

Analisis Perbandingan Variasi Tata Letak Dinding Geser dengan Metode *Pushover*

AMATULHAY PRIBADI*, BERNARDINUS HERBUDIMAN,
REYSYAHRI SUDRAJAT

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: amatulhay.p@itenas.ac.id

ABSTRAK

Struktur dengan perkuatan dinding geser menjadi salah satu alternatif untuk bangunan tahan gempa. Ragam tata letak dinding geser memiliki pengaruh terhadap kinerja struktur yang dapat dianalisis dengan menggunakan metode pushover. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja variasi tata letak dinding geser menggunakan metode analisis pushover pada 3 model struktur menggunakan software ETABS. Preliminary design dan pemodelan dilakukan untuk elemen struktur kolom, balok, pelat, dan dinding geser. Pembebanan diberikan sesuai desain minimum yang disyaratkan pada SNI 1727:2020 serta tata cara perencanaan ketahanan gempa di SNI 1726:2019. Struktur dianalisis menggunakan metode pushover dengan acuan FEMA 356 yang menghasilkan kurva kapasitas kinerja struktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa letak dinding geser berpengaruh terhadap besaran perpindahan atau displacement yang dialami struktur. Model 3 memiliki level kinerja terbaik berdasarkan besaran simpangan antar tingkat dan koefisien stabilitas, sedangkan model 2 merupakan struktur paling daktail diantara tiga model tersebut.

Kata kunci: *dinding geser, tata letak, pushover, beban gempa*

ABSTRACT

Structures with shear walls become one of the alternatives for seismic resistance building. Variations of shear wall layout have some influences on the performance of the structure which can be analyzed using the pushover method. This study aims to compare the performance of shear wall layout variations using the pushover analysis method on 3 structural models using ETABS software. Preliminary design and modeling are conducted for structural elements of columns, beams, slabs, and shear walls. The loads are assigned based on the minimum design requirement in SNI 1727:2020 and the procedures for seismic resistance design in SNI 1726:2019. The structures are analyzed using the pushover method according to FEMA 356 which produce capacity curves of structural performance. The results show that the layout of the shear wall affects the displacement of the structure. Model 3 has the best level of performance based on the results of story drift and the stability coefficient, while model 2 is the most ductile structure among the three models.

Keywords: *shear wall, layout, pushover, seismic load*

1. PENDAHULUAN

Gempa merupakan permasalahan yang dihadapi para perencana struktur dan Indonesia merupakan wilayah yang memiliki banyak potensi terjadinya beban tersebut. Dalam mendesain struktur, gempa merupakan suatu komponen beban yang sangat diperhitungkan, terutama untuk perencanaan struktur bangunan bertingkat banyak. Terdapat banyak metode untuk membuat bangunan tahan gempa seperti sistem rangka pemikul momen, dinding geser, *base isolation* dan metode lainnya. Tujuan dari perancangan ini yaitu untuk memperkuat dan memperkuat struktur agar mampu menahan guncangan yang diakibatkan oleh gempa maupun hal lainnya. Dinding geser merupakan salah satu solusi yang ditawarkan dengan variasi berdasarkan fungsi, geometri, penempatan, atau tata letak yang dapat mempengaruhi kinerja struktur dalam menahan beban lateral.

Penelitian yang dilakukan sebelumnya telah menganalisis struktur menggunakan beban gempa respon spektrum dengan variasi tata letak dinding geser. Hasil yang diperoleh menyimpulkan adanya perbedaan rasio simpangan antar lantai serta ragam getar antara struktur tanpa dinding geser serta struktur dengan variasi dinding geser [6]. Oleh karena itu, pada studi ini akan dilakukan analisis perbandingan 3 model struktur dengan tata letak yang berbeda dengan metode *pushover* untuk mengetahui efektivitas dan kinerja struktur dari masing-masing model penempatan dinding geser.

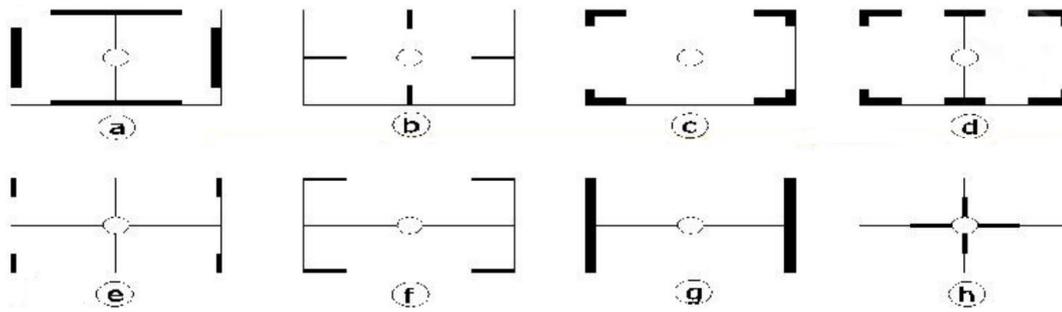
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Dinding Geser

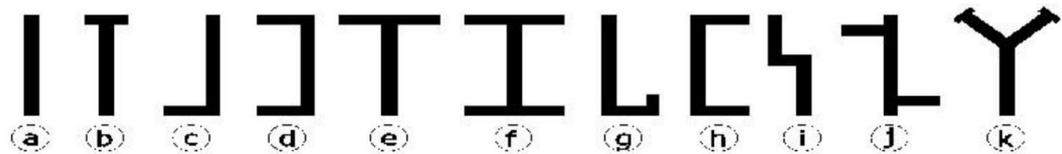
Dinding geser merupakan bagian dari struktur vertikal yang dikhususkan untuk bangunan tahan gempa terutama bangunan tinggi serta berfungsi sebagai penahan beban lateral seperti gempa dan angin. Pada penggunaannya, dinding geser selalu bersandingan dengan suatu rangka pemikul momen, baik khusus menengah atau sederhana, biasanya digunakan dinding geser bertipe kantilever. Kedua sistem tersebut bersinergi meski memiliki sifat dan perilaku yang berbeda sehingga menimbulkan struktur yang lebih ekonomis. Untuk mampu menahan gaya lateral yang terjadi akibat beban gempa dan beban angin, maka diperlukan dinding geser yang menopang kuat struktur tersebut dengan syarat paling tidak 3 dinding geser dibutuhkan untuk penahan gaya lateral dan garis pengaruh dari dinding geser tersebut tidak berpotongan pada satu titik. Dinding geser dengan persyaratan tersebut dapat dikategorikan sebagai dinding geser yang memberikan stabilitas baik pada bangunan bertingkat.

2.2 Tata Letak dan Bentuk Dinding Geser

Terdapat dua tipe pada sistem dinding geser yaitu sistem terbuka dan tertutup. Sistem terbuka yaitu unsur linear tunggal atau gabungan unsur yang tidak lengkap melingkupi ruang geometris. Contoh dari sistem terbuka yaitu bentuk L, T, X, H, Y, dan V. Sedangkan sistem tertutup terdiri dari ruang geometris seperti bentuk persegi, persegi panjang, bulat, dan segitiga. Variasi dari bentuk dan penempatan dari dinding geser seperti pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** dapat berpengaruh terhadap perilaku struktur saat diberikan beban lateral [1].



Gambar 1. Variasi tata letak dinding geser



Gambar 2. Variasi bentuk dinding geser

2.3 Analisis Pushover

Analisis *pushover* merupakan analisis statis non linier untuk mengevaluasi perilaku keruntuhan dan mengetahui kapasitas dari suatu struktur. Metode ini dilakukan dengan memberikan pola beban statik tertentu dalam arah lateral yang besarnya ditingkatkan secara bertahap dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan atau pola keruntuhan tertentu tercapai. Dari hasil analisis *pushover*, dapat digambarkan hubungan antara gaya geser yang diberikan (V) dengan perpindahan yang terjadi pada atap (D) atau disebut dengan kurva kapasitas [8].

2.3.1 Metode Displacement Coefficient (FEMA 356)

Metode FEMA 356 adalah metode perhitungan dengan memodifikasi respon elastis linier dengan faktor koefisien C_0 , C_1 , C_2 , dan C_3 sehingga diperoleh perpindahan global maksimum (elastis dan inelastis). Waktu getar efektif (T_c) ditetapkan dahulu untuk memperhitungkan kondisi inelastis struktur [7]. Target perpindahan pada titik kontrol δ_T dihitung dengan **Persamaan 1** berikut.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a (T_e / 2\pi)^2 g \quad \dots(1)$$

dengan:

- δ_T = target peralihan,
- T_c = waktu getar alami efektif,
- C_0 = faktor modifikasi untuk konversi spectral displacement struktur SDOF ekuivalen menjadi roof displacement struktur sistem MDOF,
- C_1 = faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastis maksimum dengan perpindahan dari respon elastik linier,
- C_2 = faktor modifikasi untuk mewakili efek dari bentuk histeresis pada perpindahan maksimum,
- C_3 = faktor modifikasi untuk mempertimbangkan pembesaran lateral akibat efek P-Delta,
- S_a = percepatan respon spektrum pada waktu getar alami efektif dan rasio redaman pada arah yang ditinjau,
- g = percepatan gravitasi = 9,81 m/detik².

Tingkat kinerja struktur serta batasan *drift* berdasarkan FEMA 356 adalah sesuai persyaratan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** berikut.

Tabel 1. Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan FEMA 356

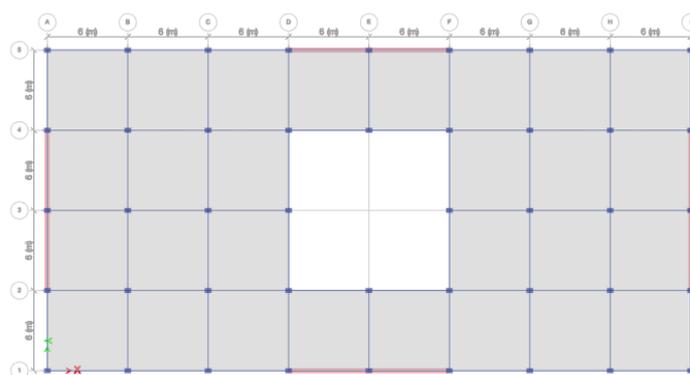
Tingkat kinerja	Kondisi bangunan setelah gempa
Operasional	Tidak ada kerusakan berarti pada struktur dan nonstruktur bila terjadi gempa yang artinya bangunan tetap berfungsi
<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Bila terjadi gempa, tidak ada kerusakan struktur yang berarti kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa, maka bangunan dapat dipakai
<i>Life Safey (LS)</i>	Bila terjadi gempa, bangunan mengalami sedikit kerusakan struktural namun masih bisa menahan beban gempa yang terjadi, sehingga keselamatan penghuni masih terjamin
<i>Collapse Prevention (CP)</i>	Bila terjadi gempa, bangunan mengalami kerusakan berat pada struktur dan non struktur namun belum terjadi keruntuhan pada bangunan

Tabel 2. Batasan Rasio Simpangan Antar Lantai Berdasarkan FEMA 356

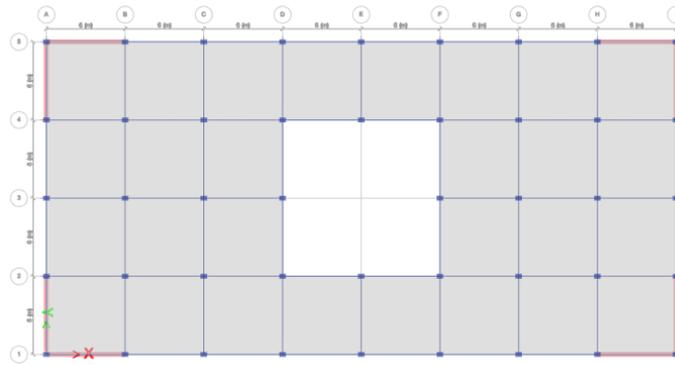
Struktur	Batasan <i>Drift</i> (%)		
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Collapse Prevention</i>
Concrete Frame	1	2	4 (2,9 ^a)
Concrete Wall	0,5	1 (0,85 ^b)	2 (1,2 ^b)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

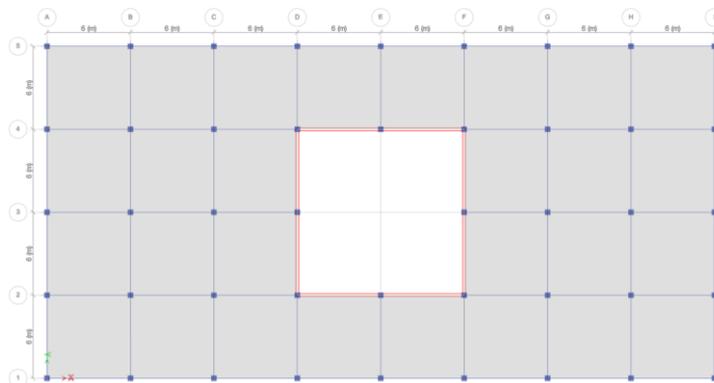
Langkah pertama pada penelitian ini adalah melakukan tinjauan pustaka dan studi literatur yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan dan analisis struktur. Selanjutnya dilakukan pemodelan struktur model 1, model 2, dan model 3 seperti pada **Gambar 3** hingga **Gambar 5** menggunakan *software* ETABS 2018, dengan melakukan *preliminary design* sebagai estimasi dimensi struktur. Lalu data pembebanan dimasukkan berdasarkan SNI 1727:2020 [4] dan perencanaan struktur terhadap beban gempa yaitu SNI 1726:2019 [2]. Setelah itu, dilakukan *run analysis* pada ETABS 2018 untuk mendapatkan gaya aksial, gaya geser dan momen lentur dan pengecekan kapasitas struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2019 [3]. Hasil respon struktur yang didapat dari analisis struktur yaitu gaya lateral ekuivalen, pengaruh P-delta, simpangan antar lantai, sistem ganda dan ketidakberaturan struktur. Jika struktur yang direncanakan tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan pemodelan ulang dengan menghitung ulang *preliminary design* hingga didapat dimensi struktur yang memenuhi kriteria tersebut. Setelah pengerjaan analisis struktur dilakukan, maka akan dilakukan analisis dengan metode *pushover* yang mengacu pada FEMA 356 [5].



Gambar 3. Denah pemodelan struktur dinding geser model 1



Gambar 4. Denah pemodelan struktur dinding geser model 2



Gambar 5. Denah pemodelan struktur dinding geser model 3

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Teknis

Penelitian ini menggunakan data struktur dari *preliminary design*, dengan mutu beton bertulang sebesar (f_c') = 30 MPa dan baja tulangan (f_y) = 420 MPa. Bangunan berupa perkantoran dengan 6 lantai (tinggi lantai dasar sebesar 4 m, sedangkan lantai lainnya yaitu 3,5 m) berlokasi di Sumedang dengan jenis tanah keras. Hasil estimasi dimensi elemen struktur ditunjukkan sebagai berikut ini:

- | | |
|------------------------------|--------------|
| a. Ukuran kolom lantai 1 – 3 | = 600x600 mm |
| b. Ukuran kolom lantai 4 – 6 | = 400x400 mm |
| c. Ukuran balok | = 600x400 mm |
| d. Tebal pelat | = 200 mm |
| e. Tebal dinding geser | = 200 mm |
| f. Tebal pelat lantai | = 0,35 m |

4.2 Hasil Analisis Struktur Menggunakan *Software* ETABS 2018

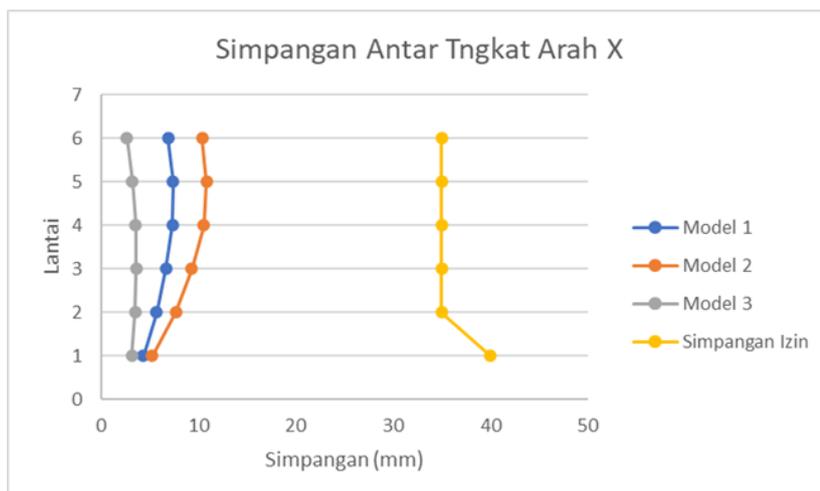
Penelitian ini memodelkan 3 struktur dengan 3 variasi letak dinding geser. Setelah dilakukan penginputan pembebanan pada setiap lantai, maka struktur gedung akan dilakukan *perform analysis*. Setelah selesai melakukan analisis struktur pada *software*, maka dapat diperoleh hasil pengecekan gaya geser dasar, simpangan antar lantai, pengaruh P-Delta, dan sistem ganda pada **Tabel 3** sampai **Tabel 5** dan **Gambar 6** sampai **Gambar 9**.

Tabel 3. Pengecekan Gaya Geser pada Sistem Struktur

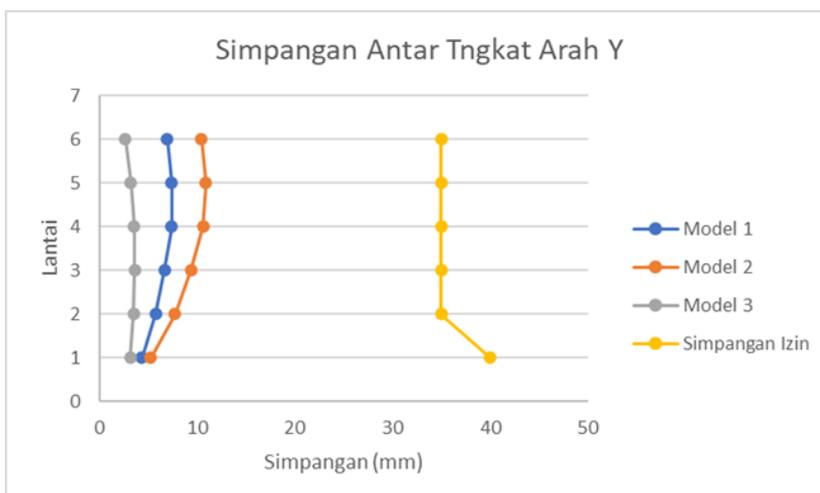
Struktur	Model 1		Model 2		Model 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
Berat Struktur, W [kN]	62.606,25	62.606,25	62.606,25	62.606,25	62.816,25	62.816,25
C_s	0,1129	0,1129	0,1129	0,1129	0,1129	0,1129
Gaya Geser Dasar Statik, V [kN]	7.065,56	7.065,56	7.065,56	7.065,56	7.089,26	7.089,26
Gaya Geser Dasar Dinamik, V_i [kN]	3.992,30	3.992,21	4.459,92	4.458,56	4.808,01	4.808,25

Tabel 4. Pengecekan Faktor Skala unttuk Gaya Geser Dasar

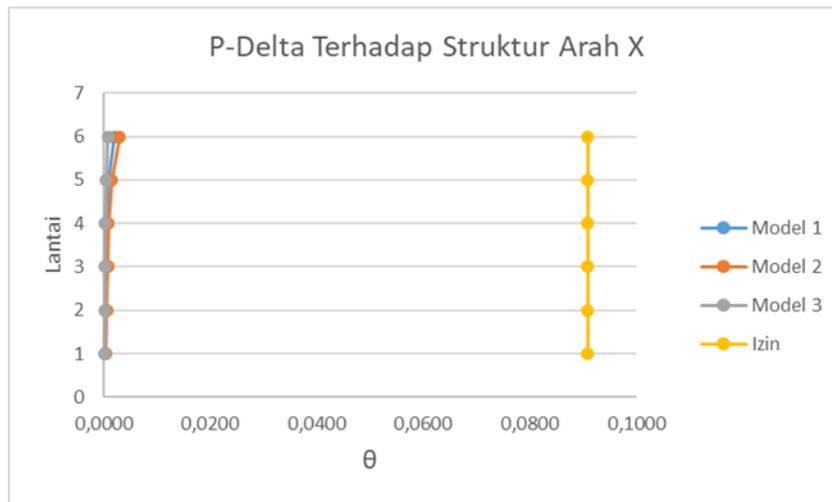
Struktur	Model 1		Model 2		Model 3	
V_i/V	0,56504	0,56502	0,63122	0,63102	0,67821	0,67824
Cek	NOT OK					
Faktor Skala	1,4010	1,4010	1,4010	1,4010	1,4010	1,4010
Skala Baru [m/s²]	2,4794	2,4795	2,2194	2,2201	2,0657	2,0656



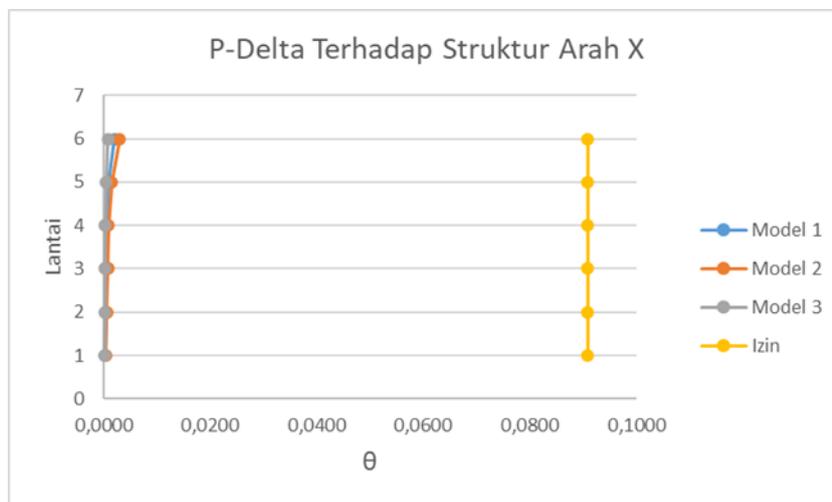
Gambar 6. Simpangan antar tingkat arah X



Gambar 7. Simpangan antar tingkat arah Y



Gambar 8. Pengaruh p-delta arah X



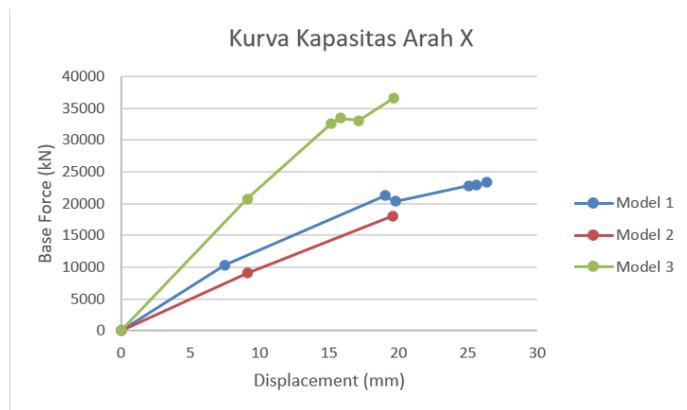
Gambar 9. Pengaruh p-delta arah Y

Tabel 5. Analisis Sistem Ganda Model 1, Model 2, dan Model 3

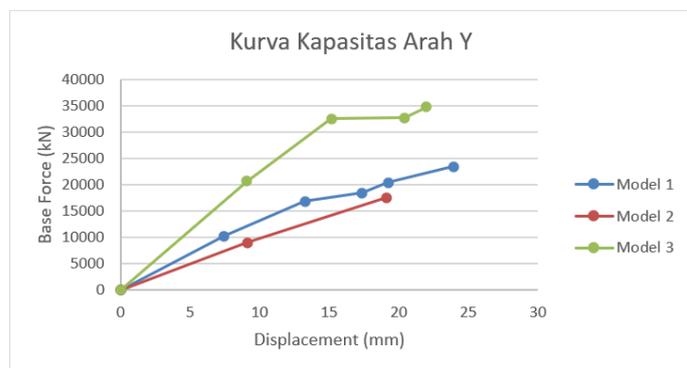
Load Case	Model 1	Model 2	Model 3
	[kN]	[kN]	[kN]
Base Shear (V_{rx})	7.065,564	7.083,924	7.089,261
Base Shear (V_{ry})	7.065,562	7.065,563	7.089,261
Shear Wall Reaction (V_{swx})	5.019,57	4.999,80	5.054,85
Shear Wall Reaction (V_{swy})	5.029,34	4.998,16	5.062,14
Persentase X	71,043	70,580	71,303
Persentase Y	71,181	70,740	71,406

4.3 Analisis Pushover

Setelah struktur dianalisis sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2019 [2] dan memenuhi kriteria bangunan tahan gempa, dilakukan analisis *pushover* yang menghasilkan kurva kapasitas struktur dari tiap model seperti pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** berikut.



Gambar 10. Grafik *V vs displacement* struktur arah X

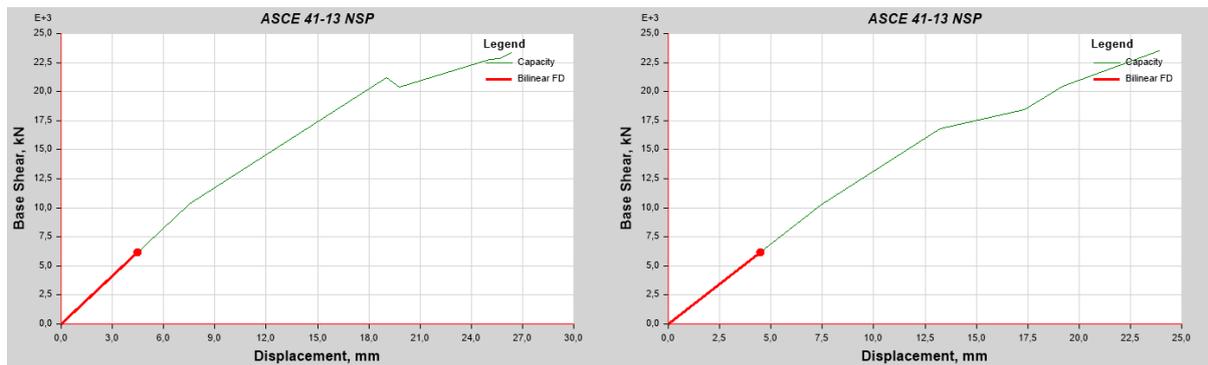


Gambar 11. Grafik *V vs displacement* struktur arah Y

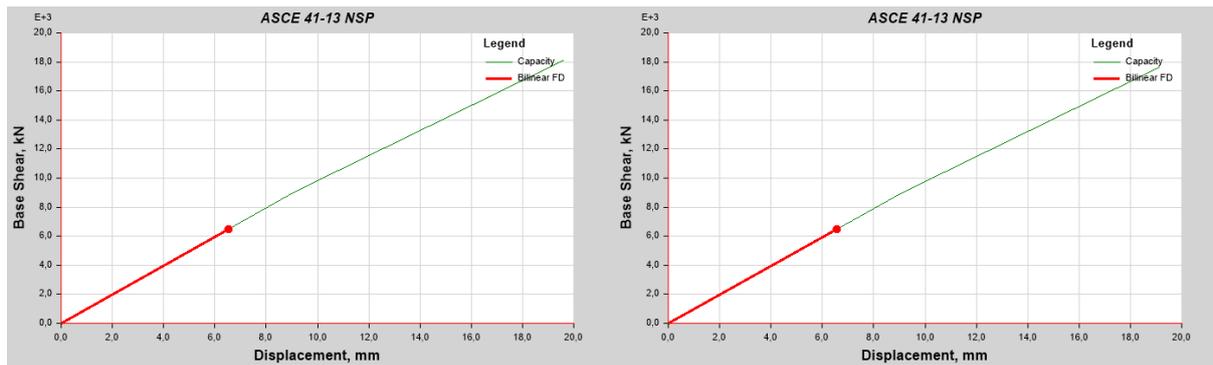
Hasil kurva kapasitas menunjukkan bahwa setiap model dengan tata letak dinding geser yang berbeda memiliki kapasitas yang berbeda pula. Dapat dilihat bahwa model 3 dengan beban dorong yang paling besar memiliki perpindahan yang relatif kecil, baik beban dorong, baik arah x maupun arah Y.

4.3 FEMA 356

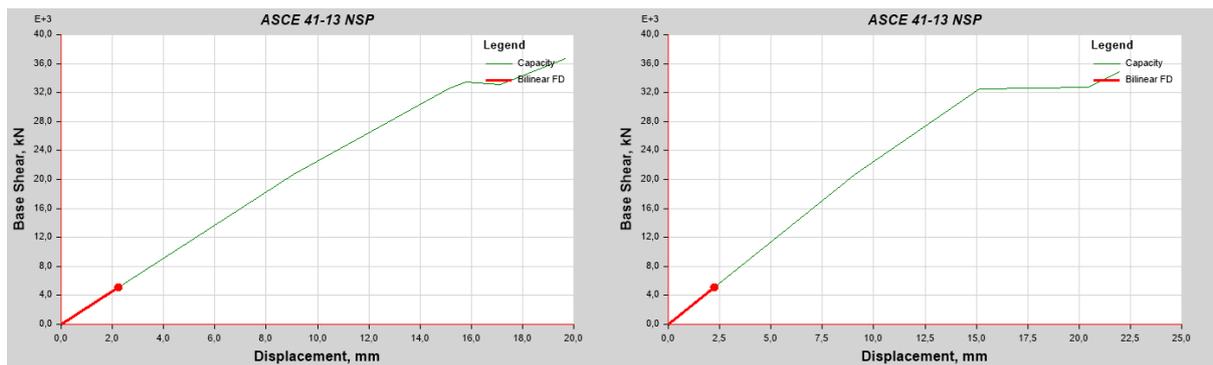
Metode FEMA 356 adalah metode perhitungan dengan memodifikasi respon elastis linier dengan faktor koefisien C_0 , C_1 , C_2 , dan C_3 sehingga diperoleh perpindahan global maksimum (elastis dan inelastis). yang dapat dilihat pada **Gambar 12** hingga **Gambar 14**.



Gambar 12. Kurva Bilinear arah X (kiri) dan arah Y (kanan) pada model 1



Gambar 13. Kurva Bilinear arah X (kiri) dan arah Y (kanan) pada model 2



Gambar 14. Kurva Bilinear arah X (kiri) dan arah Y (kanan) pada model 3

4.3 Pembahasan

Setelah dilakukan analisis secara pushover dengan acuan [5], maka struktur dapat dinilai kinerjanya dan diberikan level atas kemampuan kinerja struktur, seperti yang disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Kinerja Struktur Arah X

Model	Perpindahan Target δ_t [m]	H Struktur [m]	Drift Aktual	Kinerja
1	0,002101	21,5	0,00977%	IO
2	0,003506	21,5	0,01631%	LS
3	0,001402	21,5	0,00652%	IO

Tabel 7. Kinerja Struktur Arah Y

Model	Perpindahan Target δ_t [m]	H Struktur [m]	Drift Aktual	Kinerja
1	0,002101	21,5	0,00977%	IO
2	0,003552	21,5	0,01652%	LS
3	0,001403	21,5	0,00653%	IO

Berdasarkan hasil tabel, struktur model 2 pada arah X memiliki target perpindahan yang paling besar, sedangkan struktur model 3 yang terkecil. Hal yang sama terjadi pada struktur arah Y, dimana model 3 merupakan struktur dengan target perpindahan paling besar, sedangkan untuk yang terkecil pada model 3. Nilai target perpindahan lalu dibandingkan dengan tinggi keseluruhan struktur untuk memperoleh nilai *drift* aktual yaitu nilai yang mencerminkan kinerja dari struktur tiap modelnya, baik arah X maupun Y.

Ketiga model struktur memiliki nilai *drift* actual yang relatif kecil. Sesuai acuan level kinerja struktur pada FEMA 356, struktur dikategorikan pada level kinerja IO atau *immediate*

occupancy pada model 1 dan 3, yang berarti bangunan tidak mengalami kerusakan pada bagian struktural. Sedangkan pada model 2, struktur memiliki kinerja dengan level LS atau *life safety*. Sehingga apabila terjadi gempa, bangunan mengalami sedikit kerusakan struktural namun masih bisa menahan beban gempa yang terjadi, sehingga keselamatan penghuni masih terjamin.

Tabel 8. Daktilitas Struktur

Struktur	Model 1		Model 2		Model 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
Perpindahan maks	26,684	26,925	19,589	19,226	21,955	20,429
Perpindahan leleh	7,489	7,27	9,097	9,107	9,084	9,084
Daktilitas	3,56309	3,70358	2,15335	2,11112	2,41689	2,24890

Nilai daktilitas didapat dari rasio antara perpindahan maksimum dengan perpindahan saat leleh dari struktur. Dapat dilihat pada **Tabel 8** bahwa nilai daktilitas pada struktur model 1 di kedua arah adalah paling besar dibandingkan dengan struktur model lainnya, sedangkan model 2 merupakan struktur dengan nilai daktilitas yang terkecil.

5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengecekan simpangan antar lantai, model 3 memiliki simpangan antar tingkat yang paling kecil diantara model lainnya baik terhadap arah X maupun arah Y. Sedangkan model 2 merupakan struktur dengan simpangan terbesar pada kedua arah tersebut.
2. Semua model struktur memiliki koefisien stabilitas yang lebih rendah dibandingkan koefisien stabilitas izin yang ditetapkan oleh SNI 1726:2019.
3. Dinding geser selaku elemen pengaku struktur, tidak memikul lebih dari 75% gaya yang terjadi pada setiap modelnya, maka setiap model memenuhi kriteria sistem ganda.
4. Berdasarkan hasil evaluasi dan pembahasan analisis *pushover* sesuai FEMA 356, *drift* aktual yang terjadi pada setiap model memiliki kinerja struktur dengan label IO, yang menyimpulkan bahwa model struktur tidak akan mengalami kerusakan yang berat saat terjadi gempa.
5. Model 1 merupakan struktur yang paling daktail, sedangkan model 2 merupakan yang paling kaku. Namun struktur model 3 menunjukkan kinerja struktur yang lebih baik dibanding model lainnya, dikarenakan kinerja yang lebih baik dengan label IO, nilai simpangan antar tingkat kecil, serta koefisien stabilitas yang lebih kecil dibanding model lainnya.

6. SARAN

Berdasarkan pembahasan, analisis, evaluasi serta kesimpulan penelitian ini, maka saran yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan analisis kinerja dan perbandingan respon struktur dinding geser dengan lebih banyak tipe dan tata letak dinding geser.
2. Sebaiknya perlu dilakukan perbandingan analisis struktur tata letak *shear wall* dengan menggunakan metode lainnya seperti *time history analysis*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afiludin, Z. (2015). *Analisa Dinding Geser dengan Buakan pada Pembangunan Hotel Harvest Batu. Tugas Akhir*. Malang: Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Federal Emergency Management Agency. (2000). *FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building*. Washington DC: Federal Emergency Management Agency.
- [6] Jannah, A. N. (2018). *Kajian Perbandingan Respon Struktur Bangunan Bertingkat dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser Akibat Beban Gempa Dinamik Respon Spektrum. Tugas Akhir*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
- [7] Pranata, Y. A. (2006). Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analysis sesuai ATC-40, FEMA 365 dan FEMA 440. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha*, 3(1), 41-52.
- [8] Suwandi, H. P. (2019). Analisis Gempa Non-Linear Static Pushover dengan Metode ATC-40 untuk Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDUluS)*, 1(1), 35-45.