

Pengaruh Variasi Konfigurasi Portal Gedung Tiga Dimensi terhadap Performa Struktur Saat Pengujian Gaya Gempa Dua Arah

(The Effect of Variations on Configuration of Three Dimensional Building Frame to Structural Performance in Two-Ways Earthquake)

Ahmad Badiuzzamani¹, Desy Setyowulan², dan Devi Nurainah²

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono No. 167 Malang, Kode Pos: 65145 -Telp (0341) 567886

Email: imazzu@yahoo.com

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu negara yang terletak dijalur rawan gempa, maka untuk setiap pembangunan fasilitas di Indonesia harus direncanakan dengan memperhitungkan gaya gempa. Permasalahan keterbatasan lahan untuk tempat tinggal dapat diatasi dengan pembangunan gedung bertingkat tinggi, tetapi karena luas lahan yang terbatas akan membuat desain bangunan harus menyesuaikan kondisi lahan yang ada.

Perencanaan suatu struktur bangunan tahan gempa biasa dilakukan dengan analisis secara numerik, sedangkan untuk menguji hasil analisis, maka dilakukan pengujian dan pembuatan model struktur di laboratorium dengan skala tertentu. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana performa dari konfigurasi struktur persegi, persegi panjang, dan segi delapan saat dilakukan simulasi gaya gempa dengan alat *shaking table*.

Adapun dalam studi ini menunjukkan bahwa nilai *displacement* dari konfigurasi struktur persegi adalah yang terkecil, kemudian persegi panjang dan yang terakhir adalah segi delapan. *Mode shape* dari konfigurasi struktur persegi lebih stabil daripada persegi panjang dan segi delapan yang lebih cenderung menimbulkan rotasi atau puntir. Pada studi ini didapatkan data kerusakan model struktur adalah runtuh pada lantai pertama, dan model struktur yang dapat bertahan paling lama pada simulasi gempa di laboratorium adalah model dengan konfigurasi struktur segi delapan.

Kata Kunci : *Displacement, gempa dua arah, kerusakan struktur, mode shape, portal gedung*

ABSTRACT

Indonesia is one of country that located in dangerous Earth-quake way, because of that reason every facilities building in Indonesia have to planned by calculate the earth-quake force. The limited available land for housing place problem can be solved by build the high-building, but because of this limited land make the design of the building should be adjust the available land condition.

The earth-quake resistant building structure plan can using the analysis numeric, the analysis result test need to be tested in laboratory by make a model structure test with certain scale. Beacuse of that reason, this study aiming to identificate the perform of square, rectangle and 8 shaped structural configuration when it went to earth-quake simulation by shaking table.

In this study show that the displacement value from the square structural configuration is the smallest, and then the rectagle and the last is 8 shaped structural configuration. The mode shape of the square structural configuration more steady than the rectangle and 8 shaped structural configuration which causing the rotation or twisted. In this study the damaged structural model data that obtained are the collapsed of first floor, and the longest structural model that can defence in laboratory earth quake simulation is the 8 shaped structural configuration model.

Keywords : Displacement, two-ways earthquake, structure damage, mode shape, building frame

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan kebutuhan untuk tempat tinggal semakin meningkat. Manusia mulai beralih mendirikan gedung bertingkat tinggi yang memiliki kapasitas yang lebih besar sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan sebagai tempat tinggal.

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di jalur rawan gempa, oleh karena itu pembangunan fasilitas seperti gedung bertingkat harus memperhitungkan gaya gempa. Performa seismik suatu bangunan sangat dipengaruhi oleh pemilihan bentuk konfigurasi struktur bangunan.

Perencanaan suatu struktur bangunan tahan gempa biasa dilakukan dengan cara analisis secara numerik, sedangkan untuk menguji apakah analisis yang dilakukan sudah sesuai, maka dilakukan pembuatan model struktur di laboratorium dengan skala tertentu, selanjutnya menguji model struktur memakai alat *shaking table* untuk simulasi menyerupai keadaan gaya gempa sebenarnya.

Selanjutnya akan dicoba menganalisa perbedaan bentuk konfigurasi struktur bangunan yang paling efektif dan efisien terhadap gaya gempa, serta untuk mengetahui perbedaan antara analisis dan pembuatan modelisasi struktur bangunan.

Bangunan merupakan wujud tiga dimensi dari berbagai elemen struktur bangunan yang saling berhubungan. Fungsi utama dari sistem struktur adalah untuk memikul beban dan gaya yang bekerja pada struktur bangunan secara aman, efektif, dan menyalurkan beban yang telah diterima menuju tanah melalui pondasi. (Juwana, 2005)

Perencanaan struktur tahan gempa berbasis kinerja diawali dengan mendesain model rencana bangunan, kemudian disimulasikan terhadap berbagai kejadian gempa. Setiap simulasi pasti memberikan tingkat kerusakan (*Level Of Damage*) terhadap struktur yang berbeda. Kerusakan yang terjadi ketika

simulasi beban gempa akan digunakan bagaimana mempersiapkan jika terjadi gempa bumi terhadap struktur yang telah direncanakan. (Dewobroto, 2005)

Mengatasi keruntuhan struktur bangunan dimanfaatkan semaksimal mungkin dengan melalui pendekatan yang mengandalkan kekuatan, kekakuan, dan daktilitas struktur. (Paulay, 1992)

Sendi plastis pada sebuah struktur dapat menyebarkan energi, sehingga energi yang tersimpan selamanya terjadinya gempa dapat diminimalisasi. Masalah utamanya adalah bahwa sendi plastis harus direncanakan, agar bangunan boleh mengalami kerusakan tetapi tidak sampai runtuh. (Pawirodikromo, 2012)

Beam sway mechanism adalah konsep keruntuhan struktur bangunan yang diharapkan oleh banyak orang, konsep ini terjadi jika struktur bangunan didesain kolom kuat balok lemah atau yang lebih dikenal dengan *Strong Column and Weak Beam* (SCWB).

Konfigurasi bangunan selalu yang berkaitan dengan bentuk, ukuran, dan penempatan struktur utama bangunan, serta penempatan bagian pengisi dan non-struktural. Struktur bangunan tinggi selalu berkaitan dengan gaya gempa, maka konfigurasi dan material yang digunakan sangat berpengaruh. Konfigurasi bangunan juga berkaitan dengan distribusi kekakuan dan massa. (Pawirodikromo, 2012).

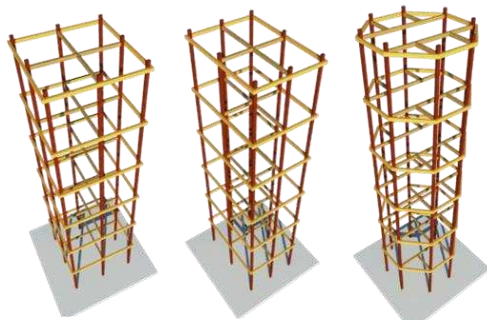
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa apa perbedaan bentuk konfigurasi struktur bangunan yang paling efektif dan efisien terhadap gaya gempa, selain itu juga untuk mengetahui perbedaan antara analisis dan pembuatan modelisasi struktur bangunan. Data yang dibandingkan adalah *displacement*, *mode shape*, dan jenis kerusakan pada struktur

2. METODOLOGI PENELITIAN

Model struktur bangunan adalah rangka terbuka atau *open frame* yang menjadi obyek penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Model Struktur

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Struktur	Struktur Tahan Gempa
Luas Lantai :	
- Segi-8	17,6 cm x 17,6 cm
- Persegi	16 cm x 16 cm
- Persegi panjang	13,5 cm x 19 cm
Jumlah Lantai	6 lantai
Tinggi Model	10 cm untuk tiap lantai
Material	MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>) (0.5 x 0.6) cm ²
Tipe Konfigurasi	Konfigurasi bangunan bertipe Persegi, Persegi Panjang, dan Segi-8
Sambungan	<i>Glue stick</i>
Profil Kolom	Balok Persegi
Profil Balok	Balok Persegi
Tumpuan	Jepit
Pembebanan	2 <i>mass block</i> (635 gr/mass block)/ lantai



(a) Persegi (b) Persegi Panjang (c) Segi Delapan

Gambar 1. Model Struktur

1. Variabel Bebas

Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah konfigurasi bangunan karena model yang di uji adalah menggunakan model dengan bentuk konfigurasi persegi, persegi panjang, dan segi delapan.

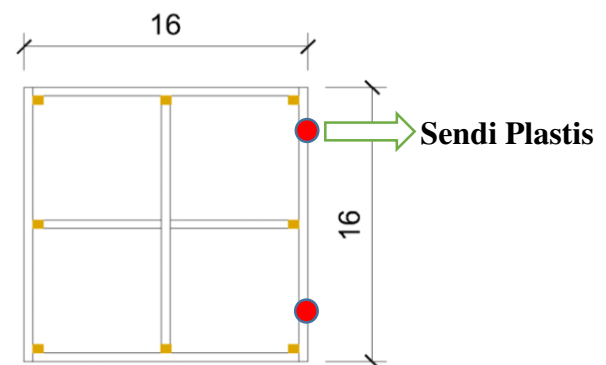
2. Variabel Terikat

Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah adalah *Displacement* / simpangan, kerusakan dari struktur bangunan, dan perilaku *mode shape* dari struktur.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian tentang konfigurasi adalah berat dari struktur, luas dari bangunan struktur,

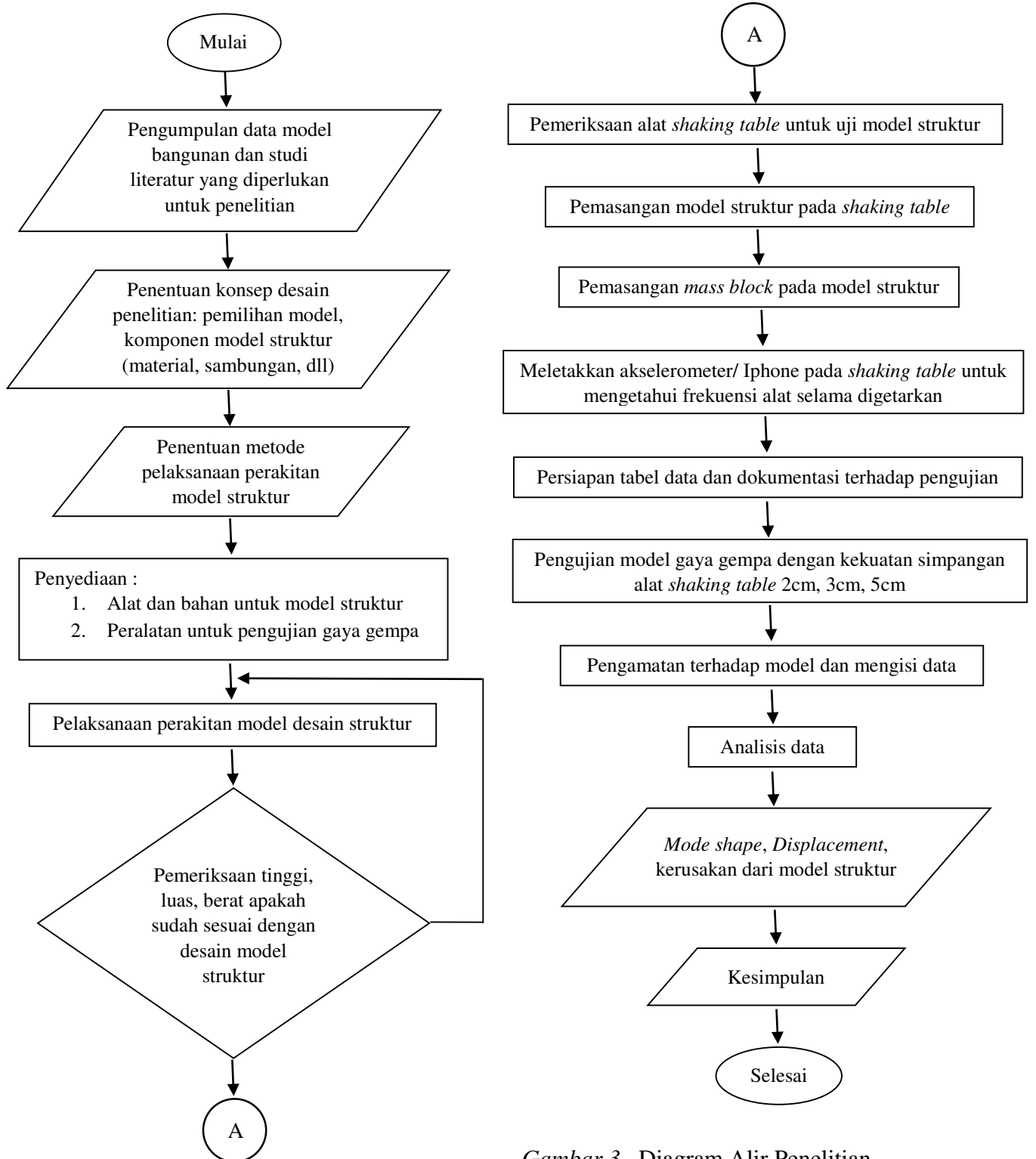
beban *mass block*, dan kekakuan dari struktur.



Gambar 2. Perencanaan Letak Sendi Plastik

Pengujian direncanakan sebanyak enam kali, yaitu enam model struktur untuk setiap konfigurasi dengan tiga benda uji untuk arah X dan tiga benda uji untuk arah Y, sehingga total benda uji sebanyak delapan belas model struktur.

Pada penelitian ini menggunakan dua kamera yang terletak pada sisi samping dan depan, penggunaan kamera adalah agar data yang didapat lebih objektif.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perbandingan *Mode Shape*

Pengambilan data *mode shape* pada pengujian secara eksperimen berbeda dengan hasil analisis, untuk hasil dari permodelan SAP 2000 dan analisis didapatkan data berupa tiga dimensi. Pengujian di laboratorium digunakan pengujian secara dua dimensi (satu arah)

secara bergantian untuk arah X dan Y. Dalam pengambilan data *mode shape* menggunakan analisa dua dimensi untuk mempermudah pendataan. *Mode shape* dari model struktur jika dilihat dari dua dimensi atau pengujian satu arah pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Rekapitulasi *Mode Shape* Model Struktur (Pengujian ke-3 Arah X)

Pengujian (Simpangan) Ke-	MODEL STRUKTUR		
	Persegi	Persegi Panjang	Segi Delapan
2 cm	mode 1	mode 1	mode 5
3 cm	mode 5	mode 5	mode 5
5 cm (ke-1)	mode 6	mode 2	mode 2
5 cm (ke-2)	mode 6	mode 3	mode 6
5 cm (ke-3)	mode 7		mode 6
5 cm (ke-4)			mode 2
5 cm (ke-5)			mode 2
5 cm (ke-6)			mode 2
5 cm (ke-7)			mode 7
5 cm (ke-8)			mode 7
5 cm (ke-9)			mode 7

Tabel 3. Rekapitulasi *Mode Shape* Model Struktur (Pengujian ke-3 Arah Y)

Pengujian (Simpangan) Ke-	MODEL STRUKTUR		
	Persegi	Persegi Panjang	Segi Delapan
2 cm	mode 1	mode 1	mode 1
3 cm	mode 1	mode 1	mode 1
5 cm (ke-1)	mode 3	mode 3	mode 6
5 cm (ke-2)			mode 6
5 cm (ke-3)			mode 7

Keterangan :

mode 1 = Satu Arah Perpindahan

mode 2 = Dua Arah Perpindahan
(Bagian Bawah)

mode 3 = Dua Arah Perpindahan
(Bagian Tengah)

mode 4 = Tiga Arah Perpindahan

mode 5 = Mode 1 dengan Puntir

mode 6 = Mode 2 dengan Puntir

mode 7 = Mode 3 dengan Puntir

mode 8 = Mode 4 dengan Puntir

Dapat dilihat pada tabel 2 dan 3, pada benda uji persegi panjang kurang menimbulkan puntir. Pada model struktur dengan konfigurasi segi delapan saat simpangan ke lima ada yang mengalami

puntir dan ada yang tidak, tetapi dalam pengujian model struktur secara visual dilihat rata-rata bangunan menimbulkan puntir saat pengujian 5 cm, untuk pengujian 3 cm bangunan memiliki

perilaku yang sedikit berbeda, tetapi ketika video diubah menjadi bentuk foto maka hasil data dapat dilihat secara lebih detail.

Meskipun model struktur dengan konfigurasi segi delapan saat pengujian mengalami puntir, tetapi masih dapat bertahan lebih lama daripada model dengan konfigurasi persegi dan persegi panjang. Model struktur segi delapan lebih bisa menyalurkan momen secara merata sehingga meskipun terjadi puntir tetapi lebih bisa bertahan lama terhadap pengujian gempa, karena momen yang terjadi masih lebih kecil daripada momen kapasitas, maka model struktur masih bisa bertahan walaupun model struktur segi delapan termasuk simetris tetapi irreguler.

Data di atas adalah data dari pengujian ke-3, yaitu pada pengujian arah X dan Y. Dapat dilihat pada tabel diatas

bahwa untuk pengujian model struktur arah X dan Y mengalami perbedaan, yaitu untuk arah X model struktur dapat bertahan lebih lama daripada untuk pengujian arah Y. Pada pengujian arah X model struktur mengalami puntir walaupun pada bentuk model struktur persegi, tetapi untuk pengujian ke arah Y model struktur lebih memiliki pergerakan yang searah dan hanya model segi delapan yang mengalami puntir. Pada pengujian arah X model struktur lebih banyak mengalami puntir kemungkinan karena kondisi alat yang kurang stabil, dan kolom pada model struktur berpenampang persegi panjang sehingga memiliki inersia yang berbeda antara arah X dan Arah Y. Model persegi panjang pada pengujian arah X adalah dengan kolom arah kuat dan sumbu bangunan arah lemah begitu sebaliknya untuk arah Y.

B. Perbandingan *Displacement*

Tabel 4. Rekapitulasi *Displacement* Model Struktur (Pengujian ke-3 Arah X)

Pengujian (Simpangan) Ke-	MODEL STRUKTUR		
	Persegi (cm)	Persegi Panjang (cm)	Segi Delapan (cm)
2 cm	3	5	5
3 cm	2,5	5,5	5
5 cm (ke-1)	5	8	7,5
5 cm (ke-2)	5	11	7,5
5 cm (ke-3)	3		7,5
5 cm (ke-4)			7,5
5 cm (ke-5)			7,5
5 cm (ke-6)			7
5 cm (ke-7)			7
5 cm (ke-8)			7
5 cm (ke-9)			5

Tabel 5. Rekapitulasi *Displacement* Model Struktur (Pengujian ke-3 Arah Y)

Pengujian (Simpangan) Ke-	MODEL STRUKTUR		
	Persegi (cm)	Persegi Panjang (cm)	Segi Delapan (cm)
2 cm	3,5	5	5
3 cm	3,5	5	5
5 cm (ke-1)	10	11	8,5
5 cm (ke-2)			10
5 cm (ke-3)			10,5

Data di atas adalah data dari pengujian ke-3, yaitu pada pengujian model struktur arah X dan Y, dari data pengujian ke-3 arah X dapat diketahui bahwa *displacement* terbesar terjadi pada model persegi panjang dengan *displacement* sebesar 11 cm, segi delapan dengan *displacement* sebesar 7,5 cm, dan persegi dengan *displacement* sebesar 5 cm.

Pada data nilai *displacement* dapat dilihat bahwa setelah simpangan tinggi kemudian berubah menjadi lebih kecil, hal tersebut dapat diakibatkan bangunan sudah lebih condong ke arah kiri sehingga untuk arah simpangan ke kanan yang terjadi lebih kecil, atau juga bisa

dikarenakan kondisi alat yang mengalami getaran kurang stabil sehingga lebih cepat terhadap terjadinya kerusakan di model struktur. Pada pengujian ini model struktur diuji dengan simpangan 2 cm, 3 cm, dan 5 cm jika saat pengujian awal 5 cm model struktur tidak runtuh maka akan dilakukan perulangan simpangan 5 cm sampai model struktur runtuh.

Pada pengujian ke-3 untuk arah X dan Y memiliki hasil yang sama yaitu untuk model konfigurasi dengan bentuk persegi memiliki nilai *displacement* yang terkecil, kemudian segi delapan setelah itu persegi panjang. Data *displacement* terbesar pada seluruh model struktur dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Rekapitulasi *Displacement* Model Struktur

Pengujian Ke-	MODEL		
	Persegi (cm)	Persegi Panjang (cm)	Segi Delapan (cm)
Arah X			
1	11	8,5	12,5
2	8	8,5	8
3	5	11	7,5
Rata-Rata	8,000	9,333	9,333
Arah Y			
4	9	7,5	10
5	6,5	9	8
6	10	11	10,5
Rata-Rata	8,500	9,167	9,500
Displacement	11,67	13,08	13,32

Tabel 6 menunjukkan data rekapitulasi *displacement* terbesar dari seluruh benda uji. Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa resultan (*displacement*) dari model persegi memiliki nilai terkecil, selanjutnya konfigurasi persegi panjang, dan segi delapan.

Dilihat dari nilai satu persatu dan setelah itu mengambil sebanyak dua nilai pada arah X dan dua data pada arah Y yang berdekatan, maka data urutan nilai

displacement pada arah X adalah benda uji dengan konfigurasi persegi, kemudian segi delapan, dan yang terakhir persegi panjang. Pada pengujian arah Y adalah benda uji dengan konfigurasi persegi panjang, Persegi, kemudian segi delapan. Banyak faktor yang bisa mengakibatkan hasil nilai dari *displacement* berbeda cukup tinggi, hal tersebut bisa dari alat uji dan juga bisa karena kondisi benda uji.

C. Perbandingan Kerusakan Elemen Struktur

Tabel 7. Rekapitulasi Kerusakan Model Struktur (Pengujian ke-3 Arah X)

Pengujian (Simpangan) Ke-	MODEL STRUKTUR		
	Persegi	Persegi Panjang	Segi Delapan
2 cm	Aman	Aman	Aman
3 cm	Aman	Aman	Aman
5 cm (ke-1)	Aman	Aman	Aman
5 cm (ke-2)	Aman	Balok (Lt. 5) Runtuh (Lt. 1)	Aman
5 cm (ke-3)	Runtuh (Lt. 1)		Aman
5 cm (ke-4)			Aman
5 cm (ke-5)			Aman
5 cm (ke-6)			Aman
5 cm (ke-7)			Aman
5 cm (ke-8)			Aman
5 cm (ke-9)			Balok (Lt. 5) Kolom (Lt. 3) Runtuh (Lt. 1)

Keterangan :

Lantai 7
Lantai 6
Lantai 5
Lantai 4
Lantai 3
Lantai 2
Lantai 1

Tabel 8. Rekapitulasi Kerusakan Model Struktur (Pengujian ke-3 Arah Y)

Pengujian (Simpangan) Ke-	MODEL STRUKTUR		
	Persegi	Persegi Panjang	Segi Delapan
2 cm	Aman	Aman	Aman
3 cm	Aman	Aman	Aman
5 cm (ke-1)	Runtuh Lt. 1	Runtuh Lt. 1	Aman
5 cm (ke-2)			Aman
5 cm (ke-3)			Kolom (Lt. 3) Runtuh (Lt. 1)

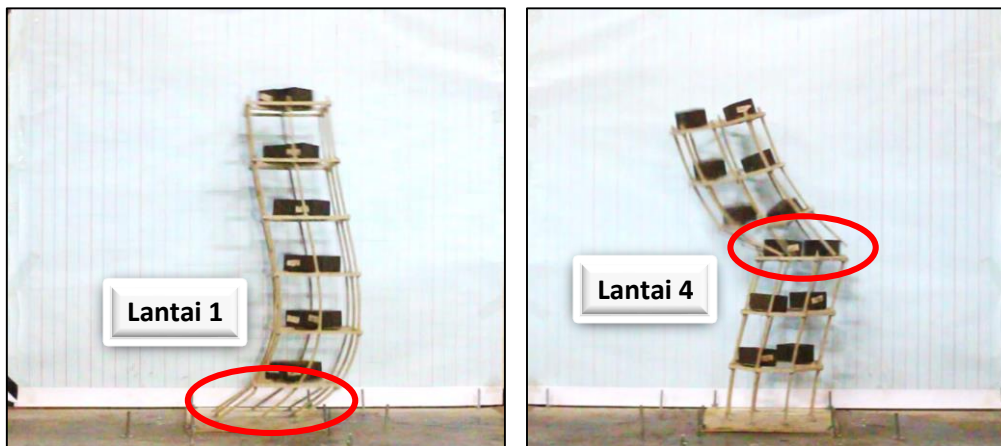
Data pada tabel 7 dan 8 adalah data dari pengujian ke-3, yaitu pada pengujian model struktur arah X dan Y, pada tabel 7 dan 8 dapat diketahui bahwa rata-rata keruntuhan terjadi pada kolom. Pada model struktur segi delapan perulangan simpangan 5 cm dilakukan sebanyak sembilan kali dan kerusakan pertama terjadi pada sambungan balok tengah lantai lima, kemudian kolom lantai tiga selanjutnya mengalami keruntuhan pada lantai satu. Pada model struktur dengan konfigurasi persegi dan persegi panjang juga mengalami keruntuhan pada lantai satu..

Pada pengujian ketiga model struktur arah X dan Y semua model struktur mengalami keruntuhan pada lantai pertama, hal ini dapat diakibatkan karena kekakuan pada lantai pertama terlalu lemah dan beban yang ditahan oleh lantai pertama lebih besar dibandingkan lantai yang lain.

Model dengan konfigurasi segi delapan adalah yang lebih kuat daripada konfigurasi persegi dan persegi panjang, hal ini ditunjukkan dengan banyaknya perulangan dan kerusakan pertama terjadi pada sambungan balok tengah. Data keruntuhan seluruh model struktur dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Kerusakan Model Struktur

Pengujian Ke	MODEL		
	Persegi	Persegi Panjang	Segi Delapan
Arah X			
1	-	Lantai 1	Lantai 4
2	Lantai 1	Lantai 4 + 1	Lantai 1
3	Lantai 1	Lantai 1	Lantai 1
Arah Y			
4	Lantai 1	Lantai 1	Lantai 4
5	Lantai 1	Lantai 1	Lantai 1
6	Lantai 1	Lantai 1	Lantai 1



Gambar 4. Keruntuhan pada Model Struktur

Tabel 9 menunjukkan data rekapitulasi keruntuhan dari seluruh model, kemudian pada gambar 4 adalah visualisasi untuk keruntuhan pada lantai satu dan empat. Pada tabel 9 dapat dilihat bahwa jika kebanyakan kerusakan yang menyebabkan runtuh adalah terjadi pada kolom terutama lantai satu, tetapi ada dua model yang runtuh pada kolom lantai

empat. Keruntuhan pada kolom disebabkan momen kapasitas dari kayu MDF lebih kecil daripada momen yang terjadi pada model uji, jika kolom terlalu kuat juga akan sulit untuk terjadinya keruntuhan pada model struktur karena keterbatasan alat uji untuk simpangan yang lebih tinggi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada delapan belas model struktur dengan pengujian arah x dan y didapatkan hasil *mode shape* yang dihasilkan konfigurasi persegi adalah searah, pada konfigurasi persegi panjang ada yang searah dan ada yang mengalami rotasi/puntir,

- dan pada konfigurasi segi delapan lebih cenderung mengalami rotasi/puntir, tetapi model struktur dengan konfigurasi segi delapan dapat bertahan lebih lama saat dilakukan simulasi beban gempa.
2. Model struktur dengan konfigurasi persegi memiliki nilai *displacement* paling kecil, tetapi model struktur lebih mudah mengalami keruntuhan bila dibandingkan dengan konfigurasi persegi panjang dan segi

delapan. Model struktur dengan konfigurasi persegi mengalami perpindahan sebesar 11,67 cm; selanjutnya untuk konfigurasi persegi panjang dengan nilai 13,08 cm; kemudian segi delapan sebesar 13,32 cm.

3. Dari hasil penelitian diperoleh rata-rata model struktur mengalami runtuh akibat kerusakan pada kolom lantai pertama, namun ada tiga model struktur yang mengalami runtuh karena terjadi kerusakan pada kolom lantai empat.

Dari hasil analisis dan eksperimen dapat disimpulkan bahwa model struktur dengan konfigurasi segi delapan adalah bangunan yang lebih tahan gempa. Pada model struktur dengan konfigurasi segi delapan memiliki berat dan nilai kekakuan paling tinggi, selain itu momen yang dihasilkan oleh model struktur dengan bentuk segi delapan lebih kecil dari bentuk persegi dan persegi panjang.

Pada konfigurasi struktur segi delapan jika dilihat grafik momen yang didapatkan dari hasil analisis memiliki nilai momen terbesar yang terletak pada lantai satu, kemudian setelah itu adalah pada lantai empat.

Pembangunan model struktur dengan konfigurasi persegi adalah yang paling mudah dilaksanakan, dan untuk faktor kenyamanan adalah yang paling baik karena memiliki nilai *displacement* terkecil dan *mode shape* searah. Pada model struktur dengan konfigurasi segi delapan dapat dipilih karena alasan arsitektural dan struktur yang lebih tahan terhadap gempa, tetapi model struktur dengan bentuk konfigurasi segi delapan lebih mudah menimbulkan rotasi dan memiliki *displacement* yang lebih besar sehingga kurang memiliki kenyamanan saat gempa berlangsung, maka harus dipikirkan bagaimana cara mengatasi rotasi/puntir dari model struktur dengan konfigurasi segi delapan baik menggunakan perkuatan atau metode yang lain.

B. Saran

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perencana struktur gedung, peneliti lain dan masyarakat, sebagai alternatif pemilihan konfigurasi struktur bangunan yang akan dibangun dengan membandingkan data hasil analisis dan eksperimen, metode perakitan, dan estetika dari konfigurasi struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewobroto, Wiryanto. (2005). *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover*. http://www.sipil-uph.tripod.com/wiryanto_di_soegijapranata.pdf. (diakses 31 juli 2016).
- Juwana, J. S. (2005). *Panduan Sistim Bangunan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Pawirodikromo, Widodo. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaani*. Edisi 1. Yogyakarta: Pustaka Pelaiar (Anggota IKAPI).
- Purwono, R., Irmawan, M., Subakti, A., Suprpto, K., Wimbadi, I.. (2010). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa sesuai SNI-1726 dan SNI-2487 terbaru*. Edisi 4. Surabaya: ITS Press.
- Wibowo, Ari. (2015). *Analisa Statik Ekuivalen*. Malang: 15 Desember. hlm. 7.
- Ghaffar, M.A., Agoes S.M.D., & Devi N., *Perencanaan Ulang Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan Metode Dinding Geser yang Mengacu Pada Sni – 1726 – 2012 Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.