	0
2	Type B	48	48	24	16	43	33
3	Type C	56	48	24	16	50	33

Berdasarkan perhitungan ketidakteraturan sudut dalam, didapatkan hasil bahwa gedung model A merupakan bangunan beraturan. Sedangkan gedung model B memiliki

ketidakteraturan sudut dalam sebesar 43% arah-x dan 33% arah-y, serta untuk gedung model C memiliki ketidakteraturan sudut dalam sebesar 50% arah-x dan 33% arah-y.

Simpangan (*Deflection*).

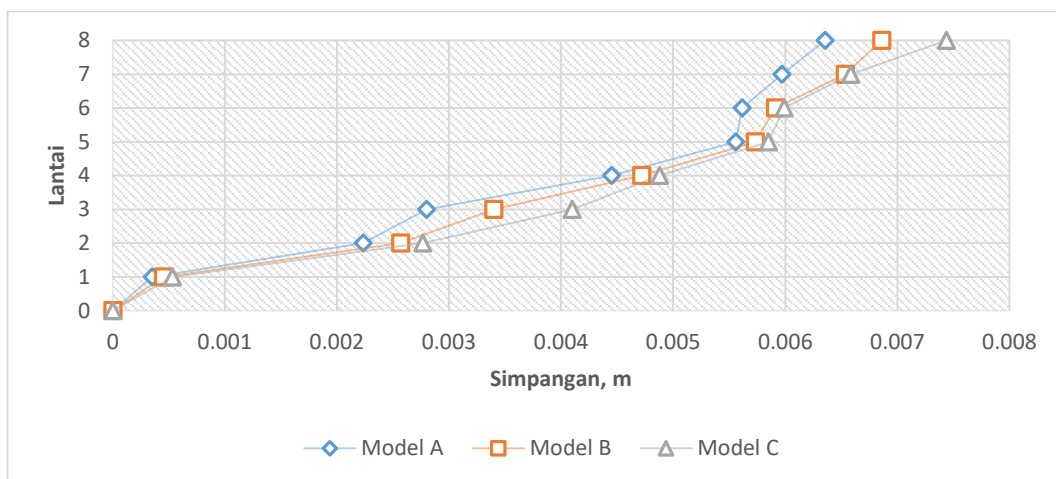
Besar perbandingan nilai simpangan yang didapatkan dari hasil analisis dinamik respon spektrum dari ketiga model bangunan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar dalam satuan meter pada **Tabel 5-6** dan **Gambar 6-7.**

Tabel 5. Selisih Perbedaan Simpangan Arah X

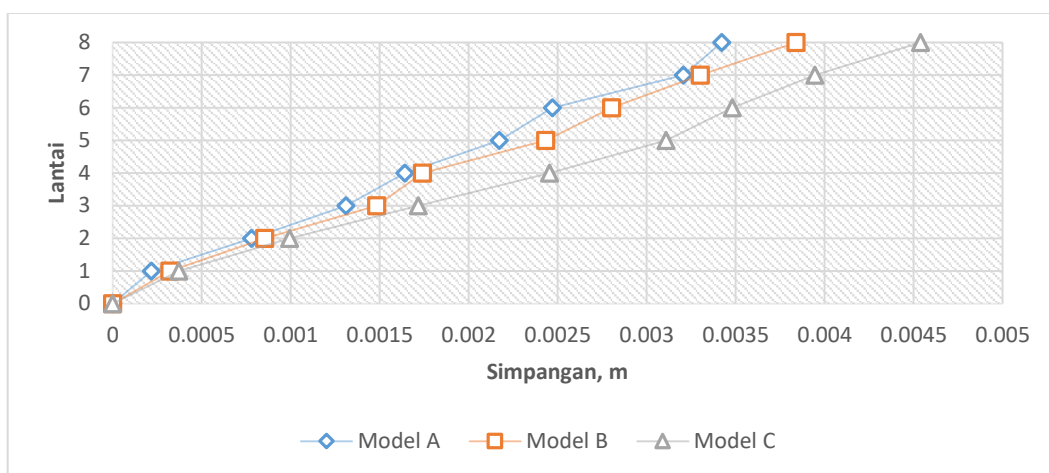
Lantai	Model A	Model B		Model C	
	Arah X (m)	Arah X (m)	Selisih (%)	Arah X (m)	Selisih (%)
1	0,352	0,45	28,6	0,533	51,4
2	2,235	2,57	15	2,77	23,8
3	2,800	3,400	21,4	4,10	46,4
4	4,452	4,720	6,02	4,88	9,61
5	5,560	5,734	3,12	5,85	5,23
6	5,615	5,912	5,28	5,99	6,66
7	5,970	6,534	9,45	6,58	10,3
8	6,355	6,861	7,96	7,439	17,1

Tabel 6. Selisih Perbedaan Simpangan Arah Y

Lantai	Model A	Model B		Model C	
	Arah X (m)	Arah X (m)	Selisih (%)	Arah X (m)	Selisih (%)
1	0,217	0,321	47,7	0,372	71,1
2	0,781	0,855	9,46	0,995	27,4
3	1,311	1,483	13,1	1,718	31
4	1,642	1,741	6,03	2,455	49,5
5	2,173	2,434	12,01	3,110	43,1
6	2,471	2,804	13,5	3,481	40,9
7	3,207	3,302	2,96	3,946	23,
8	3,422	3,840	12,2	4,540	32,7



Gambar 6. Simpangan Arah X



Gambar 7. Simpangan Arah Y

Berdasarkan data hasil analisis yang telah tersaji pada **Tabel 5-6** serta **Gambar 6-7** didapat bahwa model bangunan yang memiliki simpangan (*deflection*) terbesar untuk arah x maupun arah y adalah model bangunan C dengan ketidakberaturan sudut dalam arah x sebesar 50% dan arah y sebesar 33%. Dengan nilai simpangan (*deflection*) arah x sebesar 0,00744 m dan untuk nilai simpangan (*deflection*) arah y sebesar 0,00454 m. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hotma L. Purba et. al (2014) ditinjau dari simpangan struktur semakin besar proyeksi sudut

dalam maka akan semakin besar simpangan yang terjadi [7].

Simpangan Antar Lantai Izin.

Kontrol desain struktur perlu dilakukan pengecekan terhadap batas simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) dan tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a). Berdasarkan nilai simpangan (*deflection*) maksimum yang telah disajikan pada **Tabel 7-12**.

Tabel 7. Simpangan Antar Lantai Izin Arah X Model A

Lantai	h (mm)	δ_e (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Ket
8	4000	6,355	34,954	2,119	80	OK
7	4000	5,97	32,835	1,953	80	OK
6	4000	5,615	30,883	0,303	80	OK
5	4000	5,56	30,58	6,094	80	OK
4	4000	4,452	24,486	9,086	80	OK
3	4000	2,8	15,4	3,108	80	OK
2	4000	2,235	12,293	10,357	80	OK
1	4000	0,352	1,936	1,936	80	OK

Tabel 8. Simpangan Antar Lantai Izin Arah X Model B

Lantai	h (mm)	δ_e (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Ket
8	4000	6,861	37,736	1,799	80	OK
7	4000	6,534	35,937	3,424	80	OK
6	4000	5,912	32,513	0,979	80	OK
5	4000	5,734	31,534	5,574	80	OK
4	4000	4,72	25,96	7,26	80	OK
3	4000	3,4	18,7	4,565	80	OK
2	4000	2,57	14,135	11,644	80	OK
1	4000	0,453	2,492	2,492	80	OK

Tabel 9. Simpangan Antar Lantai Izin Arah X Model C

Lantai	h (mm)	δ_e (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Ket
8	4000	7,439	40,915	4,708	80	OK
7	4000	6,583	36,207	3,267	80	OK
6	4000	5,989	32,94	0,759	80	OK
5	4000	5,851	32,18	5,341	80	OK
4	4000	4,88	26,84	4,29	80	OK
3	4000	4,1	22,55	7,337	80	OK
2	4000	2,766	15,213	12,282	80	OK
1	4000	0,533	2,9315	2,932	80	OK

Tabel 10. Simpangan Antar Lantai Izin Arah Y Model A

Lantai	h (mm)	δ_e (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Ket
8	4000	3,411	18,758	2,120	80	OK
7	4000	3,025	16,638	2,811	80	OK
6	4000	2,514	13,827	3,130	80	OK
5	4000	1,945	10,698	2,206	80	OK
4	4000	1,544	8,492	2,591	80	OK
3	4000	1,073	5,902	1,826	80	OK
2	4000	0,741	4,076	3,285	80	OK
1	4000	0,144	0,791	0,791	80	OK

Tabel 11. Simpangan Antar Lantai Izin Arah Y Model B

Lantai	h (mm)	δ_e (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Ket
8	4000	3,544	19,492	2,431	80	OK
7	4000	3,102	17,061	2,739	80	OK
6	4000	2,604	14,322	2,668	80	OK
5	4000	2,119	11,655	2,767	80	OK
4	4000	1,616	8,888	2,596	80	OK
3	4000	1,144	6,292	1,771	80	OK
2	4000	0,822	4,521	3,531	80	OK
1	4000	0,180	0,990	0,990	80	OK

Tabel 12. Simpangan Antar Lantai Izin Arah Y Model C

Lantai	h (mm)	δ_e (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Ket
8	4000	4,244	23,342	1,590	80	OK
7	4000	3,955	21,753	2,607	80	OK
6	4000	3,481	19,146	2,712	80	OK
5	4000	2,988	16,434	3,493	80	OK
4	4000	2,353	12,942	3,696	80	OK
3	4000	1,681	9,246	3,817	80	OK
2	4000	0,987	5,429	3,691	80	OK
1	4000	0,316	1,738	1,738	80	OK

Sesuai dengan perhitungan simpangan antar lantai tingkat untuk arah-x maupun arah-y yang telah disajikan pada **Tabel 7-12** didapatkan bahwa simpangan antar tingkat yang terjadi pada ketiga model bangunan masih memenuhi standar yaitu dibawah nilai simpangan yang diizinkan sesuai dengan perhitungan dalam SNI 03-1726-2012 yaitu kurang dari Δa sebesar 80 mm.

KESIMPULAN

Ditinjau dari simpangan (*deflection*) pada struktur, gedung beraturan model A mengalami simpangan maksimum sebesar 6,355 mm arah-x dan 3,422 mm arah-y. Gedung tidak beraturan sudut dalam model B yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 43% arah-x dan 33% arah-y mengalami simpangan maksimum sebesar 6,861 mm arah-x dan 3,84 mm arah-y dengan selisih +7,96% arah-x dan 12,22% arah-y jika dibandingkan dengan gedung beraturan model A. Gedung tidak beraturan sudut dalam model C yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 50% arah-x dan 33% arah-y mengalami simpangan maksimum sebesar 7,439 mm arah-x dan 4,54 mm arah-y dengan selisih +17,05% arah-x dan 32,67% arah-y jika

dibandingkan dengan gedung beraturan model A.

Berdasarkan hasil analisa tersebut didapatkan bahwa semakin besar proyeksi sudut dalam pada suatu bangunan maka akan semakin besar simpangan yang terjadi pada bangunan tersebut. Simpangan antar lantai izin yang terjadi baik pada gedung beraturan model A, gedung tidak beraturan model B yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 43% arah-x dan 33% arah-y dan gedung tidak beraturan model C yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 50% arah-x dan 33% arah-y, ketiganya masih memenuhi standar yaitu dibawah nilai simpangan yang diizinkan sesuai dengan perhitungan dalam SNI 03-1726-2012 yaitu kurang dari Δa sebesar 80 mm.

Pada penelitian ini memiliki keterbatasan waktu dengan melihat hasil penelitian ini, direkomendasikan bahwa dapat menambah metode analisis yang digunakan untuk mendapatkan hasil perbandingan yang mendekati ideal. Misalnya antara metode analisis dinamik respon spektrum dengan metode analisis dinamik *time history*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schodek, Daniel L. 1999. Struktur Edisi kedua. Erlangga. Jakarta.
- [2] Hariyanto, Agus. 2011. Skripsi: Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [3] IITI-BMTCP. (TT). What are The Seismic Effects on Structures. Earthquake Tip-5. Indian Institute of Technology Kanpur. India.
- [4] Sunarto, Amira. 2018. Skripsi: Perbandingan Respon Struktur

- Gedung Tidak beraturan Horizontal Akibat Gempa dengan Analisis Statik dan Dinamik. UII Press. Yogyakarta.
- [5] Faizah, Restu. 2015. "Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* vol.18, no.2, 190-199.
- [6] Prawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- [7] Purba, Hotma L. 2014. "Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal sesuai SNI 03-1726-2012," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* vol.2, no.4, 710-717.
- [8] Widodo. 2001. *Respon Dinamik Struktur Elastik*. UII Press. Yogyakarta.
- [9] Tarigan, M. dan Teruna. D. R. 2014. "Perbandingan Respon Struktur Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal Sudut dalam Akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen dan Time History," *Jurnal Teknik Sipil USU* vo.3, no.1, 1-10.
- [10] Tumilar, S. 2011. *Prosedur Analisis Struktur Beton Akibat Gempa Menurut SNI-03-1726-2010*. Seminar HAKI 28 Juli 2011. Jakarta.
- [11] Kusumastuti. 2010. *Pengaruh Tinggi Struktur dan Jumlah Bentang Terhadap Kontribusi Mode Pada Struktur Beton Bertulang Bertingkat Banyak dengan Pendekatan Kekakuan Kolom Shear Building dan Cara Muto*. Tesis Magister Teknik Sipil UII. Yogyakarta.
- [12] Iskandarsyah, H. 2009. *Analisis Respon Spektrum pada Bangunan yang Menggunakan Yielding Damper Akibat Gaya Gempa*. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [13] Wantalantie, R. O., Pangouw, J. D., & Windah, R. S. 2016. "Analisa Statik Dan Dinamik Gedung Bertingkat Banyak Akibat Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012 Dengan Variasi Jumlah Tingkat," *Jurnal Sipil Statik* vol.4, no.8, 471-480.
- [14] Hasan A, Astira I F. 2013. "Analisis perbandingan simpangan lateral bangunan tinggi dengan variasi bentuk dan posisi dinding geser studi kasus: proyek apartemen the Royale Springhill Residences." *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 1, no.1,47-56.
- [15] Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. BSN, Jakarta.
- [16] *Uniform Building Code*. 1997. *Structural Engineering Design Provisions*, Volume 2, ICBO, U.S.A.
- [17] Prasetya, Tiar. 2006. *Gempa Bumi: Ciri dan Cara Menanggulangnya*, Gitanagiri, Yogyakarta.
- [18] Badan Standarisasi Nasional. 1989. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. BSN, Jakarta.
- [19] Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk*

- Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. BSN, Jakarta.
- [20] Hamzah F. M. 2015. E-book Aplikasi Etabs Pada Perancangan Gedung 15 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda (*Dual System*) Sebagai Penahan Beban Gempa Sesuai Standard Code SNI 1726: 2012. Jakarta