

Kajian Perbandingan Kinerja Struktur Dinding Geser Komposit Berdasarkan Tingkatan Gedung

DIMAS EL-ISLAMY, ERMA DESMALIANA, NESSA VALIANTINE DIREJJA

Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: dimas.elislamy@yahoo.co.id

ABSTRAK

Salah satu metode untuk meminimalisir simpangan horizontal yang terjadi akibat gaya gempa pada struktur adalah dengan pemasangan dinding geser. Dinding geser mampu memberikan kekuatan dan kekakuan pada struktur gedung. Pada teknologi terkini, dinding geser komposit pelat baja mampu menggabungkan kelebihan dan mengkompensasi kekurangan dinding geser beton dan pelat baja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas penggunaan dinding geser komposit terhadap tingkatan struktur gedung. Penelitian ini dilakukan pada tiga pemodelan struktur gedung dengan jumlah lantai yaitu 10 lantai, 20 lantai, dan 30 lantai dengan menggunakan metode respon spektrum dan analisis beban dorong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpangan atap yang terjadi pada struktur dengan dinding geser lebih kecil dibandingkan struktur tanpa dinding geser. Berdasarkan analisis beban dorong, penggunaan dinding geser komposit pelat baja dengan tebal 110 mm untuk tiga pemodelan berada pada tingkatan yang sama yaitu IO (immediate Occupancy) yang mana kekuatan dan kekakuan pada gedung hampir sama dengan kondisi sebelum terjadi gempa.

Kata kunci: *dinding geser komposit pelat baja, respon spektrum, analisis beban dorong, simpangan horizontal*

ABSTRACT

One of the method to minimize the displacement of structure affected by earthquake is by using shear wall. Shear wall can influence the ductility and stiffness to the structure. On the most recent technology, composite steel plate shear wall can combining the advantages and compensate the disadvantages of concrete and steel shear wall. This study was conducted by using three models buildings with 10 story, 20 story, and 30 story with spectrum response methods and pushover analysis. The result of this study shows that drift's roof on structure using shear wall is smaller than the structure without one. Based on pushover analysis, when structure using shear wall with thickness 110 mm for three models are the same level in immediate occupancy which strength and stiffness in buildings is almost the same as the condition before earthquake.

Keywords: *composite steel plate shear wall, respons spectrum, pushover analysis, displacement*

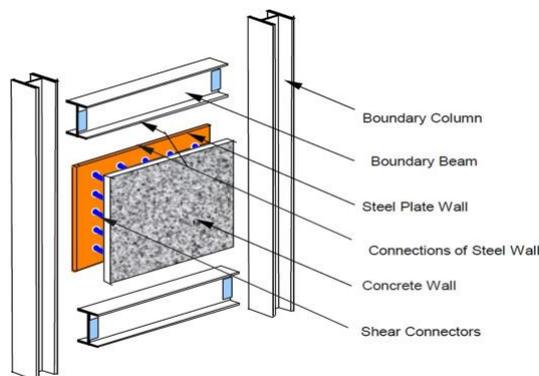
1. PENDAHULUAN

Tingkat pertumbuhan penduduk Indonesia berkembang pesat tiap tahun sehingga menyebabkan penggunaan lahan untuk hunian semakin tinggi. Salah satu solusi dalam menghadapi permasalahan lahan tersebut adalah dengan membangun tempat hunian bertingkat. Dalam membangun struktur bertingkat diperlukan pengetahuan dalam perencanaan struktur tahan gempa. Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi dalam mengatasi simpangan horizontal adalah dengan pemasangan dinding geser. Dinding geser bekerja untuk menahan beban-beban lateral yang bekerja pada struktur bangunan tingkat tinggi. Struktur dinding geser yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan material berupa beton atau hanya baja saja, dimana keduanya memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing. Oleh karena itu, digunakan dinding geser komposit pelat baja sebagai alternatif, yaitu dengan menggabungkan kelebihan dan mengkompensasi kekurangan dari dinding geser beton bertulang dan dinding geser pelat baja. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari penggunaan dinding geser komposit pelat baja terhadap tingkatan struktur gedung. Untuk mengetahui pengaruh kinerja dinding geser tersebut dilakukan dengan analisis nonlinear gaya dorong (*Pushover Analysis*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

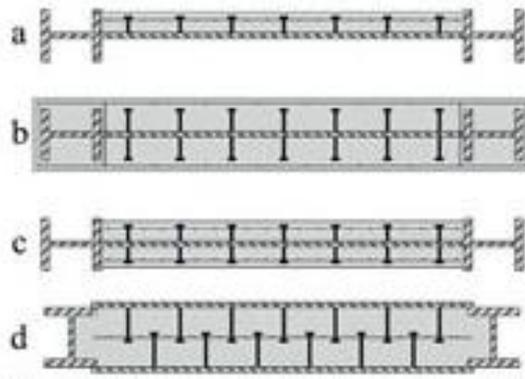
Dinding geser komposit pelat baja dapat memberikan alternatif karena dapat mengkompensasi kerugian dari dinding geser beton bertulang yaitu kekhawatiran terhadap daktilitas dan dinding geser pelat baja yaitu kekhawatiran terhadap keseluruhan tekuk pada pelat baja yang mempengaruhi kekuatan geser dan kekakuan serta kehilangan energi (Zhao, Q. & Astaneh-Asl, A., 2004). Untuk komponen dinding geser komposit pelat baja dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Komponen dinding geser komposit pelat baja
(Sumber: Astaneh-Asl, A., 2002)

Berdasarkan American Institute of Steel Construction (1997), tipe-tipe dinding geser komposit pelat baja sebagai berikut:

- Pelat beton berada di salah satu sisi dinding dengan pembatas di sisi lainnya adalah pelat baja.
- Pelat baja berada di tengah-tengah struktur dinding geser komposit dengan beton sebagai elemen pembatas.
- Hampir sama dengan **Gambar 2**, yaitu beton sebagai elemen pembatas yang menyelimuti pelat baja dan kolom.



Gambar 2. Tipe dinding geser komposit pelat baja
(Sumber: Astaneh-Asl, A., 2002)

2.2 Karakteristik Dinding Geser Komposit Pelat Baja

Dinding geser komposit pelat baja terdiri dari:

a. Pelat Baja

Elemen ini merupakan pelat baja yang relatif tipis. Elemen ini mampu mencapai titik leleh karena dinding beton menguatkan sehingga dapat mencegah terjadinya tekuk sebelum mencapai titik leleh.

b. Dinding Geser Beton Bertulang

Elemen ini memberikan kekuatan geser dan kekakuan, melalui bidang kompresi dan beberapa daktilitas tergantung pada jumlah penguat atau pengaku serta berpartisipasi dalam melawan saat terjadi keruntuhan.

c. Kolom

Elemen ini berfungsi untuk menahan sebagian besar momen balik serta memberikan titik balik untuk aksi ketegangan bidang pelat baja dan bantalan elemen untuk elemen tekan diagonal dari dinding beton.

d. Balok

Elemen ini berfungsi sebagai angkur apabila terjadi tegangan pada bilah pelat baja dan bantalan sebagai elemen kompresi untuk kompresi diagonal dinding beton. Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian yaitu mengenai tinjauan ulang kadar lumpur maksimum lumpur pasir dalam campuran beton.

2.3 Fungsi Dinding Geser pada Struktur Gedung

Adapun fungsi suatu dinding geser pada struktur gedung antara lain:

a. Kekuatan

Dinding geser harus mempunyai kekuatan untuk meredam gaya gempa bumi secara horizontal. Ketika dinding geser kuat maka dinding akan mulai mentransfer gaya itu ke elemen berikutnya seperti pondasi, dinding dan lantai.

b. Kekakuan

Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan. Dengan begitu atap dan lantai tidak akan mengalami kerusakan yang banyak dan kekakuan struktur pada bangunan tetap terjaga.

2.4 Penelitian Terkait

Pada penelitian sebelumnya oleh Andalas, G. (2016) telah dilakukan analisis *layout* dinding geser. Namun yang ditinjau adalah penempatan posisi dari dinding geser terhadap kinerja struktur bangunan halmana dinding geser akan lebih optimum apabila ditempatkan pada sisi gedung yang paling pinggir sehingga dapat menghasilkan kekakuan struktur yang lebih

besar daripada apabila dinding geser diletakkan didalam struktur gedung, sehingga semakin tinggi kekakuan yang dimiliki oleh struktur gedung tersebut maka semakin tinggi performa dari daktilitas struktur gedung tersebut.

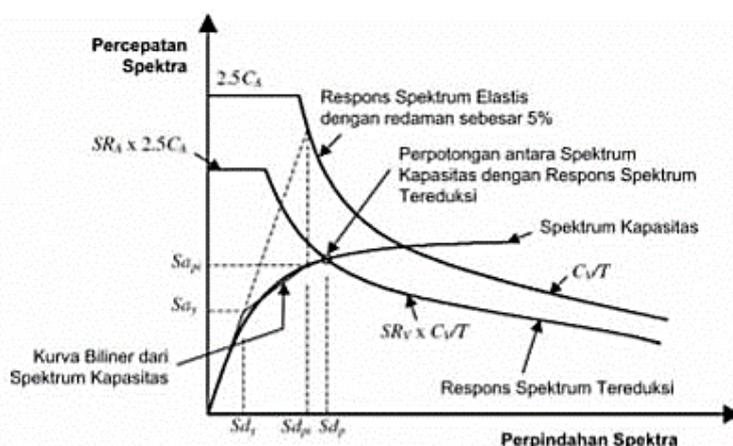
2.5 Analisis Statik Beban Dorong

Analisis statik beban dorong (*pushover*) adalah suatu analisis statik non-linier, yang dalam analisisnya pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban statik pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan sehingga menyebabkan terjadinya pelepasan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai target peralihan yang diharapkan atau sampai mencapai kondisi plastis (Pranata, Y. A. & Simanta, D., 2006).

Tujuan analisis beban dorong adalah mengevaluasi perilaku seismik struktur terhadap beban gempa rencana, yaitu memperoleh nilai faktor reduksi gempa, memperlihatkan kurva kapasitas (*capacity curve*) dan memperlihatkan skema kelelahan (distribusi sendi plastis) yang terjadi.

2.6 Titik Kinerja

Titik kinerja (**Gambar 3**) merupakan titik pertemuan kurva *demand* dengan kurva kapasitas yang digunakan untuk memeriksa apakah komponen struktural dan non-struktural tidak melebihi batas kerusakan yang diizinkan. Pada *performance point* dapat diperoleh informasi mengenai periode bangunan dan redaman efektif akibat perubahan kekakuan struktur setelah terjadi sendi plastis. Berdasarkan informasi tersebut respon-respon struktur lainnya seperti nilai simpangan tingkat dan posisi sendi plastis dapat diketahui (Afandi, N. R., 2010).



Gambar 3. Titik kinerja
(Sumber: Dewobroto, W., 2006)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian ini meliputi penentuan penempatan *layout* dinding geser, dimensi gedung, *preliminary design* struktur, data struktur, dan pembebanan yang digunakan. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan *software* ETABS v 16.2.0 dengan 3 tingkatan struktur yaitu 10 lantai, 20 lantai, dan 30 lantai. Analisis statik beban dorong dilakukan pada tiap – tiap model pada arah x dan arah y untuk mengetahui titik

kinerja struktur mengikuti prosedur FEMA 440 dan dilakukan berdasarkan kurva demand elastik.

4. PEMODELAN STRUKTUR

4.1 Data Perencanaan Struktur

Data perencanaan struktur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Fungsi bangunan adalah apartemen, dengan kategori risiko adalah II dan faktor keutamaan gempa adalah 1.
- b. Struktur bangunan berada di wilayah Kota Bandung di Tanah Sedang.
- c. Tinggi lantai dasar 3,5 m dan tinggi lantai 3 m.
- d. Mutu baja yang digunakan adalah BJ 41 dengan $f_y = 250$ MPa.
- e. Mutu beton yang digunakan adalah $f'_c = 33$ MPa.
- f. Modulus elastisitas baja $E_s = 200.000$ MPa.
- g. Modulus elastisitas beton, $E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} = 26.999,44$ MPa.

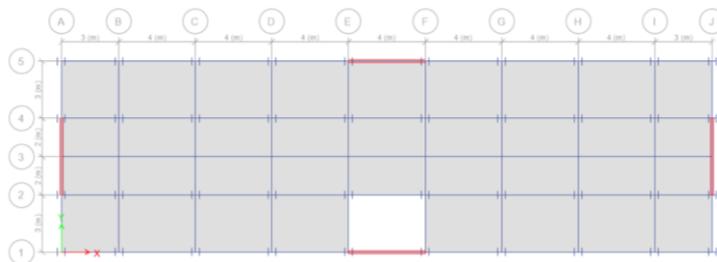
4.2 Pembebanan Struktur

Beban-beban yang akan bekerja pada struktur bangunan adalah sebagai berikut:

- a. Beban Mati (DL)
Berat sendiri dari elemen struktur baja adalah $78,5 \text{ kN/m}^3$.
- b. Beban Hidup (LL)
Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup yang direncanakan pada lantai gedung yaitu sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$ dan pada atap gedung yaitu sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$.
- c. Beban Mati Tambahan (SDL)
Beban mati tambahan untuk bangunan non struktural adalah sebagai berikut:
 - a. Beban Mati Tambahan pada Pelat Lantai
 1. Plafon + penggantung = $0,20 \text{ kN/m}^2$.
 2. Penutup lantai = $0,24 \text{ kN/m}^2$.
 3. Adukan semen (2 cm) = $0,42 \text{ kN/m}^2$.
 4. *Mechanical Electrical* = $0,25 \text{ kN/m}^2$.
 - b. Beban Mati Tambahan pada Balok
Beban mati tambahan pada balok dengan tinggi dinding pasangan beton ringan adalah $0,6 \text{ kN/m}$.
- d. Beban Gempa
Beban gempa yang digunakan berlokasi di kota Bandung dengan tanah sedang.

4.3 Pemodelan Struktur

Denah bangunan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari penelitian sebelumnya oleh Andalas, G. (2016). Menurut penelitian tersebut, penempatan dinding geser pada sisi gedung paling pinggir menghasilkan kekakuan struktur yang lebih optimum yang mana nilai *drift ratio* terkecil diantara model-model lainnya yang ditinjau. Penempatan dinding geser ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Penempatan dinding geser

4.4 Analisis Struktur

Data yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah struktur tanpa dinding geser dan struktur dengan dinding geser dengan tingkatan 10 lantai, 20 lantai, dan 30 lantai menggunakan program *Software* ETABS v16.2.0 dan membandingkan tingkat kinerja dari keseluruhan model yang dianalisis. Analisis dilakukan untuk mengetahui periode struktur, gaya geser dasar struktur, simpangan antar lantai, dan modal partisipasi massa.

5. PEMBAHASAN

5.1 Periode Struktur

Periode getar adalah besarnya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu getaran. Periode alami struktur perlu diketahui agar resonansi pada struktur dapat dihindari. Hasil analisis periode ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Periode Struktur

Case	Mode	Periode [detik]					
		Tanpa Dinding Geser			Dengan Dinding Geser		
		10 Lantai	20 Lantai	30 Lantai	10 Lantai	20 Lantai	30 Lantai
Modal	1	1,173	4,881	7,270	1,636	5,089	9,089
Modal	2	0,999	4,207	6,239	1,576	4,706	8,152
Modal	3	0,845	3,250	5,050	1,031	3,388	6,315
Modal	4	0,386	1,695	2,503	0,344	1,177	2,308
Modal	5	0,330	1,440	2,115	0,339	1,140	2,181
Modal	6	0,278	1,059	1,618	0,212	0,740	1,487
Modal	7	0,221	0,980	1,443	0,136	0,461	0,942
Modal	8	0,191	0,836	1,239	0,135	0,454	0,918
Modal	9	0,161	0,694	1,016	0,084	0,285	0,591
Modal	10	0,156	0,599	0,936	0,077	0,247	0,508
Modal	11	0,135	0,581	0,863	0,076	0,245	0,499
Modal	12	0,121	0,527	0,480	0,052	0,157	0,316

Hasil analisis modal menunjukkan bahwa nilai periode meningkat sesuai dengan tingkatan struktur. Pada struktur tanpa dinding geser menggunakan profil kolom yang lebih besar sehingga nilai periode yang dihasilkan kurang lebih sama dengan struktur yang menggunakan dinding geser.

5.2 Gaya Geser Dasar

Beban geser dasar statik ekuivalen, meskipun sifatnya statik, namun tidak diperoleh murni dari prinsip statik, tetapi sudah memperhitungkan prinsip-prinsip dinamik. Hasil perbandingan gaya geser statik dan dinamik ditunjukkan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Gaya Geser Dasar Struktur 10 Lantai Tanpa Dinding Geser

Lantai	Tanpa Dinding Geser				Persyaratan Minimum	
	Gaya Statik Ekuivalen V_{sx} [kN]	Gaya Statik Ekuivalen V_{sy} [kN]	Gaya Dinamik Respon Spektrum V_{dx} [kN]	Gaya Dinamik Respon Spektrum V_{dy} [kN]	$0,85 V_{sx}$	$0,85 V_{sy}$
10	807,45	849,21	4.501,29	3.247,15	686,33	721,83
20	672,74	672,74	6.461,44	4.409,08	571,83	571,83
30	1.027,21	1.027,21	9.274,07	6.679,10	873,13	873,13

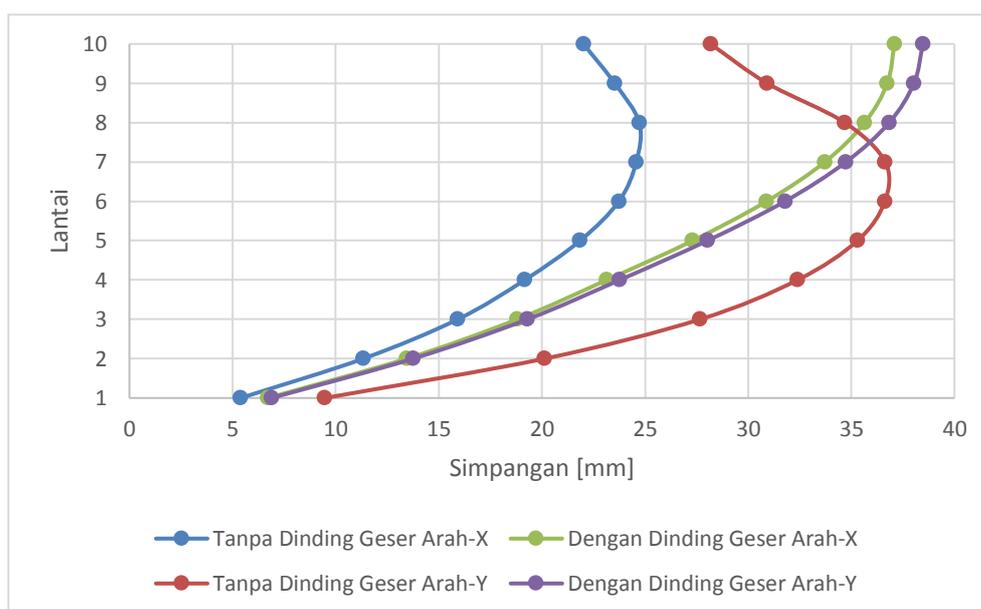
Tabel 3. Gaya Geser Dasar Struktur 10 Lantai Dengan Dinding Geser

Lantai	Tanpa Dinding Geser				Persyaratan Minimum	
	Gaya Statik Ekuivalen V_{sx} [kN]	Gaya Statik Ekuivalen V_{sy} [kN]	Gaya Dinamik Respon Spektrum V_{dx} [kN]	Gaya Dinamik Respon Spektrum V_{dy} [kN]	$0,85 V_{sx}$	$0,85 V_{sy}$
10	918,95	918,95	4.518,99	4.432,77	781,11	781,11
20	1.071,76	1.071,76	7.399,78	7.243,05	911,00	911,00
30	1.175,73	1.175,73	9.509,81	9.045,51	999,37	999,37

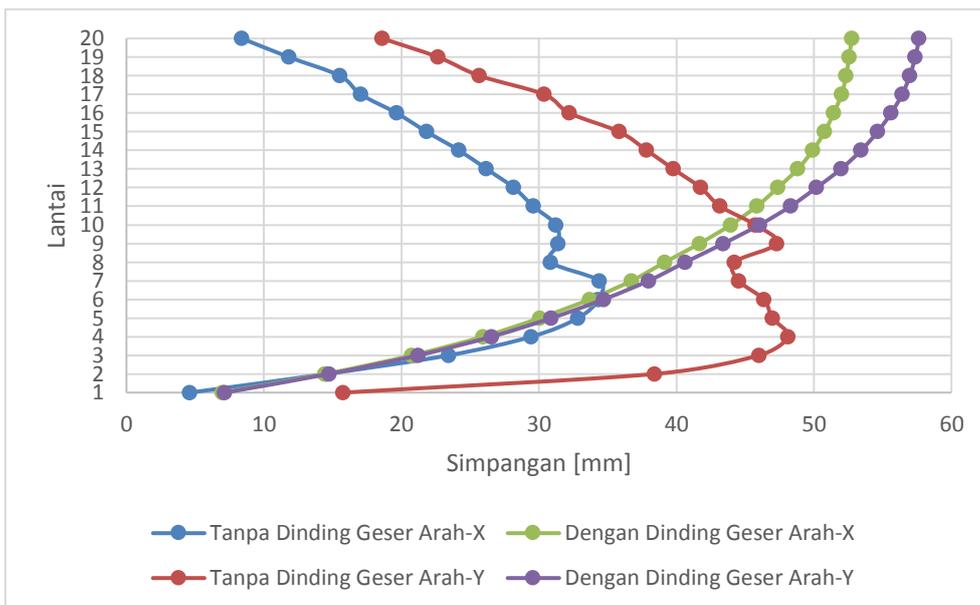
Hasil analisis perbandingan gaya statik ekuivalen dan dinamik respon spektrum menunjukkan gaya geser yang terjadi masih sesuai dengan persyaratan minimum yaitu sebesar 85% gaya statik ekuivalen.

5.3 Simpangan Antar Lantai

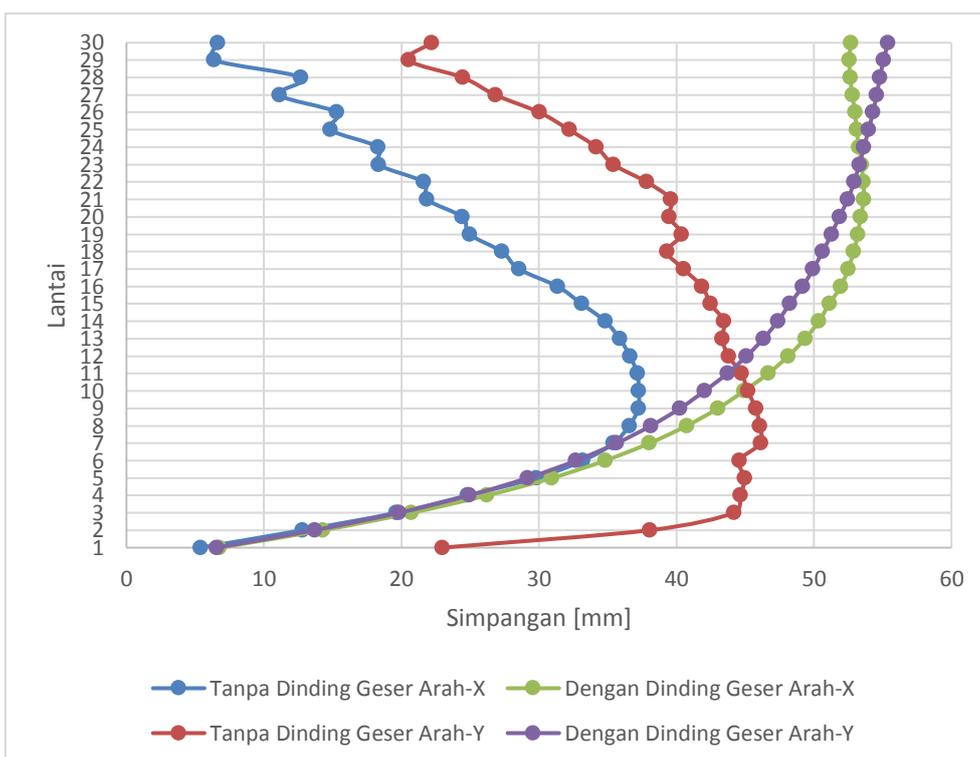
Berdasarkan SNI 1726:2012 nilai simpangan antar tingkat ijin harus lebih besar dari selisih defleksi terbesar antar tingkat. Nilai simpangan struktur tanpa dinding geser dan dengan dinding geser dapat dilihat pada **Gambar 5**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7**.



Gambar 5. Simpangan antar lantai struktur 10 lantai



Gambar 6. Simpangan antar lantai struktur 20 lantai



Gambar 7. Simpangan antar lantai struktur 30 lantai

Hasil analisis menunjukkan bahwa simpangan antar lantai struktur yang menggunakan dinding geser memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan struktur tanpa dinding geser. Hasil analisis pada semua model telah memenuhi persyaratan maximum simpangan antar lantai yaitu 75 mm dan 87,5 mm.

5.4 Modal Partisipasi Massa

Jumlah ragam pada masing masing arah horizontal untuk mendapatkan ragam alami struktur harus mempunyai nilai minimum sebesar 90%. Hasil analisis menunjukkan partisipasi massa

pemodelan telah sesuai dengan SNI 1726:2012, nilai analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi masa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari masa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

5.5 Titik Kinerja dan Tingkat Kinerja

Titik kinerja merupakan titik pertemuan kurva *demand* dengan kurva kapasitas yang digunakan untuk memeriksa apakah komponen struktural dan non-struktural tidak melebihi batas kerusakan yang diizinkan. Hasil analisis tingkat kinerja dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Titik Kinerja dan Tingkat Kinerja

Tipe	Performance Point	Elevasi Gedung [m]	δ_t [mm]	Roof Drift Ratio	Tingkat Kinerja
Struktur 10 Lantai Tanpa Dinding Geser	Arah UX	30,5	421,61	1,38	<i>Life Safety</i>
	Arah UY	30,5	619,57	2,03	<i>Life Safety</i>
Struktur 20 Lantai Tanpa Dinding Geser	Arah UX	60,5	929,29	1,54	<i>Life Safety</i>
	Arah UY	60,5	1.225,06	2,02	<i>Life Safety</i>
Struktur 30 Lantai Tanpa Dinding Geser	Arah UX	90,5	671,06	0,74	<i>Immediate Occupancy</i>
	Arah UY	90,5	1.167,73	1,29	<i>Life Safety</i>
Struktur 10 Lantai Dengan Dinding Geser	Arah UX	30,5	29,02	0,1	<i>Immediate Occupancy</i>
	Arah UY	30,5	30,02	0,1	<i>Immediate Occupancy</i>
Struktur 20 Lantai Dengan Dinding Geser	Arah UX	60,5	92,80	0,15	<i>Immediate Occupancy</i>
	Arah UY	60,5	96,71	0,16	<i>Immediate Occupancy</i>
Struktur 30 Lantai Dengan Dinding Geser	Arah UX	90,5	229,82	0,25	<i>Immediate Occupancy</i>
	Arah UY	90,5	292,08	0,32	<i>Immediate Occupancy</i>

Hasil analisis menunjukkan simpangan pada atap untuk struktur dengan dinding geser lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa dinding geser, sehingga struktur yang menggunakan dinding geser memiliki tingkat kinerja yang lebih baik.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis untuk kedua kasus yaitu struktur tanpa dinding geser dan dengan dinding geser, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis periode getar alami struktur antara keenam model semakin besar sesuai dengan tingkatan struktur. Semakin besar periode struktur maka nilai gaya geser yang terjadi semakin besar yang menyebabkan deformasi yang terjadi lebih besar.
2. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan simpangan antar lain telah sesuai dengan persyaratan yaitu simpangan antar lantai tidak lebih dari 75 mm dan simpangan pada

- atap tidak lebih dari 87,5 mm. Pada struktur dengan dinding geser memiliki simpangan antar lantai yang terjadi pada arah-x dan arah-y yang kurang lebih sama.
3. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada semua pemodelan struktur, jumlah partisipasi massa untuk arah UX dan arah UY telah mencapai minimum 90% sesuai dengan SNI 1726:2012. Hasil analisis pada pemodelan untuk mode 1 struktur mengalami translasi arah x, mode 2 mengalami translasi arah y, dan mode 3 mengalami rotasi.
 4. Berdasarkan analisis *non-linier pushover* didapatkan bahwa semua model struktur dengan dinding geser berada pada level yang sama yaitu berada pada kinerja IO (*Immediate Occupancy*) yaitu kondisi dimana ketika terjadi gempa, bangunan tidak ada kerusakan yang berarti pada komponen struktural. Kekuatan dan kekakuan gedung hampir sama dengan kondisi sebelum dilanda gempa. Pada komponen non-struktural, peralatan, dan isi gedung umumnya masih aman, tetapi secara operasional tidak dapat bekerja karena kegagalan mekanik atau kurangnya utilitas.
 5. Berdasarkan tingkat kinerja, penggunaan dinding geser dengan tebal 110 mm masih efektif digunakan pada struktur 30 lantai dengan tinggi 90,5 meter.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan pada penelitian ini, didapatkan saran untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, dilakukan analisis penggunaan bentuk penampang dinding geser dalam beberapa model struktur, agar penerapan dinding geser pada tiap model bangunan dapat diketahui lebih detail.
2. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan analisis gempa metode *Time History*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, N. R. (2010). *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP2000. Tugas Akhir*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil - Universitas Sebelas Maret.
- American Institute of Steel Construction. (1997). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago: American Institute of Steel Construction.
- Andalas, G. (2016). *Analisa Layout Shearwall terhadap Perilaku Struktur Gedung. Tugas Akhir*. Lampung: Jurusan Teknik Sipil - Universitas Lampung.
- Astaneh-Asl, A. (2002). *Seismic Behavior and Design Composite Steel Plate Shear Wall*. Berkeley: Structural Steel Educational Council.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Konejra Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 7-24.
- Pranata, Y. A. & Simanta, D. (2006). Studi Analisis Beban Dorong untuk Gedung Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 17-34.
- Zhao, Q. & Astanesh-Asl, A. (2004). Cyclic Behavior of Traditional and Innovative Composite Shear Walls. *13th World Conference on Earthquake Engineering* (pp. _-). Vancouver: 13 WCEE Secretariat.