

# Analisis Dinamis Portal Bertingkat Banyak Multi Bentang Dengan Variasi Tingkat (Storey) Pada Tiap Bentang

Hieryco Manalip  
Reky Stenly Windah  
James Albert Kaunang

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil

E-mail: [james.kaunang@yahoo.com](mailto:james.kaunang@yahoo.com)

## ABSTRAK

Struktur bangunan bertingkat banyak pada dasarnya rentan terhadap gempa, terutama struktur yang memiliki geometri yang tidak beraturan akan mengalami simpangan yang lebih besar dibanding struktur simetris. SNI 03-1726-2012 mengatur tentang bangunan beraturan dan bangunan tidak beraturan serta metode analisis yang dapat digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan membuat beberapa model bangunan multi portal 10 (sepuluh) lantai baik yang beraturan maupun tidak beraturan untuk kemudian dibandingkan simpangan model yang beraturan dengan yang tidak beraturan untuk mengetahui perilaku bangunan tidak beraturan terhadap beban gempa, serta menganalisis semua model yang ada dengan metode statik ekuivalen dan analisis ragam spektrum respons untuk kemudian membandingkan hasil simpangan yang diberikan oleh kedua metode tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpangan struktur tidak beraturan terhadap struktur beraturan bervariasi dengan simpangan lebih besar sekitar 41% pada model tertentu dari struktur beraturan, dan beberapa model struktur tidak beraturan sebenarnya dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen karena memberikan simpangan yang relatif lebih besar dibanding analisis dinamis.

*Kata kunci* : SNI 02-1726-2012, metode statik ekuivalen, analisis ragam spektrum respons, simpangan, struktur tidak beraturan

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dimana gempa merupakan hal yang biasa terjadi dan seringkali dengan kerugian baik material maupun nyawa. Bangunan bertingkat banyak merupakan salah satu bangunan yang rentan terhadap gempa. Tidak simetrisnya atau tidak beraturannya bangunan setidaknya akan mempengaruhi massa dan kekakuan kolom setiap lantai yang menurut analisa dinamis adalah hal-hal yang menentukan deformasi lateral gedung. SNI 03-1726-2012 mengatur bagaimana suatu struktur dapat disebut beraturan sehingga dapat dianalisa responsnya menggunakan metode statik ekuivalen sedangkan bangunan yang tidak beraturan harus ditinjau berdasarkan pengaruh beban dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis dinamik.

### Tujuan Penelitian

- Menghitung simpangan struktur dari beberapa struktur bertingkat dengan variasi jumlah lantai setiap bentang arah horizontal
- Menentukan struktur tidak beraturan yang masih dapat ditinjau sebagai struktur beraturan, sehingga dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen.

- Mengetahui pengaruh dari ketidakberaturan struktur akibat jumlah tingkat yang berbeda-beda setiap bentang terhadap simpangan struktur.

### Batasan Masalah

- a. Struktur bangunan adalah beton bertulang 10 (sepuluh) lantai dengan tinggi tiap lantai sama, dengan jarak antar lantai 3,5 m.
- b. Lantai 1 (satu) bukanlah lantai dasar (*base*) dan lantai 10 (sepuluh) merupakan plat atap.
- c. Bangunan memiliki 5 (lima) bentang yang sama panjang pada kedua arah denahnya.
- d. Variasi jumlah lantai untuk mensimulasikan ketidaksimetrisan struktur adalah pada bentang-bentang yang telah ada.
- e. Analisa simpangan yang terjadi pada variasi-variasi akan dilakukan dengan *software* ETABS.
- f. Analisis dinamis yang dimaksud dalam penelitian ini adalah analisis ragam spektrum respons.
- g. Tidak memasukan perhitungan bangunan bawah (pondasi)
- h. Tiap Penampang elemen struktural seperti plat, balok, dan kolom pada satu tingkatan (*storey*) sama dengan tingkat lainnya (identik).

### Manfaat Penelitian

- a. Bagi perencana dan praktisi  
Dari hasil penelitian ini, perencana dapat mengetahui berapa besar pengaruh dari variasi

ketidakberaturan akibat jumlah lantai yang berbeda tiap bentang suatu struktur, serta struktur tidak beraturan yang masih dapat ditinjau menggunakan metode statik ekuivalen (analisis gaya lateral ekuivalen).

**b.** Bagi peneliti selanjutnya

Dari hasil penelitian ini, peneliti dapat melanjutkan penelitian pengaruh ketidakberaturan struktur dengan menambah parameter bangunan bertingkat lainnya.

## LANDASAN TEORI

### Konfigurasi Struktur

Hubungan antara konfigurasi struktur terhadap kinerja kegempaan/ ketahanan terhadap gempa dipengaruhi oleh skala bangunan (*scale*), tinggi bangunan (*height*), ukuran datar (*horizontal size*), proporsi bangunan (*proportion*), simetrisitas bangunan (*symmetry*), distribusi dan konsentrasi bangunan (*distribution and concentration*), denah struktur bangunan (*structural plan density*), sudut bangunan (*corners*).

Penyelidikan pasca-gempa telah mengarahkan pengamatan bahwa bangunan dengan konfigurasi tidak teratur (*irregular*) lebih rentan mengalami kerusakan dibanding dengan bangunan yang memiliki konfigurasi bangunan teratur (*regular*).

SNI 1726-2012 telah mengatur konfigurasi bangunan yang disebut tidak beraturan dan bangunan yang beraturan, serta metode analisis yang direkomendasikan untuk digunakan ketika mengevaluasi konfigurasi bangunan tertentu.

Ketidakteraturan bangunan dalam SNI 1726-2012 membagi struktur tidak beraturan menjadi 2 yaitu: ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal. Ketidakteraturan pada penelitian ini termasuk dalam ketidakberaturan vertikal.

### Sistem struktur

SNI 1726 telah mengatur jenis-jenis sistem struktur, dalam penelitian ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Suatu struktur dapat dikategorikan sebagai struktur dengan sistem rangka pemikul momen khusus apabila memenuhi persyaratan yang dispesifikasikan dalam SNI 2847-2013, dimana dalam peraturan itu disebutkan bahwa struktur harus memenuhi SNI 2847-2013 pasal 21.1.3 sampai 21.1.7 dan pasal 21.5 sampai 21.8.

Sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.2.1, koefisien modifikasi respons (*R*) dan koefisien lain harus dipilih sesuai dengan sistem struktur yang digunakan sesuai dengan nilai yang tertera pada tabel 9 hal 34 pada SNI 1726-2012.

Nilai koefisien modifikasi respons (*R*) untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) bangunan beton bertulang sesuai dengan tabel 9 pada SNI 1726-2012 adalah 8 (delapan), nilai ini dan beberapa koefisien lain seperti faktor keutamaan bangunan (*I*) akan digunakan baik pada metode statik ekuivalen dan analisis dinamis sebagai faktor pengali yang akan mempengaruhi hasil simpangan analisis.

### Analisis Dinamis pada ETABS

ETABS menggunakan metode *finite element*. Massa bangunan yang kemudian didapat menggunakan metode ini berbeda dari asumsi *lumped mass matrix* yang biasa digunakan, demikian juga dengan derajat kebebasan struktur yang jumlahnya mencapai ratusan derajat kebebasan bahkan lebih. (CSI Analysis Reference Manual, halaman 8)

ETABS secara otomatis mengkonversi objek pada model struktur yang telah tergambar kedalam model berbasis elemen, dan model itu yang kemudian digunakan untuk analisis. Model ini disebut model analisis (*analysis model*), dan terdiri atas elemen-elemen hingga. Hasil analisis kemudian dikembalikan kedalam bentuk objek.

**a.** *Modal analysis*

Analisis modal pada software ETABS dibagi menjadi 2 metode, yaitu metode Eigenvector dan metode Ritz-Vector. Kedua metode ini dapat memberikan hasil yang cukup memuaskan untuk dipakai sebagai basis dari analisis dinamis (analisis spektrum respons).

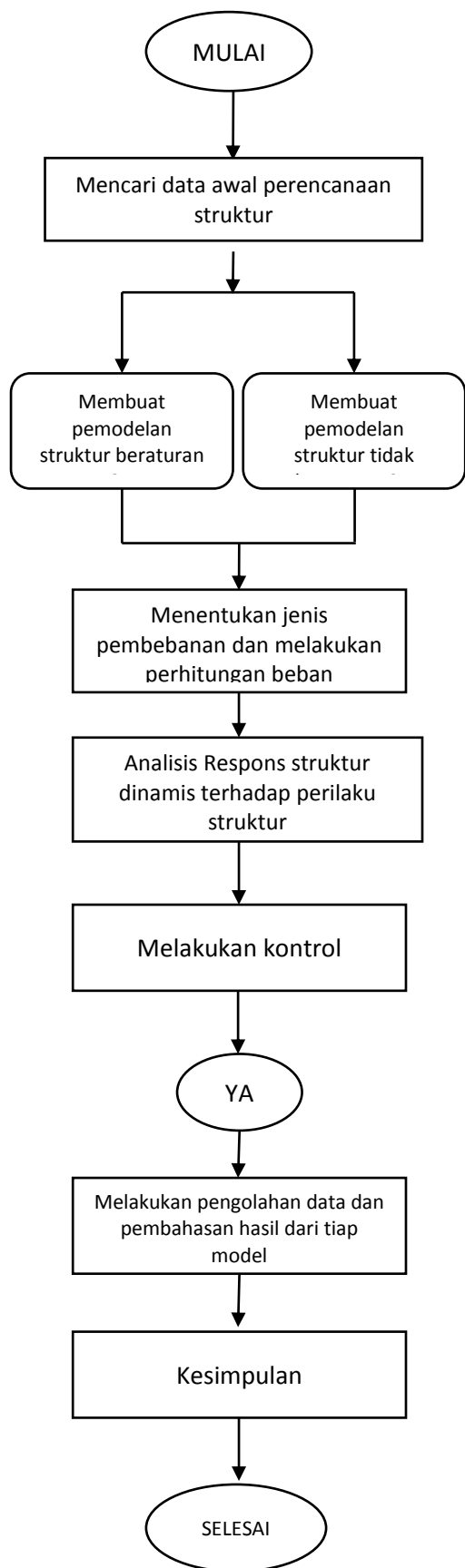
Metode Eigenvector pada ETABS secara umum sama dengan yang dijelaskan sebelumnya (subbab 2.3) terutama persamaan untuk mencari *eigenpairs*. Namun analisis pada ETABS menggunakan matriks massa sesuai dengan metode *finite element* dan ragam pada ruang.

Pada penelitian ini digunakan metode Eigenvector pada software ETABS sebagai dasar *modal analysis*.

**b.** *Respons Spectrum Analysis*

Analisis respons spektrum mencari kemungkinan respons terbesar dari persamaan persamaan *dynamic equilibrium*. Percepatan dasar gempa diberikan dari kurva respons spektra (yang didefinisikan pada ETABS). Percepatan yang didefinisikan pada program ini merupakan percepatan pada 3 arah sumbu utama, namun hanya satu nilai positif yang diberikan untuk setiap nilai respons. Nilai respons ini termasuk simpangan, gaya, dan tegangan. (Sumber: CSI Analysis Reference Manual, Computers & Structures, Inc).

## DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir

## Variasi Jumlah Lantai Tiap Bentang

Ketidakteraturan yang akan disimulasikan pada model-model struktur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Bentang	A1	A2	A3	A4	A5
	Jumlah Lantai				
1	10	10	10	10	10
2	10	8	8	8	8
3	10	8	6	6	6
4	10	8	6	4	4
5	10	8	6	4	2
Bentang	B1	B2	B3	B4	C1
	Jumlah Lantai				
1	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10
3	8	6	4	2	10
4	8	6	4	2	10
5	8	6	4	2	9
Bentang	C2	C3	C4	D1	D2
	Jumlah Lantai				
1	10	10	10	7	5
2	10	10	6	7	5
3	10	7	6	10	10
4	8	7	6	9	7
5	8	7	6	9	7

Tabel 1 Daftar variasi jumlah lantai

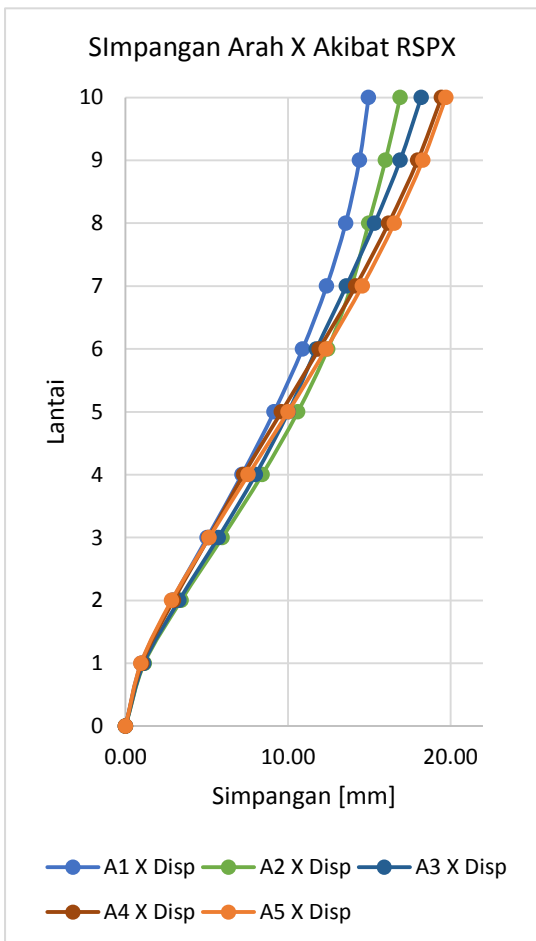
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Simpangan Model A1-A5

Lantai	RSP X			
	A1		A2	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	15.0	4.5	16.9	5.6
9	14.4	4.3	16.0	5.4
8	13.6	4.1	15.0	5.1
7	12.4	3.7	13.9	4.7
6	10.9	3.3	12.4	4.2
5	9.1	2.8	10.6	3.6
4	7.2	2.2	8.4	2.8
3	5.0	1.5	6.0	2.0
2	2.9	0.9	3.4	1.1
1	1.0	0.3	1.2	0.4
Base	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 2 Simpangan akibat RSPX model A1-A5

Lantai	RSP X					
	A3		A4		A5	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	18.2	5.7	19.4	5.9	19.7	6.0
9	16.9	5.5	18.0	5.7	18.3	5.7
8	15.3	5.2	16.2	5.3	16.5	5.4
7	13.6	4.7	14.2	4.8	14.6	4.9
6	11.7	4.2	11.9	4.2	12.3	4.3
5	10.0	3.5	9.6	3.5	10.0	3.6
4	8.0	2.8	7.3	2.8	7.6	2.8
3	5.7	2.0	5.1	1.9	5.1	2.0
2	3.3	1.1	3.0	1.1	2.8	1.1
1	1.1	0.4	1.0	0.4	1.0	0.4
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 2 Simpangan akibat RSPX model A1-A5 (lanjutan)



Gambar 2 Grafik Simpangan akibat RSPX model A1-A5

Lantai	EQX			
	A1		A2	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	20.7	7.1	23.5	8.5
9	19.9	6.9	21.6	8.1
8	18.6	6.4	19.5	7.5
7	16.9	5.8	17.8	6.9
6	14.7	5.1	15.6	6.0
5	12.2	4.2	13.0	5.0
4	9.4	3.3	10.1	3.9
3	6.5	2.2	7.0	2.7
2	3.7	1.3	4.0	1.5
1	1.2	0.4	1.3	0.5
Base	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 3 Tabel Simpangan akibat EQX model A1-A5

Lantai	EQX					
	A3		A4		A5	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	26.5	9.4	28.4	9.7	28.3	9.4
9	23.9	8.9	25.7	9.2	25.8	8.9
8	20.9	8.2	22.6	8.5	22.7	8.3
7	17.9	7.4	19.4	7.6	19.6	7.4
6	14.9	6.4	15.9	6.5	16.2	6.4
5	12.4	5.3	12.5	5.3	12.9	5.2
4	9.7	4.1	9.2	4.1	9.5	4.0
3	6.7	2.8	6.3	2.8	6.3	2.7
2	3.8	1.6	3.6	1.6	3.4	1.5
1	1.3	0.5	1.2	0.5	1.1	0.5
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 3 Tabel Simpangan akibat EQX model A1-A5 (lanjutan)

Simpangan maksimum terjadi pada model A5 yang merupakan pengembangan terekstrim dari model A2. Model A2-A5 (model A1 struktur beraturan) dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen karena simpangan yang diberikan metode ini lebih besar daripada hasil metode spektrum respons.

### Simpangan Model A1-B4

Lantai	RSP X			
	A1		B1	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	15.0	4.5	17.1	5.9
9	14.4	4.3	16.3	5.7
8	13.6	4.1	15.3	5.4
7	12.4	3.7	14.2	4.9
6	10.9	3.3	12.6	4.4
5	9.1	2.8	10.7	3.7
4	7.2	2.2	8.5	2.9
3	5.0	1.5	6.0	2.0
2	2.9	0.9	3.4	1.2
1	1.0	0.3	1.2	0.4
Base	0.0	0.0	0.0	0.0

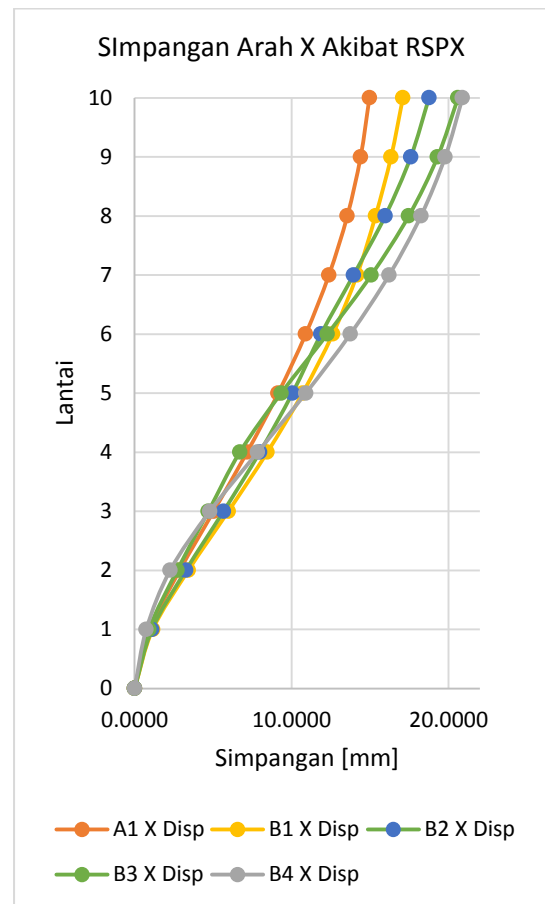
Tabel 4 Simpangan akibat RSPX model A1-B4

Lantai	RSP X					
	B2		B3		B4	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	18.8	6.0	20.6	5.9	20.9	5.6
9	17.6	5.7	19.3	5.7	19.8	5.3
8	16.0	5.4	17.5	5.3	18.2	5.0
7	13.9	4.9	15.1	4.8	16.2	4.5
6	11.9	4.3	12.3	4.1	13.7	4.0
5	10.1	3.6	9.3	3.4	10.9	3.3
4	8.0	2.8	6.7	2.6	7.8	2.5
3	5.7	2.0	4.7	1.8	4.8	1.7
2	3.3	1.1	2.7	1.0	2.3	0.9
1	1.1	0.4	0.9	0.4	0.7	0.3
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 4 Simpangan akibat RSPX model A1-B4 (lanjutan)

Lantai	EQX			
	A1		B1	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	20.7	7.1	23.3	8.8
9	19.9	6.9	21.8	8.4
8	18.6	6.4	20.0	7.8
7	16.9	5.8	18.1	7.0
6	14.7	5.1	15.8	6.1
5	12.2	4.2	13.1	5.1
4	9.4	3.3	10.1	3.9
3	6.5	2.2	7.0	2.7
2	3.7	1.3	4.0	1.5
1	1.2	0.4	1.3	0.5
Base	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 5 Tabel Simpangan akibat EQX model A1-B4 (lanjutan)



Gambar 3 Grafik Simpangan akibat RSPX model A1-B4

Lantai	EQX					
	B2		B3		B4	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	26.5	9.6	30.3	9.5	31.0	8.7
9	24.5	9.1	28.2	9.1	29.2	8.3
8	21.7	8.4	25.2	8.4	26.6	7.7
7	18.4	7.4	21.5	7.4	23.3	6.9
6	15.1	6.4	17.2	6.3	19.5	5.9
5	12.4	5.3	12.7	5.0	15.2	4.8
4	9.6	4.1	8.7	3.8	10.7	3.6
3	6.7	2.8	6.0	2.6	6.4	2.4
2	3.8	1.6	3.3	1.5	2.9	1.3
1	1.3	0.5	1.1	0.5	0.9	0.4
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 5 Tabel Simpangan akibat EQX model A1-B4 (lanjutan)

Simpangan maksimum terjadi pada model B4 yang merupakan pengembangan terekstrim dari model B1. Model B1-B4 (model A1 struktur beraturan) dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen karena simpangan yang diberikan metode ini lebih besar daripada hasil metode spektrum respons.

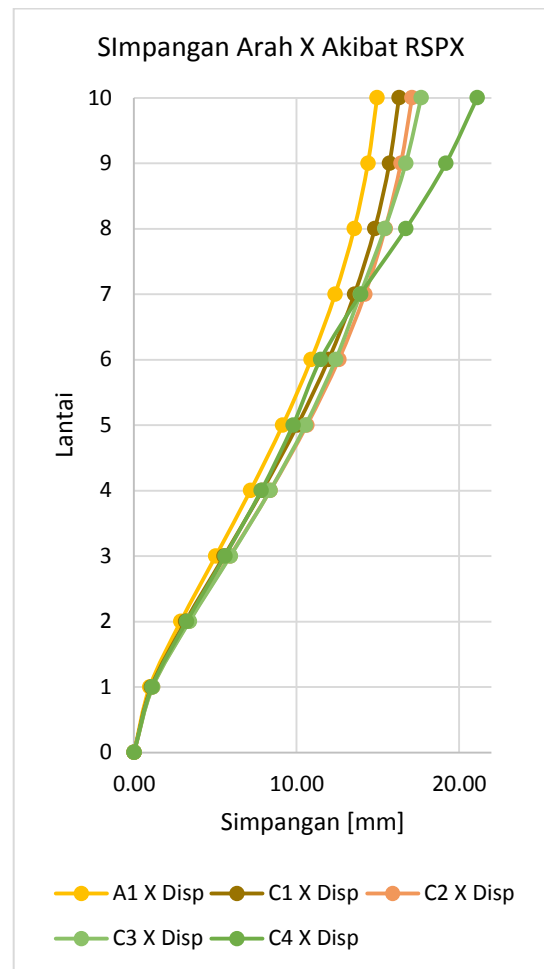
**Simpangan Model A1-C4**

Lantai	RSP X			
	A1		C1	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	15.0	4.5	16.3	5.2
9	14.4	4.3	15.7	5.0
8	13.6	4.1	14.8	4.7
7	12.4	3.7	13.6	4.3
6	10.9	3.3	12.0	3.8
5	9.1	2.8	10.1	3.2
4	7.2	2.2	7.9	2.5
3	5.0	1.5	5.5	1.7
2	2.9	0.9	3.2	1.0
1	1.0	0.3	1.1	0.3
Base	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 6 Simpangan akibat RSPX model A1-C4

Lantai	RSP X					
	C2		C3		C4	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	17.1	5.9	17.7	6.1	21.1	5.7
9	16.4	5.7	16.7	5.8	19.2	5.5
8	15.5	5.4	15.4	5.5	16.7	5.1
7	14.2	4.9	13.9	5.0	13.9	4.6
6	12.6	4.3	12.4	4.4	11.5	4.0
5	10.6	3.7	10.6	3.7	9.8	3.4
4	8.4	2.9	8.4	2.9	7.8	2.7
3	5.9	2.0	5.9	2.1	5.6	1.9
2	3.4	1.2	3.4	1.2	3.2	1.1
1	1.1	0.4	1.2	0.4	1.1	0.4
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 6 Simpangan akibat RSPX model A1-C4 (lanjutan)



Gambar 4 Grafik Simpangan akibat RSPX model A1-C4

Lantai	EQX			
	A1		C1	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	20.7	7.1	20.7	8.8
9	19.9	6.9	19.9	8.4
8	18.6	6.4	18.6	7.8
7	16.9	5.8	16.9	7.0
6	14.7	5.1	14.7	6.1
5	12.2	4.2	12.2	5.1
4	9.4	3.3	9.4	3.9
3	6.5	2.2	6.5	2.7
2	3.7	1.3	3.7	1.5
1	1.2	0.4	1.2	0.5
Base	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 7 Tabel Simpangan akibat EQX model A1-C4

Lantai	EQX					
	C2		C3		C4	
	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	9.4	23.3	8.8	9.4	23.3	8.8
9	8.9	21.8	8.4	8.9	21.8	8.4
8	8.3	20.0	7.8	8.3	20.0	7.8
7	7.4	18.1	7.0	7.4	18.1	7.0
6	6.4	15.8	6.1	6.4	15.8	6.1
5	5.2	13.1	5.1	5.2	13.1	5.1
4	4.0	10.1	3.9	4.0	10.1	3.9
3	2.7	7.0	2.7	2.7	7.0	2.7
2	1.5	4.0	1.5	1.5	4.0	1.5
1	0.5	1.3	0.5	0.5	1.3	0.5
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

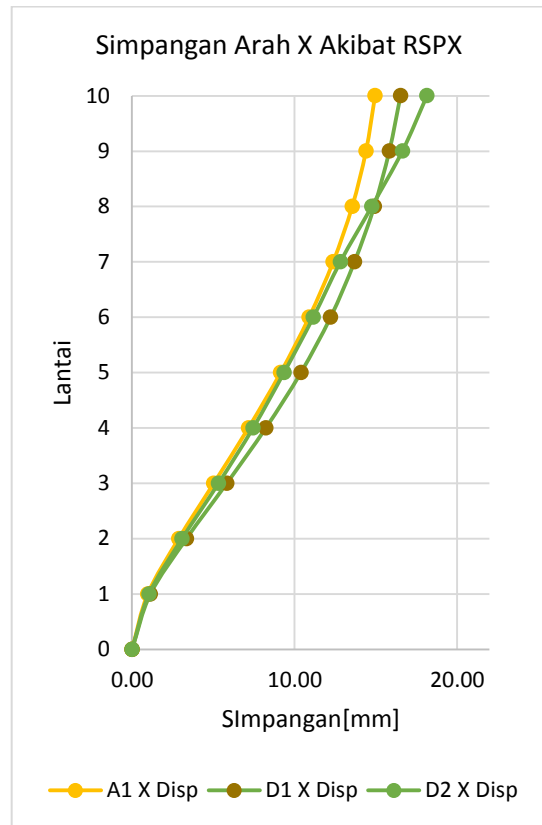
Tabel 7 Tabel Simpangan akibat EQX model A1-C4 (lanjutan)

Simpangan maksimum terjadi pada model C4 yang merupakan pengembangan terekstrim dari model C1. Model C1-C4 (model A1 struktur beraturan) dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen karena simpangan yang diberikan metode ini lebih besar daripada hasil metode spektrum respons.

**Simpangan Model A1-D2**

Lantai	RSP X					
	A1		D1		D2	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	15.0	4.5	16.5	4.5	18.2	4.7
9	14.4	4.3	15.8	5.4	16.6	4.4
8	13.6	4.1	14.9	5.2	14.8	4.1
7	12.4	3.7	13.7	4.8	12.8	4.2
6	10.9	3.3	12.2	4.3	11.2	3.8
5	9.1	2.8	10.4	3.6	9.4	3.2
4	7.2	2.2	8.2	2.8	7.5	2.6
3	5.0	1.5	5.8	2.0	5.3	1.8
2	2.9	0.9	3.3	1.2	3.1	1.1
1	1.0	0.3	1.1	0.4	1.0	0.4
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 8 Simpangan akibat RSPX model A1-D2



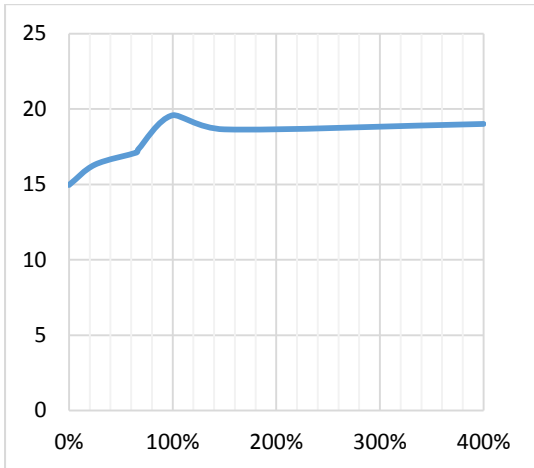
Gambar 5 Grafik Simpangan akibat RSPX model A1-D2

Lantai	EQX					
	A1		D1		D2	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	20.7	7.1	21.7	6.4	28.8	7.8
9	19.9	6.9	20.3	6.1	25.8	7.3
8	18.6	6.4	18.7	5.6	22.0	6.5
7	16.9	5.8	16.8	5.3	18.1	5.5
6	14.7	5.1	14.6	4.6	15.0	4.5
5	12.2	4.2	12.2	3.9	11.9	3.9
4	9.4	3.3	9.4	3.0	9.2	3.0
3	6.5	2.2	6.5	2.1	6.4	2.1
2	3.7	1.3	3.7	1.2	3.6	1.2
1	1.2	0.4	1.2	0.4	1.2	0.4
Base	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

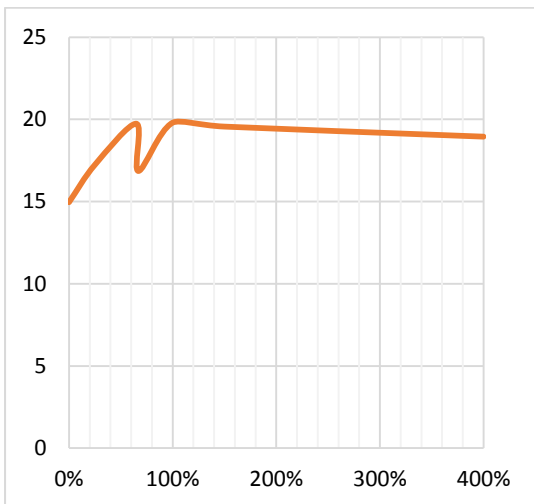
Tabel 9 Tabel Simpangan akibat EQX model A1-D2

Simpangan maksimum terjadi pada model D2 yang merupakan pengembangan terekstrim dari model D1. Model D1-D2 (model A1 struktur beraturan) dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen karena simpangan yang diberikan metode ini lebih besar daripada hasil metode spektrum respons.

### Ketidakberaturan Geometri Vertikal



Gambar 6 Grafik simpangan arah X akibat ketidakberaturan geometri vertikal

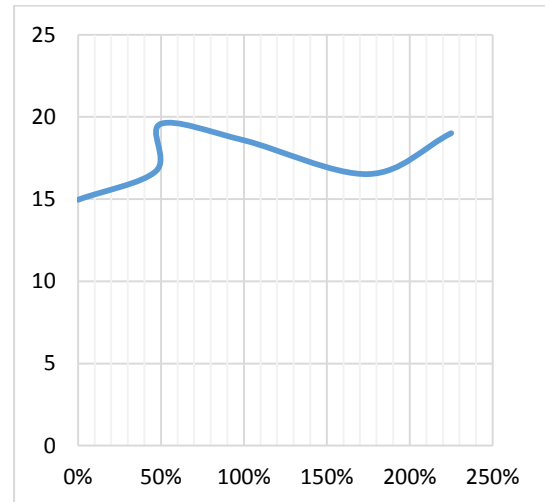


Gambar 7 Grafik simpangan arah Y akibat ketidakberaturan geometri vertikal

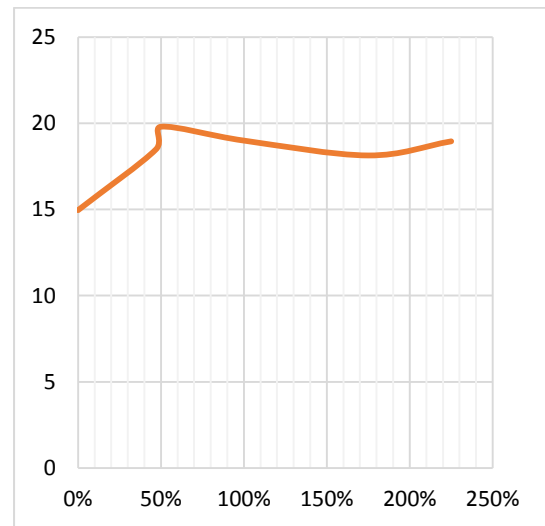
Terlihat dari grafik diatas simpangan arah X akibat ketidakberaturan geometri vertikal dari variasi 0%-100% terjadi peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan simpangan arah X akibat ketidakberaturan geometri vertikal lebih dari 100%, dimana terjadi penurunan simpangan maksimum arah X dan kemudian simpangan maksimum arah itu meningkat kembali, tetapi tidak mencapai simpangan arah X akibat ketidakberaturan geometri vertikal sebesar 100%.

Simpangan pada arah Y akibat ketidakberaturan geometri vertikal mengakibatkan fluktuasi simpangan pada ketidakberaturan 50%-100%. Ketidakberaturan lebih dari 100% mengakibatkan penurunan simpangan arah Y secara linear.

### Ketidakberaturan Geometri Massa



Gambar 8 Grafik simpangan arah X akibat ketidakberaturan massa



Gambar 9 Grafik simpangan arah Y akibat ketidakberaturan massa

Variasi ketidakberaturan massa mengakibatkan simpangan arah X yang fluktuatif seiring bertambahnya persentase ketidakberaturan, dimana puncak simpangan terjadi pada variasi 50%-60% ketidakberaturan massa.

Pada simpangan arah Y, ketidakberaturan massa juga memberikan hasil yang fluktuatif mirip dengan simpangan pada arah X. Puncak simpangan terjadi pada ketidakberaturan massa dengan variasi 45%-55%.



## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Simpangan terbesar menurut analisis respons spektrum terdapat pada model C4
2. Semua model dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen, namun tidak disarankan karena hasil desain menggunakan metode ini akan boros.
3. Ketidakberaturan geometri vertikal mengakibatkan struktur mengalami simpangan yang lebih besar dibanding struktur beraturan, dengan puncak simpangan arah X terjadi pada ketidakberaturan geometri 100%, sedangkan puncak simpangan arah Y terjadi pada 65% dan 100% ketidakberaturan geometri vertikal.
4. Ketidakberaturan Massa mengakibatkan struktur mengalami simpangan yang lebih besar dibanding

dengan struktur beraturan, puncak simpangan arah X akibat ketidakberaturan ini terjadi pada *range* 50%-60%, sedangkan puncak simpangan arah Y terjadi pada *range* 45%-55%.

### Saran

1. Penelitian analisis dinamis bangunan bertingkat dapat dilakukan untuk bangunan bertingkat dengan ketinggian lebih dari 40 m.
2. Penelitian dapat dilakukan untuk membandingkan peraturan SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2012 untuk bangunan tidak beraturan.
3. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan *shear wall* untuk mengetahui pengaruhnya pada bangunan tidak beraturan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Clough R., Penzien J. (2003), "Dynamics of Structures", Computers & Structures, Inc., Berkeley, California.
- Chopra A.K, (1995), "Dynamics of Structures". New Jersey: Prentice Hall
- Paz, M., Leigh, W. (2004). "Structural Dynamics: Theory and Computation". Kluwer Academic Publisher
- SNI 1726-2002 (2002), "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung", Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2012), "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012", Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012), "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013", Jakarta.
- Computers & Structures, Inc. (2015), "CSI Analysis Reference Manual", Berkeley, California