

Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kinerja Struktur Gedung Tak Beraturan Akibat Beban Gempa

M. Hafizh Gusra^{1*}, Sabril Haris², Ruddy Kurniawan³

^{1,2,3} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, 25166, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: hafizhgusra@gmail.com

Received 24th May 2023; 1st Revision 8th June 2023; Accepted 29th June 2023

ABSTRAK

Pemanfaatan lahan yang terbatas menghasilkan desain bangunan/gedung yang tak beraturan. Bangunan/gedung tak beraturan akan memiliki perilaku serta kinerja tersendiri dalam menerima beban. Karena itu diperlukan sistem struktur dinding geser dalam menerima beban gempa. Posisi dinding geser yang tepat akan menghasilkan perilaku dan kinerja yang ideal bagi struktur. Tujuan penelitian ini untuk menentukan posisi dinding geser yang ideal dalam menerima beban gempa. Metode penelitian ini adalah studi numerik dengan analisis *pushover* menggunakan program ETABS V 16. Terdapat satu model tanpa dinding geser dan lima model dengan posisi dinding geser yang berbeda-beda. Layout model penelitian ini berbentuk L berlokasi di Kota Padang dengan kondisi tanah sedang. Hasil penelitian menunjukkan posisi dinding geser model 1 yang berada pada ujung bangunan memiliki perilaku yang ideal dalam menerima beban gempa berdasarkan pengecekan persyaratan SNI 1726 2019 dan memiliki tingkat kinerja kategori *damage control* berdasarkan ATC-40 1996 yang berarti bahwa bangunan mengalami kerusakan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah).

Kata Kunci: *Pushover; Perilaku Struktur; Kinerja Struktur, damage control.*

ABSTRACT

Limited land use results irregular building designs. Irregular buildings will have their own behavior and performance receiving loads. Because of that, a shear wall structure system is needed to withstand earthquake loads. Position of shear walls will result ideal behavior and performance of the structure. The purpose of this research is to determine the ideal shear wall position receiving earthquake loads. The research method is a numerical study with pushover analysis using the ETABS V 16 program. There are one model without shear walls and five models with different shear wall positions. The layout of this research model is L-shaped located in the city of Padang with moderate soil conditions. The results showed that the position of the model 1 shear wall at the end of the building has ideal behavior receiving earthquake loads based on checking the requirements of SNI 1726 2019 and has a performance level in the damage control category based on ATC-40 1996 which means that the building is damaged but is not allowed to collapse causing human fatalities (very low risk of fatalities).

Keywords: *Pushover; behavior of the structure ; performance of the structure; damage control.*

Copyright ©. M. Hafizh Gusra, Sabril Haris, Ruddy Kurniawan

This is an open access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PENDAHULUAN

Saat ini semakin banyak pembangunan bangunan/gedung bertingkat yang dibangun dengan tujuan untuk memanfaatkan lahan yang sempit. Hasil desain arsitek dalam memanfaatkan ruang tidak hanya mempertimbangkan fungsi dari suatu bangunan/gedung tetapi dengan seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat menghasilkan berbagai bentuk model desain. Beragamnya desain yang dibuat menyebabkan bangunan/gedung tersebut dikategorikan kedalam bentuk tak beraturan. Bila ditinjau secara keilmuan Teknik Sipil bangunan/gedung tak beraturan ini akan memiliki perilaku serta kinerja tersendiri dalam menerima beban [1], khususnya beban gempa bila bangunan/gedung tersebut dibangun pada wilayah dengan zona gempa seperti di Indonesia.

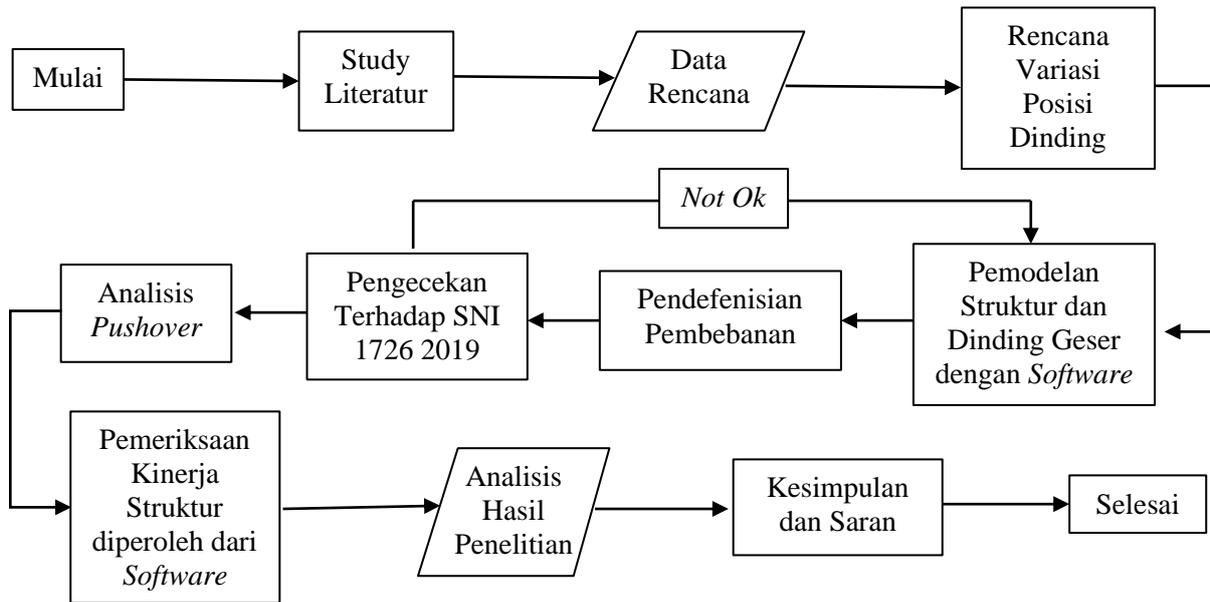
Bangunan/gedung bertingkat tinggi sangatlah rentan menerima beban gempa yang besar. Dalam mengantisipasi resiko tersebut maka diperlukan konstruksi bangunan/gedung tahan gempa untuk meminimalisir kerusakan struktur dan korban jiwa [2]. Oleh karena itu diperlukan sistem struktur khusus untuk menahan beban gempa pada bangunan/gedung bertingkat, salah satunya yaitu dengan dinding geser (*shear wall*). Penambahan dinding geser sangat berpengaruh untuk mencegah kegagalan dinding eksterior, dinding geser juga mendukung beberapa lantai bangunan/gedung dan memastikan tidak terjadinya keruntuhan yang disebabkan oleh gaya lateral akibat beban gempa [3]. Posisi dinding geser juga sangat berpengaruh terhadap perilaku dan kinerja bangunan/gedung bertingkat tinggi khususnya dengan model tak beraturan dalam merespon beban gempa. Ketika dinding geser ditempatkan pada lokasi-lokasi tertentu yang cocok dan strategis, dinding tersebut dapat digunakan secara ekonomis untuk menyediakan tahanan beban horisontal yang diperlukan, oleh karenanya sangat penting untuk menentukan lokasi dinding geser [4].

Bangunan/gedung tahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas, dengan konsep ini struktur tidak lagi perlu direncanakan agar tetap dalam batas elastis saat memikul beban gempa terbesar yang diramalkan mungkin terjadi. Suatu taraf pembebanan dengan faktor reduksi terhadap beban gempa maksimum dapat dipakai sebagai beban gempa rencana, sehingga struktur dapat didesain secara lebih ekonomis [3]. Metode analisis *pushover* merupakan salah satu komponen *performance based design* yang menjadi sarana untuk mengetahui kapasitas suatu struktur bangunan/gedung. Dasar dari metode ini sangat sederhana, yaitu memberikan pola beban static tertentu dalam arah lateral yang besarnya ditingkatkan secara *incremental* sampai struktur tersebut mencapai pola keruntuhan tertentu. Bangunan/gedung tinggi pada umumnya didesain berdasarkan kekuatan batas sedangkan kenyataannya jika terjadi gempa struktur akan berperilaku inelastik sehingga lebih cocok dengan desain berdasarkan kinerja (*Performance Based Design*) [5].

METODE

Metode penelitian dalam penelitian ini tergolong ke dalam studi numerik dengan analisis *pushover* menggunakan program ETABS V 16. Tahapan penelitian ini terlihat dalam diagram alir penelitian pada gambar 1.

Lokasi rencana penempatan gedung yang digunakan dalam penelitian ini adalah di Kota Padang, dengan kondisi tanah sedang. Gedung dengan layout berbentuk L ini difungsikan sebagai Hotel 10 lantai dengan ketinggian antar lantai 4 m. Model yang dianalisis sebanyak 1 model tanpa dinding geser dan 5 model dengan posisi dinding geser yang berbeda-beda.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Model Layout Penelitian

Model TDG	Model 1	Model 2
Model 3	Model 4	Model 5

Keterangan: : Dinding Geser, : Kolom, : Void, : Pusat Massa

Posisi dinding geser ditentukan dari jarak pusat massa.

1. Model TDG: tanpa dinding geser.
2. Model 1: posisi dinding geser diujung bangunan (jarak dari pusat massa $X = 24$ m dan $Y = 24$ m).
3. Model 2: posisi dinding geser mendekati pusat massa arah Y bangunan (jarak dari pusat massa $X = 24$ m dan $Y = 14$ m).
4. Model 3: posisi dinding geser dipusat massa arah Y bangunan (jarak dari pusat massa $X = 24$ m dan $Y = 0$ m).
5. Model 4: posisi dinding geser mendekati pusat massa arah Y dan Y bangunan (jarak dari pusat massa $X = 19$ m dan $Y = 19$ m).
6. Model 5: posisi dinding geser mendekati pusat massa arah Y dan Y bangunan (jarak dari pusat massa $X = 14$ m dan $Y = 14$ m).

Tabel 2. Dimensi Elemen Struktur

Elemen Struktur	Model TDG (cm)	Model 1 (cm)	Model 2 (cm)	Model 3 (cm)	Model 4 (cm)	Model 5 (cm)
B	60x30	60x30	60x30	60x30	60x30	60x30
KL 1-3	75x75	80x80	90x90	100x100	90x90	180x180
KL3-6	70x70	75x75	85x85	95x95	85x85	170x170
KL 7-9	65x65	70x70	80x80	90x90	80x80	160x160
KL 9-10	60x60	65x65	75x75	85x85	75x75	150x150
PL	13	13	13	13	13	13

Keterangan: B : Balok, KL : Kolom Lantai, PL : Plat Lantai.

Beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban mati (DD), beban mati tambahan (SIDL), beban hidup (DL), dan beban gempa (EQ).

Tabel 3. Pembebanan Pada Struktur

Define	DD (kN/m ²)	SIDL (kN/m ²)	DL (kN/m ²)	EQ
Lantai 10 (Top)	Otomatis terhitung pada <i>software</i>	0.92	2.5	Dari website desain spektra Indonesia 2021
Lantai 1-9		1.11	2.5	

Material propertis yang digunakan terdiri dari berat isi beton 2400 kg/m³, modulus elastis beton $4700 \sqrt{f_c}$ kuat tekan beton (f_c) 30 Mpa, tegangan leleh tulangan utama (f_y) 420 Mpa, dan tegangan leleh tulangan sengkang (f_{ys}) 240 Mpa. Standar peraturan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. SNI 1727 2018 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lainnya.
2. SNI 1726 2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
3. SNI 2847 2019 tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung.
4. ATC 40 1996 tentang evaluasi kinerja struktur akibat beban gempa dan perkuatan bangunan beton.

Menentukan kriteria kinerja struktur berdasarkan ATC-40 tahun 1996.

Tabel 4. Tingkat Kinerja Struktur

Batas Simpangan Antar Tingkat	Tingkat Kinerja Struktur			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan Total Maksimum	0.01	0.01-0.02	0.02	0.33 V_i/P_i

Kondisi Bangunan Pasca Gempa dan Kategori Bangunan pada Tingkat Kinerja Struktur [6]:

1. *Immediate Occupancy* adalah kondisi Bangunan aman saat terjadi gempa, resiko korban jiwa dan kegagalan struktur tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan berarti, dan dapat segera difungsikan kembali.
2. *Damage Control* adalah kondisi bangunan mengalami kerusakan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah).
3. *Life Safety* adalah kondisi bangunan mengalami kerusakan tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (resiko korban yang sangat rendah). Setelah terjadi gempa bangunan dapat difungsikan Kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktur maupun non-struktur.
4. *Structural Stability* adalah kondisi struktur pasca gempa mengalami kerusakan hingga diambang keruntuhan total maupun parsial. Komponen struktur penahan beban gravitasi masih bekerja meskipun keseluruhan kesetabilan sudah diambang keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengecekan Perilaku Struktur Berdasarkan Persyaratan Berdasarkan SNI 1726 2019

Pengecekan perilaku semua model dalam penelitian ini berdasarkan persyaratan SNI 1726 2019. Pada tabel 4 disajikan rekapitulasi pengecekan perilaku struktur.

Table 5. Rekapitulasi Hasil Pengecekan Persyaratan Berdasarkan SNI

Model	MS	MPMR	P	KH	KV	S	SSG
TDG	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	-
1	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
5	not ok	-	-	-	-	-	-

Keterangan: MS: *Mode Shape*, MPMR: *Modal Participation Mass Ratio*, P: Periode, KH: Ketidakberaturan Horizontal, KV: Ketidakberaturan Vertikal, S: Simpangan, SSG: Sistem Struktur Ganda.

Berdasarkan tabel 4 terlihat bahwa pengecekan perilaku struktur terhadap *mode shape* model 5 tidak memenuhi persyaratan sehingga untuk analisis selanjutnya model 5 dianggap gugur dan tidak dilanjutkan untuk dianalisis. MPMR, periode, ketidakberaturan horizontal dan vertical, simpangan, dan sistem struktur ganda yang diperoleh dari alternatif model TDG, model 1, model 2, model 3, dan model 4 telah memenuhi persyaratan.

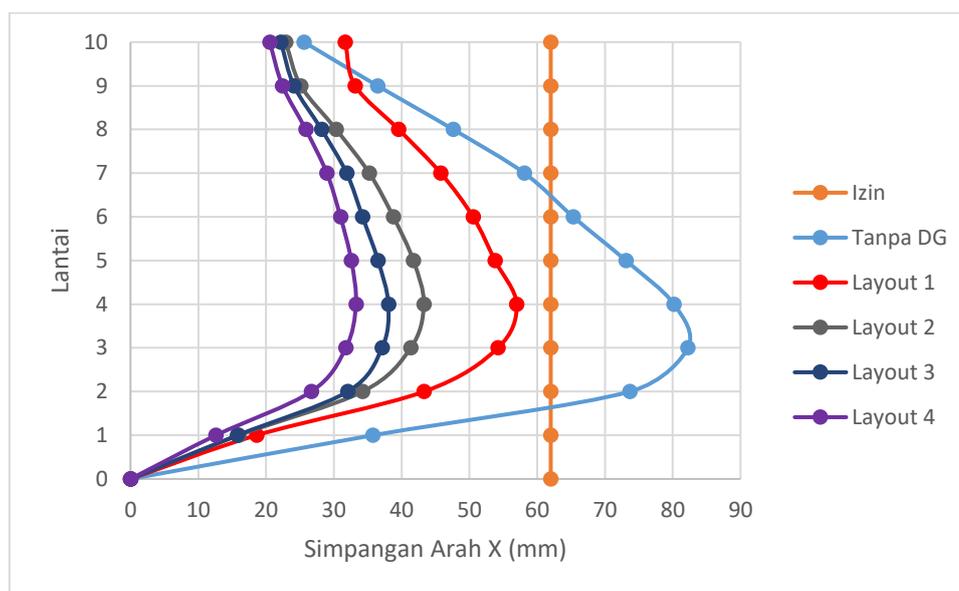
Persyaratan pengecekan perilaku *mode shape* terpenuhi bila *mode shape* arah 1 dan 2 model yang dianalisis mengalami translasi. Jumlah ragam partisipasi massa terkombinasi (MPMR) terpenuhi saat telah mencapai 100% dan paling sedikit 90% [7]. Perbandingan waktu getar

struktur antar model ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil simulasi table 5 menunjukkan bahwa semua T1 dan T2 diambil dari nilai T max karena hasil ini lebih besar dari pada batas periode maximum. Pengecekan ketidakteraturan horizontal dan vertikal dilakukan berdasarkan tipe-tipe ketidak beraturan dengan kategori desain seismic struktur yang ditinjau. KH model dalam penelitian ini tergolong ke dalam tipe 1a tipe 1b, dan tipe 2. Maka untuk memenuhi persyaratan pengecekan struktur yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan harus memenuhi persyaratan berdasarkan pasal-pasal referensi diantaranya pasal 11.3.4, pasal 7.12.1, pasal 3.3.3.4, pasal 7.7.3, dan pasal 7.8.4.3. Pengecekan KV diperoleh bahwa struktur ini tidak memiliki ketidak beraturan vertical di model 1, model 2, model 3, dan model 4.

Tabel 5 : Perbandingan Waktu Getar Struktur

Waktu Getar	Model TP DG	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Ta min	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819
Ta Max	1.147	1.147	1.147	1.147	1.147
Tc1	2.421	1.964	2.276	2.031	2.051
Tc2	2.397	1.221	1.312	1.260	1.291
T1	T max	T max	T max	T max	T max
T2	T max	T max	T max	T max	T max

Pada struktur gedung penelitian ini tergolong kedalam kategori resiko II maka simpangan izin sebesar 62 mm.



Gambar 2. Simpanag Arah X

Dari gambar 2 terlihat bahwa simpangan model TDG melewati simpangan izin sehingga untuk tahap analisis menentukan kinerja struktur model TDG dianggap gugur dan tidak dilanjutkan untuk dianalisis, sedangkan model 1 sampai 4 tidak melewati simpangan izin. Simpangan model 1 sampai 4 berturut-turut semakin kecil, hal ini dipengaruhi posisi dinding geser yang semakin medekat ke pusat masa dan dimensi kolom yang besar sehingga menyebabkan struktur semakin kaku. Dengan adanya dinding geser pada struktur dapat mereduksi simpangan yang terjadi.

Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen (*frame*) harus mampu menahan minimal 25% beban gempa desain dan dinding geser maksimal sebesar 75%. Tahanan beban gempa total

harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekuatannya. Struktur 645system ganda setelah pemasangan dinding geser sebagai elemen perkuatan penahan gaya lateral terhadap beban gempa dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Besar Kontribusi Sistem Struktur Ganda dalam Memikul Beban Gempa

Dinding Geser Max 75%	Ket	Frame Min 25%	Ket
Model 1			
DGX	74.27	ok	FX ok
Model 2			
DGX	68.86	Ok	FX ok
Model 3			
DGX	69.69	ok	FX ok
Model 4			
DGX	74.43	ok	FX ok

Dari tabel 6 terlihat bahwa proporsi sistem struktur ganda model 1 dan model 4 dalam memikul beban gempa termasuk ideal yaitu sebesar 74.27% dan 74.43% dipikul oleh dinding geser dan 25.73% dan 25.57% dipikul oleh *frame*. Model 2 dan model 3 telah memenuhi pengecekan persyaratan SNI 1726 2019 sebagai SSG. Semakin dekat posisi dinding geser ke pusat masa maka semakin berkurang kontribusi dinding geser dalam memikul beban gempa.

Pengecekan Kinerja Struktur Tak Beraturan

Pada penelitian ini semua model struktur dilakukan pengecekan terhadap kinerja struktur. Namun hanya model 1 yang memenuhi kinerja struktur terhadap gempa rencana, sedangkan model 2, model 3, dan model 4 tidak mencapai kinerja struktur (gambar 3). Maka pembahasan pengecekan kinerja struktur pada penelitian ini terdapat satu model saja yaitu model 1.

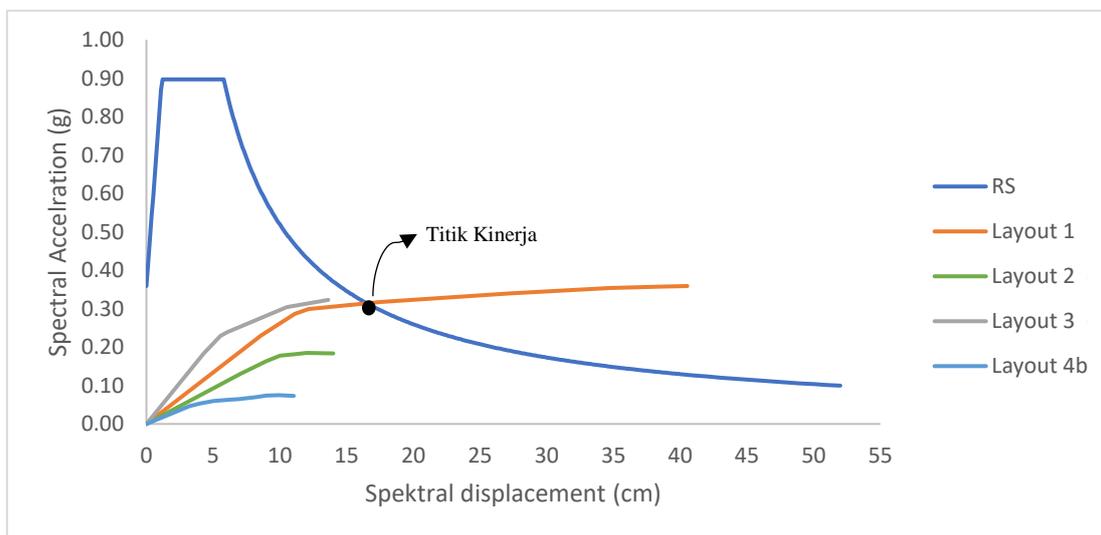
Ada dua hasil analisis *pushover* yang perlu diperhatikan, yaitu terpenuhinya mekanisme keruntuhan *strong column-weak beam* melalui pengamatan sendi plastis dan kurva kapasitas untuk mengetahui nilai perpindahan pada titik leleh. Mekanisme keruntuhan sendi plastis untuk bangunan yang berada pada daerah rawan gempa, keruntuhan diharapkan hanya terjadi pada elemen balok dan tidak terjadi pada elemen kolom. Urutan mekanisme keruntuhan ini dapat diketahui dengan mengamati sendi plastis yang muncul pada analisis *pushover*. Setelah analisis dilakukan, dapat dilihat bahwa sendi plastis hanya terjadi pada elemen balok. Sendi plastis terbanyak muncul pada analisis *pushover* step 12 untuk model 1, step 6 pada model 2, step 9 pada model 3, dan step 5 pada model 4 (Tabel 7). Secara praktis dapat disimpulkan bahwa bangunan tersebut memenuhi kriteria mekanisme kolom kuat dan balok lemah.

Kurva kapasitas hasil analisis berupa gambaran hubungan antara gaya geser dasar V dengan perpindahan pada atap. Penentuan titik acuan pada penelitian ini dipilih yang terdekat dengan pusat massa karena model berbentuk tak beraturan. Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa perpindahan saat leleh terjadi pada model 1 saat pembebanan mencapai step ke-12 dengan nilai sebesar 405.28 mm. Pada model 2 saat pembebanan mencapai step ke-6 dengan nilai sebesar 141.4 mm. Pada model 3 saat pembebanan mencapai step ke-9 dengan nilai sebesar 110.39 mm. Pada model 4 saat pembebanan mencapai step ke-5 dengan nilai sebesar 136.26 mm.

Tabel 7 : Nilai perpindahan max untuk menentukan level kinerja struktur arah x

Step	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
	Perpindahan	Pembebanan	Perpindahan	Pembebanan	Perpindahan	Pembebanan	Perpindahan	Pembebanan
	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1	85.80	4599.05	71.00	2299.42	4.290	3679.236	3.232	930.800
2	111.14	5728.28	90.80	2824.04	5.557	4582.627	3.999	1110.920
3	121.47	5981.20	100.90	3010.50	6.074	4784.959	5.024	1199.173
4	175.09	6342.88	111.50	3171.34	10.506	6089.165	6.233	1249.715
5	272.51	6799.31	122.00	3299.56	13.626	6459.348	6.959	1291.735
6	348.05	7082.71	141.40	3279.56			8.202	1345.712
7	366.69	7121.38					9.002	1396.349
8	383.33	7139.42					9.895	1409.512
9	405.24	7180.04					11.039	1306.900
10	405.27	7180.32						
11	405.27	7180.31						
12	405.28	7180.34						

Menentukan nilai kinerja struktur model 1 dengan perbandingan antara perpindahan maksimum dengan tinggi bangunan sebesar $405.28/40000 = 0.0101$. Berdasarkan tabel 4 nilai kinerja struktur model 1 termasuk kedalam tingkat kinerja struktur **damage control** yang berarti bahwa bangunan mengalami kerusakan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah).



Gambar 3 : Kurva Titik Kinerja Arah X

Berdasarkan gambar 3 terlihat bahwa hanya model 1 yang mencapai titik kinerja dimana posisi dinding geser berada pada ujung bangunan. Pada saat target *drift* 2% maka *spectra acceleration* layout 1a sebesar 0.34 g. Pada saat target *drift* 1% maka *spectra acceleration* layout 1a sebesar 0.28 g, layout 2b sebesar 0.17 g, layout 3b sebesar 0.30 g, dan layout 4b sebesar 0.070 g. Pada target *drift* 0.5% maka *spectra acceleration* layout 1a sebesar 0.23 g, layout 2b sebesar 0.13 g, layout 3b sebesar 0.22 g, dan layout 4b sebesar 0.06 g.

KESIMPULAN

Pengaruh posisi dinding geser yang ideal terhadap pengecekan perilaku struktur berdasarkan persyaratan SNI 1726 2019 berada diujung bangunan seperti yang terdapat pada model 1 memiliki perilaku mode shape arah translasi. Periode yang dihasilkan lebih besar dari periode maksimum sehingga digunakan periode maksimum. KH termasuk kedalam tipe 1a, tipe 1b, dan tipe dua maka dilakukan pengecekan berdasarkan pasal referensi. KV tidak dimiliki struktur model 1 ini. Simpangan yang dihasilkan cukup besar dengan tingkat daktilitas yang tinggi. dan perilaku struktur ganda yang proporsional dalam memikul beban gempa.

Pengaruh posisi dinding geser yang ideal terhadap kinerja struktur tercapai pada posisi dinding geser berada diujung bangunan seperti yang terdapat pada model 1. Berdasarkan persyaratan ATC-40 1996 kategori kinerja model satu tergolong *damage control* yang berarti bahwa bangunan mengalami kerusakan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah).

REFERENSI

- [1] Nurul Angraini U.I., Imran Imran, dan Mufti A. sultan, "Analisa Letak Dinding Geser (*Shear Wall*) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa," *Techno: Jurnal Penelitian*, vol. 08, no. 02, hlm. 297-307, 2019. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Techno>
- [2] Iswandi Imran, dan Fajar Hendrik, (2010), "Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa," Penerbit ITP: Bandung.
- [3] Yudha Lesmana, (2020), "*Handbook* Analisis dan Desain *Shear Wall* Beton Bertulang Dual Sistem Berdasarkan SNI 2847-2019 dan 1728-2019 Edisi Pertama," Andi Yogya: Yogya.
- [4] G. Andalas, S. Suyadi, dan H. R. Husni, "Analisis Layout Shear Wall Terhadap Perilaku Struktur Gedung," *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 01, no. 01, hlm. 491-502, 2016.
- [5] H. Manalip, E. Kumaat, dan F. I. Rutu, "Penempatan Dinding Geser pada Bangunan Beton Bertulang dengan Analisis *Pushover*," *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, vol. 05, No. 01, hlm. 283-293, <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime>.
- [6] Applied Technology Council, ATC-40 (1996), "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings," Redwood City: California, U.S.A.
- [7] SNI 1726 2019 "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung,"