

Respon Gempa Gedung Beton Bertulang 20 Tingkat dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser

Agus^{1*} dan Siti Maimunnah¹

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Padang-Indonesia

Email: mscagus@yahoo.co.id

Dikirim: 22 Mei 2021

Direvisi: 13 Juni 2021

Diterima: 10 Juli 2021

ABSTRAK

Tingginya kebutuhan akan tempat tinggal yang diiringi dengan berkurangnya persediaan lahan telah memicu munculnya bangunan bertingkat banyak. Namun, dibalik keunggulannya dalam hal efisiensi terhadap lahan, bangunan bertingkat banyak akan dihadapkan pada beban lateral yang cukup besar seperti beban gempa terutama jika dibangun di daerah rentan gempa. Pengaruh beban gempa terhadap struktur bangunan sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur bangunan seperti denah dan ketinggian bangunan. Semakin tinggi bangunan, maka akan mempengaruhi responnya terhadap gempa. Dalam upaya meningkatkan kekakuan lateral pada sebuah bangunan bertingkat, struktur dinding geser telah di design dan digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh dari beberapa perubahan tata letak dinding geser terhadap nilai simpangan horisontal yang terjadi akibat beban gempa. Terdapat 5 (lima) model yang akan dianalisis, 1 model struktur tanpa dinding geser dan 4 model struktur bangunan dengan variasi penempatan dinding geser, dianalisis secara 3D menggunakan program SAP 2000 V14, dengan pemodelan berupa bangunan 20 tingkat dengan tinggi bangunan 63 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari semua model telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2012, kecuali model 1 yaitu model tanpa dinding geser dimana simpangan antar lantai (*drift ratio*) tidak memenuhi persyaratan pada SNI 1726-2012 pasal 7.12.1. Struktur dengan dinding geser mengurangi *drift* dan *displacement* dibanding struktur tanpa dinding geser dan penempatan posisi dinding geser berpengaruh terhadap nilai *displacement* dan *drift*. Dari model struktur 2, 3, 4, dan 5 posisi penempatan dinding geser menunjukkan model 3 (dinding geser terletak pada bagian tengah sisi luar gedung) paling efektif dalam mengurangi *drift* dan *displasemen*.

Kata Kunci: struktur bangunan beton bertulang, dinding geser, *displasemen*, *drift*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, upaya-upaya pencegahan kegagalan struktur pada saat terjadi gempa banyak dilakukan terutama pada daerah yang mempunyai intensitas gempa cukup tinggi. Untuk daerah rentan gempa yang dekat dengan pantai (Hashim et al., 2013; Hashim et al., 2016; Fitri et al., 2017; Pratiwi dan Fitri, 2021), struktur bangunan di sekitar pantai telahpun di design dengan perencanaan yang khusus (Chen et al., 2019; Fitri et al., 2015; Fitri and Yao, 2019; Fitri et al., 2019). Sementara itu, untuk area yang jauh dari pantai, bangunan bertingkat akan lebih besar mendapat pengaruh terhadap gempa. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk pencegahan kegagalan struktur bertingkat adalah dengan cara membuat perencanaan struktur bertingkat tersebut dengan sematang mungkin. Secara umum, sistem struktur dalam suatu konstruksi terdiri dari sistem struktur penahan beban gravitasi dan sistem penahan beban lateral. Perencanaan gedung yang matang adalah perencanaan yang telah memperhitungkan beban gempa yang akan terjadi, sehingga gedung tetap akan mempertahankan kekuatannya saat gempa terjadi. Salah satu solusi supaya bangunan tahan terhadap gempa adalah dengan pemasangan dinding geser (shearwall). Penelitian Verma S.K. (2014) menyebutkan bahwa dengan penggabungan dinding geser, simpangan antar tingkat (*drift*) dan rata-rata perpindahan (*displacement*) sangat berkurang, dan lokasi dinding geser pada bagian dalam (*internal*) rangka adalah yang paling efektif. Pada penelitian lainnya, hasil observasi memperlihatkan bahwa konfigurasi dinding geser bentuk lurus, lebih baik karena menghasilkan perpindahan dan periode waktu (*time period*) minimum dibandingkan bentuk L (L-Shape) dan bentuk T (T-Shape). Dan semua bentuk konfigurasi dinding geser efektif mengurangi *displacement* struktur. (Anjali B U, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi tata letak dinding geser terhadap nilai simpangan horisontal yang terjadi akibat beban gempa. Selain itu, untuk mengetahui perbandingan analisa beberapa model struktur bangunan beton bertulang tanpa dan dengan dinding geser terhadap beban gempa, serta efektifitas penggunaan dinding geser.

2. STUDI LITERATUR

Karakteristik utama dan paling mendasar dari suatu struktur yang dapat dihubungkan dengan tingkat pelayanannya terhadap beban gempa adalah kekuatan struktur (*strength*) dan kekakuan struktur (*stiffness*). Banyak negara selalu menetapkan dan memperbarui standar seismic mereka. Di Indonesia, standar yang menetapkan kriteria perencanaan bangunan tahan gempa adalah SNI-03-1726-2012. Suatu struktur gedung/bangunan bertingkat yang akan dianalisis perlu diklarifikasikan terlebih dahulu sebagai gedung beraturan atau tidak beraturan. Berdasarkan SNI 1726-2012 terutama Pasal 7.3.2, klarifikasi yang dilakukan dalam penentuan gedung beraturan atau tidak beraturan adalah berdasarkan pada konfigurasi vertical dan konfigurasi horizontal dari pada struktur bangunan gedung tersebut.

Kemudian, dalam hal mengetahui batas kinerja ultimit dari sebuah struktur gedung bertingkat, dapat ditentukan dengan menghitung simpangan maksimum (*maximum displacement*) yang mungkin terjadi pada struktur gedung bertingkat tersebut termasuk simpangan maksimum antar-tingkat (*maximum drift*) yang terjadi akibat beban gempa (gempa rencana wajib dihitung). Simpangan maksimum yang dimaksud adalah simpangan maksimum dalam kondisi struktur gedung bertingkat di ambang keruntuhan. Dengan perhitungan simpangan maksimum yang tepat, maka dapat menghindari kemungkinan terjadinya keruntuhan pada struktur gedung bertingkat tersebut di mana keruntuhan dikhawatirkan dapat mengakibatkan korban jiwa manusia atau kerusakan pada lingkungan sekitarnya.

Batas simpangan antar tingkat menurut SNI-03-1726 – 2012 terutama pasal 8 adalah sebagai berikut:

1. Simpangan maksimum antar tingkat tidak diperbolehkan untuk melampaui R 0,03 kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm (dengan bergantung atau mengambil nilai terkecil diantara keduanya).
2. Simpangan maksimum antar tingkat tidak diperbolehkan melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

SNI-03-1726-2012 telah menjelaskan tentang ketentuan - ketentuan dalam pengelompokan gedung beraturan dan gedung tidak beraturan. Selain daripada itu, di dalam SNI-03-1726-2012 juga telah menjelaskan tentang ketentuan dalam kinerja struktur gedung; daktilitas struktur; pembebanan gempa nominal; wilayah gempa Indonesia beserta respons spektrum gempa untuk masing-masing wilayah; dan lain-lainnya.

Struktur beton bertulang rangka terbuka (*open frame*) terdiri dari kolom dan balok yang digabungkan dengan sambungan tahan momen. Kekakuan lateral dari portal kaku cenderung tergantung dari kekakuan lentur dari kolom, balok dan sambungannya. Pada struktur beton bertulang dengan dinding geser (*shear wall*), dinding geser pada umumnya dihubungkan dengan portal- portal.

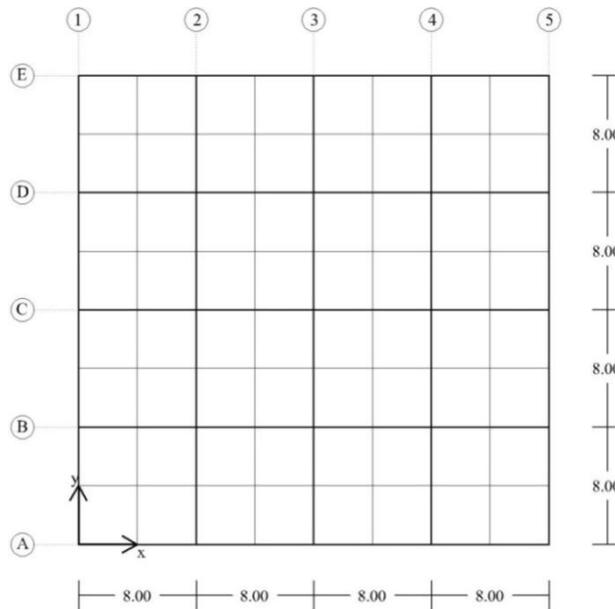
Sebuah dinding geser berfungsi sebagai pengaku yang meneruskan sampai pondasi dan juga merupakan dinding inti untuk memperkaku seluruh bangunan yang dirancang untuk menahan gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dinding geser pada umumnya bersifat kaku, sehingga deformasi (lendutan) horizontal menjadi kecil (Agus, 2015).

3. METODOLOGI

Struktur yang digunakan adalah model struktur gedung 20 tingkat dengan ketinggian 63 meter dengan luas bangunan 1024 m². Fungsi bangunan adalah kantor dan bangunan terletak di Kota Padang. Tabel 1 merupakan beberapa data struktur yang digunakan dalam memodelkan struktur gedung. Standar yang digunakan dalam analisis adalah standar yang berlaku di Indonesia diantaranya SNI- 03-1726-2012; Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI -03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Pemodelan struktur dibuat menggunakan program SAP 2000 V 14 dengan mengacu pada gambar rencana, agar pemodelan yang dibuat sesuai dengan keadaan di lapangan. Pemodelan dibuat dalam bentuk gambar tiga dimensi (3D) sehingga hasil pemodelan dapat dilihat lebih jelas.

Tabel 1. Data elemen struktur

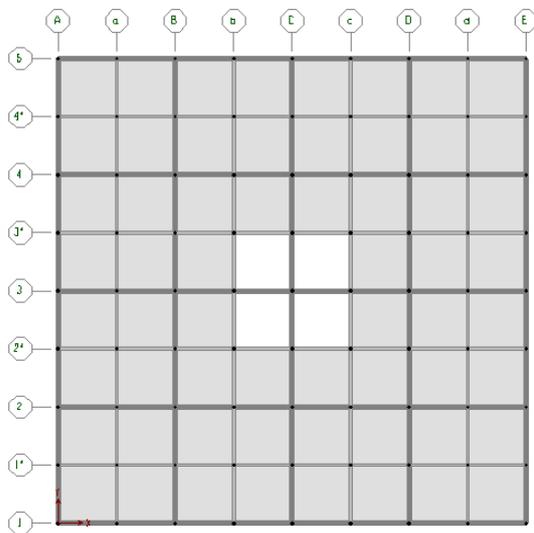
Elemen Struktur	Ukuran	Material Struktur	Mutu
kolom Lt. 1 – 8	120/120 cm	beton kolom	$f'c = 40$ MPa
kolom Lt. 9 – 14	100/100 cm	beton balok	$f'c = 30$ MPa
kolom Lt. 15 – 20	80/80 cm	beton plat	$f'c = 35$ MPa
balok induk	50/80 cm	dinding geser	$f'c = 40$ MPa
balok anak	25/40 cm	tulangan pokok	$f_y = 400$ MPa
plat	$t = 20$ cm	tulangan sengkang	$f_y = 240$ MPa
dinding geser	$t = 35$ cm		



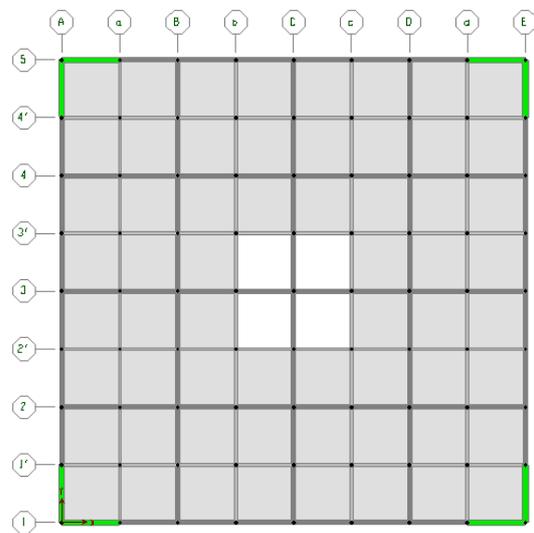
Gambar 1. Denah bangunan

Analisis pembebanan pada gedung beton bertulang meliputi beban mati (DL), beban mati tambahan (SDL), beban hidup (LL), beban lateral gempa (EL). Masing masing pembebanan didefinisikan sebagai *load case* yang berbeda dengan beberapa kombinasi pembebanan sebagaimana yang diatur pada standar yang berlaku. Beban gempa berupa respon spektrum dengan kondisi tanah sedang.

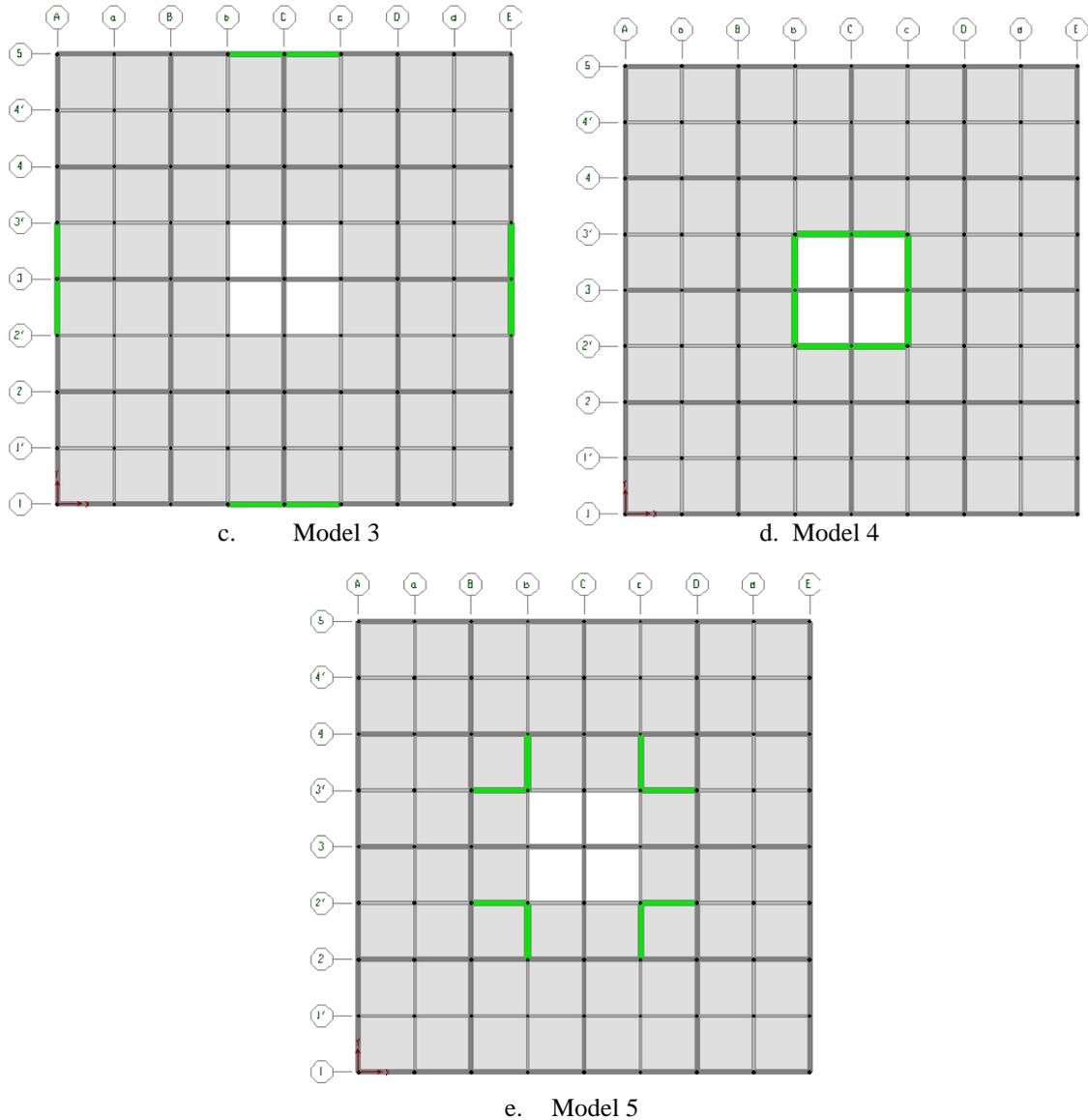
- Model analisis



a. Model 1



b. Model 2



Gambar 2. Model analisis dan variasi penempatan dinding geser

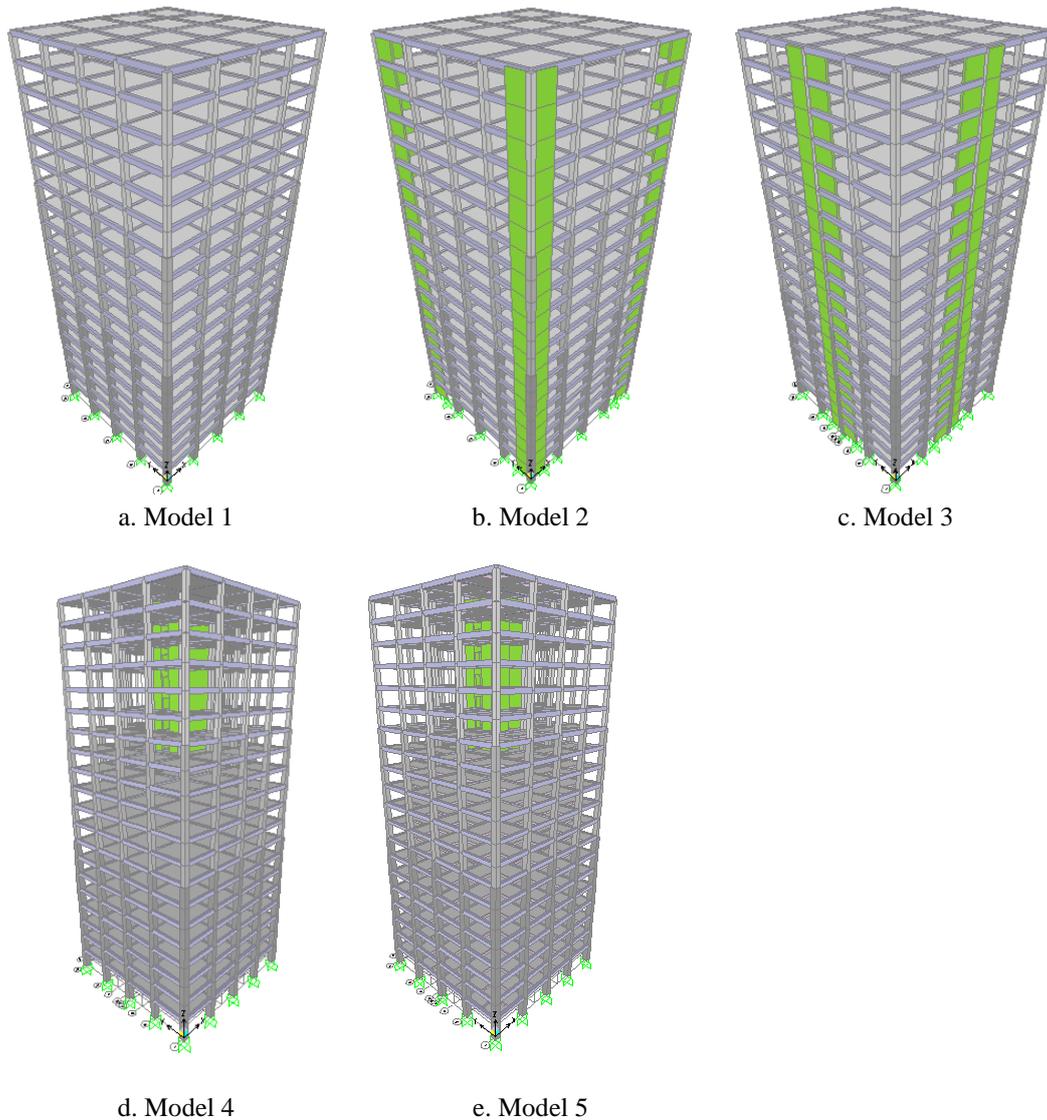
4. HASIL DAN DISKUSI

a. Pemodelan struktur

Analisis struktur menggunakan bantuan *software* SAP 2000 versi 14, adapun gambar pemodelannya diperlihatkan pada Gambar 3.

b. Ketidakberaturan struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.3.2 mengatur tentang ketidakberaturan struktur. Pengaruh torsi yang terjadi pada struktur bangunan dibagi dalam pengaruh ketidakberaturan torsi 1a dan 1b. Ketidakberaturan torsi 1a di mana $1,2\delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4\delta_{avg}$, ketidakberaturan torsi 1b dimana $\delta_{max} > 1,4\delta_{avg}$, dan tanpa ketidakberaturan torsi $\delta_{max} < 1,2\delta_{avg}$. Dari ketiga hal tersebut pada setiap model setelah dicek pada tanpa ketidakberaturan torsi telah terpenuhi dimana $\delta_{max} < 1,2\delta_{avg}$, sehingga pengaruh torsi pada struktur tidak perlu diperhitungkan untuk semua model pada penelitian ini.



Gambar 3. Pemodelan struktur

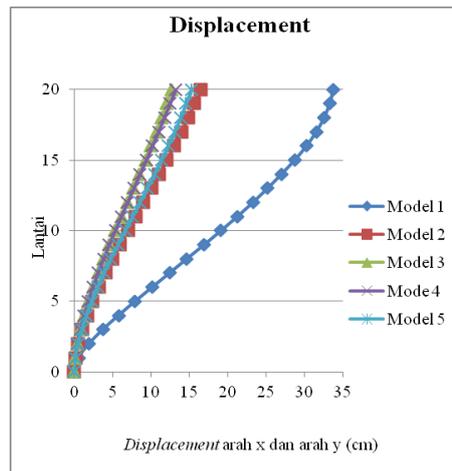
c. Displacement

Dari hasil analisis struktur diperoleh data simpangan (*displacement*) maksimum masing-masing model struktur yang dianalisis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa struktur dengan dinding geser pada model 2, 3, 4, dan 5 *output* program SAP 2000 V14 nilai *displacement* lebih kecil dari pada sebelum menggunakan dinding geser pada model 1. Namun pada model 3 *output* nilai *displacement* lebih kecil dari pada model lain yang sama-sama menggunakan dinding geser yaitu model 2, 4, dan 5, dengan nilai *displacement* 12,70 cm.

Model 3 dengan penurunan nilai *displacement* terbesar diantara ke 4 model yang menggunakan dinding geser, dimana penempatan dinding geser pada model 3 terletak dibagian luar tengah gedung, sehingga dimodel 3 untuk panjang dinding gesernya menjadi 8 meter yang awalnya 4 meter karena pada masing-masing sisi gedung terdapat dua buah dinding geser. Hal ini yang menyebabkan model 3 dengan nilai *displacement* yang lebih kecil dibanding model 2, 4, dan 5 yang sama-sama menggunakan dinding geser.

d. Drift ratio

Tabel 2 memaparkan hasil % perbandingan dari *drift ratio* pada masing-masing model akibat gempa respons spektrum.



Gambar 4. Nilai Displacement Arah x dan y

Tabel 2. Drift Ratio arah x dan y

Lantai	Drift Ratio (cm)					Drift Izin (cm)
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	$\Delta a=0,025.H/ \rho$
	$\Delta_{x,y}$	$\Delta_{x,y}$	$\Delta_{x,y}$	$\Delta_{x,y}$	$\Delta_{x,y}$	
20	2,617	4,331	3,428	3,894	3,764	7,692
19	4,057	4,587	3,629	4,08	4,044	7,692
18	5,595	4,81	3,785	4,185	4,28	7,692
17	7,042	5,053	3,953	4,298	4,539	7,692
16	8,368	5,277	4,107	4,391	4,781	7,692
15	9,618	5,498	4,26	4,485	5,029	7,692
14	9,821	5,551	4,284	4,469	5,098	7,692
13	10,482	5,647	4,351	4,497	5,221	7,692
12	11,114	5,672	4,359	4,467	5,272	7,692
11	11,669	5,636	4,32	4,396	5,267	7,692
10	12,128	5,529	4,228	4,274	5,194	7,692
9	12,485	5,353	4,087	4,109	5,056	7,692
8	12,296	5,065	3,856	3,869	4,8	7,692
7	12,337	4,809	3,66	3,654	4,579	7,692
6	12,241	4,454	3,386	3,369	4,258	7,692
5	11,919	4,01	3,047	3,026	3,851	7,692
4	11,224	3,463	2,637	2,624	3,343	7,692
3	9,905	2,801	2,147	2,156	2,719	7,692
2	7,5	2,002	1,571	1,618	1,955	7,692
1	3,191	0,905	0,754	0,809	0,885	7,692
0	0	0	0	0	0	0

Hasil analisis dengan program SAP 2000 V14 menunjukkan perubahan nilai *drift ratio* struktur pada gedung yang dipasang dinding geser dengan beberapa variasi tata letaknya sangat berpengaruh. Semakin besar nilai *Story Drift* pada suatu struktur bangunan maka struktur bangunan tersebut memiliki sifat yang fleksibel/kurang kaku, sehingga dengan pemberian dinding geser pada suatu struktur bangunan bisa menurunkan nilai simpangan yang terjadi pada setiap tingkat bangunan dan membuat bangunan tersebut lebih kaku dibanding struktur bangunan tanpa dinding geser, hal ini terjadi pada model 1 tanpa dinding geser nilai *drift ratio* di beberapa lantai masih belum memenuhi syarat SNI 1726-2012 pasal 7.12.1 *drift* izin. Namun pada model 2, 3, 4, dan 5 *drift ratio* sudah memenuhi syarat *drift* izin. Ini menunjukkan bahwasanya pemasangan dinding geser memberikan dampak positif pada kekakuan struktur beton bertulang. Di antara

semua model yang menggunakan dinding geser, model 3 merupakan model dengan nilai *drift ratio* penurunan terbesar, dapat dilihat pada Tabel 2. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk dan posisi dinding geser sangat berpengaruh kepada simpangan lateral yang dihasilkan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapat dari analisis yang dilakukan maka didapat kesimpulan yaitu sebagai berikut ini:

1. Struktur Model 1 yaitu struktur gedung beton bertulang 20 tingkat dengan denah simetris (32 meter × 32 meter) tanpa menggunakan struktur pengaku tambahan berupa dinding geser tidak memenuhi syarat simpangan antar tingkat (*drift*) sebagaimana yang diatur dalam SNI 1726-2012 pasal 7.12.1.
2. Struktur dengan dinding geser mengurangi *drift* dan *displacement* dibanding struktur tanpa dinding geser, dan hasil analisis menunjukkan bahwa, penempatan posisi dinding geser berpengaruh terhadap nilai *displacement* dan *drift*.
3. Dari struktur Model 2, 3, 4, dan 5, posisi penempatan dinding geser menunjukkan struktur Model 3 (dinding geser terletak pada bagian tengah sisi luar gedung) paling efektif dalam mengurangi *drift* dan *displacement* dan memenuhi persyaratan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Reynold Gushendra. 2015. Perbandingan Analisa Struktur Model Portal Open Frame, Bresing Dan Dinding Geser Pada Struktur Gedung Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa. *Jurnal Momentum – ITP Padang*. Vol. 17. Tahun 2015
- Agus. Wardi.S. 2013. *Rekayasa Gempa- Perencanaan Struktur Gedung Berdasarkan Peraturan Gempa Indonesi Terbaru (SNI-03-1726-2012)*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Anjali BU. 2017. Effect of Positioning and Configuration of shear wall on performance of RC Building Resting on Hilly and Plain Terrain. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol. 4, Issue 6, June- 2017.
- Badan Standarisasi Nasional 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 03-1726-2012.
- Chen, H., Yao, L., & Fitri, A. (2019, October). The influence mechanism research of inflow temperature in different time scale on the water temperature structure. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 365, No. 1, p. 012058). IOP Publishing.
- Fitri, A., Hashim, R., Song, K. I., & Motamedi, S. (2015). Evaluation of morphodynamic changes in the vicinity of low-crested breakwater on cohesive shore of Carey island, Malaysia. *Coastal Engineering Journal*, 57(04), 1550023.
- Fitri, A., Hashim, R., & Motamedi, S. (2017). Estimation and Validation of Nearshore Current at the Coast of Carey Island, Malaysia. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 25(3).
- Fitri, A., Hashim, R., Abolfathi, S., & Abdul Maulud, K. N. (2019). Dynamics of sediment transport and erosion-deposition patterns in the locality of a detached low-crested breakwater on a cohesive coast. *Water*, 11(8), 1721.
- Fitri, A., & Yao, L. (2019, October). The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore: A simulation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 365, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
- Hashim, R., Fitri, A., Motamedi, S., & Hashim, A. M. (2013). Modeling of coastal hydrodynamic associated with coastal structures: A review. *Malaysian Journal of Science*, 32(4), 149-154.
- Hashim, R., Roy, C., Shamshirband, S., Motamedi, S., Fitri, A., Petković, D., & Song, K. I. (2016). Estimation of wind-driven coastal waves near a Mangrove forest using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Water resources management*, 30(7), 2391-2404.
- Juwana, J. S. 2005. *Panduan Sistem Bangunan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Pratiwi, D., & Fitri, A. (2021). Analisis Potensial Penjalaran Gelombang Tsunami di Pesisir Barat Lampung, Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 29-37.
- Verma S.K. 2014. *Seismic Response of RC frame buildings*. International Journal of Civil and Structural Engineering, Vol. 4, No. 4. 2014.
- Wahana Komputer. 2010. *Panduan Praktis Analisis Struktur Bangunan dan Gedung dengan SAP2000 Versi 14*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Wahyudi, L. Rahim. Syahril.A. 1997. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Penerbit Gramedia.