

KINERJA STRUKTUR GEDUNG SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) DENGAN BERBAGAI KONFIGURASI DAN POSISI DINDING GESER

I Ketut Sudarsana, I Nyoman Sutarja, dan Mulya Dewi

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Udayana

Email: ksudarsana@unud.ac.id

Abstrak: Kinerja struktur suatu gedung dengan sistem ganda dapat menjadi lebih optimal bila penempatan dan penggunaan bentuk dinding geser yang digunakan diperhitungkan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh konfigurasi dan posisi dinding geser pada struktur gedung beton bertulang beraturan dengan mengevaluasi kinerja struktur yang dicapai gedung tersebut. Lima model struktur yang ditinjau terdiri dari 25 tingkat, dengan 2 variasi bentuk dan penempatan dinding geser yang berbeda antar denahnya. Konfigurasi bentuk dinding yang digunakan yakni bentuk I dan L. Struktur gedung berfungsi sebagai perkantoran yang terletak di wilayah kelas situs D dengan kondisi tanah sedang. Denah struktur terdiri dari 5 bentang ke arah X dan 3 bentang ke arah Y dengan lebar tipikal sebesar 5 meter. Tinggi lantai dasar yaitu 4 meter dan tinggi setiap lantai di atasnya sebesar 3,5 meter. Struktur dianalisis dengan analisis statis nonlinier *pushover* dan dimodel secara 3 dimensi pada program SAP2000. Dinding geser dimodel sebagai kolom lebar agar sendi plastis pada dinding dapat didefinisikan. Evaluasi level kinerja struktur mengikuti FEMA 440. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh struktur telah mencapai target perpindahan yang telah dihitung berdasarkan parameter dari FEMA 440 dan level kinerja yang dihasilkan mencapai level *beyond E* atau *collapse*. Gaya geser dasar desain yang telah dihitung berdasarkan peraturan SNI 1726:2012 juga telah dicapai oleh seluruh model denah struktur. Nilai daktilitas aktual yang dihasilkan oleh struktur dengan dinding geser berbentuk I lebih besar daripada struktur dengan dinding geser berbentuk L.

Kata kunci: kinerja, konfigurasi dan posisi dinding geser, struktur beton bertulang

THE PERFORMANCE OF DUAL SYSTEM BUILDING STRUCTURES WITH VARIOUS CONFIGURATIONS AND POSITIONS OF SHEAR WALLS

Abstract: *The structural performance of a building with dual system can be optimized if the use of position and shear wall shapes are calculated properly. This study aims to examine the effect of configuration and position of shear walls on the regular reinforced concrete buildings by evaluating the structural performance that occurs. The 5 structural models consisted of 25 floors, with 2 shapes variation and different placement of shear walls between the plans. The wall shape used is the form I and L. The building functions as an office located in the class D site with medium soil conditions. The structure plans consist of 5 span X and 3 span Y directions with the same width of 5 meters. The ground floor height is 4 meters and the each floor above is 3.5 meters. The structure was analyzed by pushover analysis in 3D on the SAP2000. The shear wall was modeled as a wide column so that the plastic hinges on the wall can be defined. Evaluation of structural performance levels follows FEMA 440. The analysis results show that all structures have reached the displacement target that has been calculated based on the parameters of FEMA 440 and the resulting performance level reaches beyond E level or collapse. The basic shear design that has been calculated based on SNI 1726:2012 has also been achieved by all structural plan models. The actual ductility values that occur in structures with an I-shaped shear wall are greater than those with an L-shaped shear wall.*

Keywords: *configuration and position of shear walls, performance, reinforced concrete structure*

PENDAHULUAN

Sebagian besar wilayah Indonesia memiliki intensitas gempa yang tinggi, sehingga semua struktur yang berada dekat jalur gempa sirkum pasifik dan sirkum asiatic memiliki resiko gempa tinggi. Gaya yang dihasilkan oleh gempa bumi bekerja sebagai gaya lateral atau gaya horizontal pada struktur terutama struktur gedung. Semakin tinggi suatu gedung, maka semakin besar pula deformasi lateral yang terjadi akibat gempa tersebut. Oleh karena itu, suatu struktur harus memiliki stabilitas dan kemampuan yang cukup untuk menahan gaya lateral tersebut.

Tahanan lateral struktur gedung dihasilkan oleh komponen vertical struktur yaitu kolom-kolom dan pengaku lateral yang dipakai. Pengaku lateral yang umum digunakan pada struktur beton bertulang adalah dinding geser. Jika dinding geser ditempatkan dengan benar, maka dinding geser tersebut dapat menjadi suatu sistem struktur penahan gaya lateral yang efektif bagi suatu struktur. Efek puntir yang berlebihan akibat tidak berimpitnya pusat kekakuan gedung dengan pusat massa dapat dihindari apabila dinding geser ditempatkan simetris pada gedung tingkat tinggi atau gedung yang menerima beban gempa besar (Widyawati, 2006). Selain itu, kinerja suatu struktur gedung dapat lebih optimal bila pola penempatan dan metode analisis dari dinding geser yang digunakan tepat (Manalip dkk, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan terhadap penempatan posisi dan konfigurasi dinding geser sangat penting untuk dilakukan guna mencapai perilaku yang lebih optimal (Widyawati, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh konfigurasi bentuk dan penempatan dinding geser pada denah terhadap kinerja struktur suatu gedung beton bertulang 25 tingkat. Kinerja struktur akan dievaluasi berdasarkan simpangan, gaya geser dasar, dan *drift ratio* yang terjadi pada struktur tersebut. Konfigurasi bentuk yang digunakan pada penelitian ini adalah bentuk I dan L. Terdapat 5 model denah dengan penempatan posisi dinding geser yang berbeda pada setiap denah dengan luas penampang yang tetap untuk keseluruhan model.

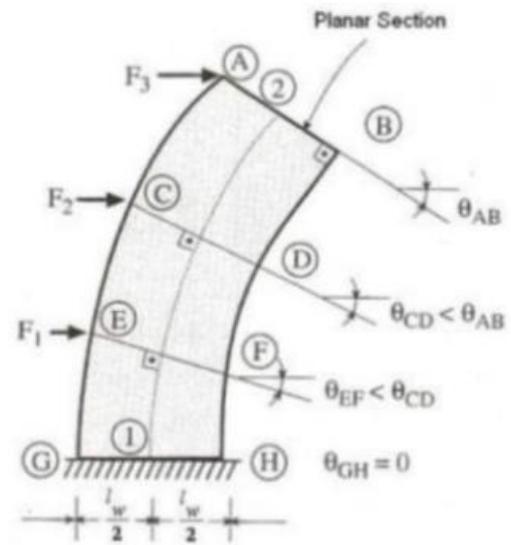
Struktur dimodelkan secara 3 dimensi dengan program SAP2000 ver.19. Untuk mendapatkan kinerja struktur yang dicapai, maka struktur dianalisis dengan analisis statis nonlinier *pushover*. Evaluasi kinerja struktur pada

penelitian ini mengikuti FEMA 440. Struktur gedung yang dianalisis berfungsi sebagai perkantoran.

MATERI DAN METODE

Pemodelan Dinding Geser sebagai Portal Ekuivalen

Pada metode pemodelan ini, dinding geser beton bertulang diganti dengan sumbu pusat massa, dengan elemen garis yang disebut juga dengan lebar kolom. Hal ini diasumsikan bahwa pada bagian dari dinding geser yang terletak tegak terhadap sumbu pusat massa, deformasi yang diakibatkan oleh beban lateral tetap terjadi (Atimtay, 2001) seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Deformasi pada dinding struktural akibat beban lateral (Atimtay, 2001)

Agar perilaku dinding geser dapat dipastikan tetap sama sebagai portal ekuivalen, maka balok dinding geser dimodel sebagai elemen kaku yang memiliki panjang setengah dari panjang dinding (l_w/2). Balok pada daerah kaku tersebut menggunakan *rigid zone factor* sebesar 1 pada fasilitas *end offset* untuk menjamin tidak terjadi rotasi pada join yang panjangnya dispesifikasikan dengan setengah dari panjang balok itu sendiri.

Metode Displacement Coefficient FEMA 440

Metode ini merupakan metode *displacement coefficient* FEMA 356 yang telah mengalami modifikasi dan perbaikan pada faktor modifikasi C₁ dan C₂ dalam perhitungan target perpindahan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung

target perpindahan sama seperti pada FEMA 356 yaitu:

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

Keterangan:

δ_T : target perpindahan

C_0 : koefisien faktor bentuk untuk mengonversi perpindahan spektral menjadi perpindahan atap

$$C_1 = 1 + [(R-1)/(a \cdot \{T_e\}^2)] \quad (2)$$

T_e : waktu getar alami efektif

R : strength ratio, dihitung dengan persamaan:

$$R = [S_a / (V_y / W)] \cdot C_m \quad (3)$$

α : rasio kekakuan pasca leleh dengan kekakuan elastis efektif

S_a : percepatan spektrum respons

V_y : gaya geser dasar saat kondisi leleh

W : berat efektif seismik

C_m : faktor massa efektif

$$C_2 = 1 + [1/800 \cdot ((R-1)/T_e)^2] \quad (4)$$

C_3 : faktor untuk menghitung pembesaran lateral akibat efek P-Delta

g : percepatan gravitasi

Data Material dan Geometri

Data material yang digunakan antara lain:

- Kuat tekan beton (f'_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) :

23500 MPa

- Berat jenis beton : 2400

kg/m³

- Kuat leleh baja longitudinal (f_y) :

400 MPa

- Kuat leleh baja transversal (f_{ys}) :

400 MPa

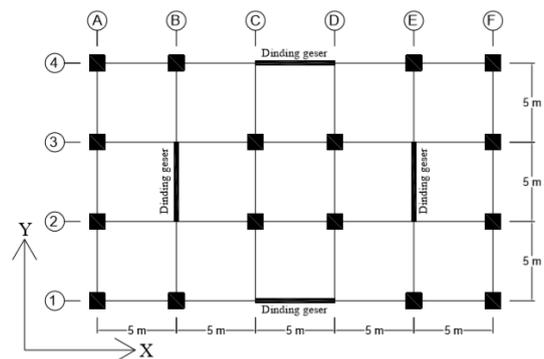
Data geometri yang digunakan antara lain:

- Dimensi balok induk (mm) : 400 x 600
- Dimensi kolom lantai 1-8 (mm) :

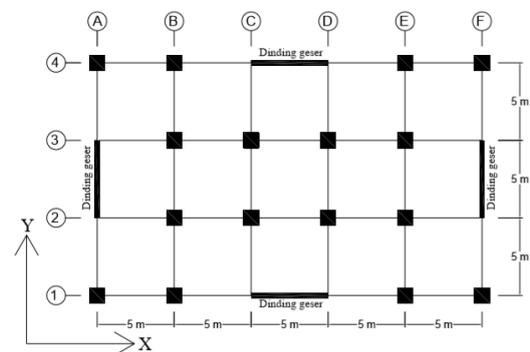
800 x 800

- Dimensi kolom lantai 9-25 (mm) : 600 x 600
- Tebal pelat (mm) : 120
- Tebal dinding geser (mm) : 300

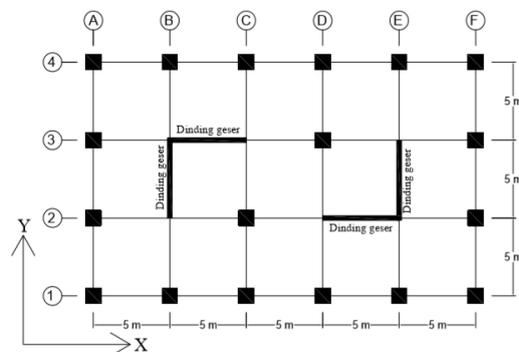
Struktur yang ditinjau berupa struktur beton bertulang 25 tingkat dengan ketinggian lantai dasar yakni 4 meter dan tinggi tiap lantai di atasnya sebesar 3,5 meter. Struktur terdiri dari 5 bentang ke arah X dan 3 bentang ke arah Y dengan lebar bentang yang sama yaitu sebesar 5 meter. Beban yang dikerjakan pada struktur berupa beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa. Beban analisis *pushover* dalam dua arah yaitu arah X (*Push X*) dan arah Y (*Push Y*). Denah setiap model disajikan pada Gambar 2 sampai Gambar 6.



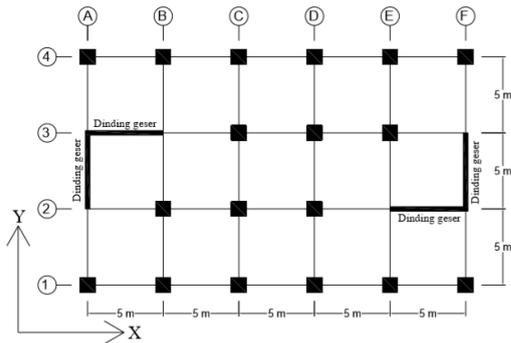
Gambar 2. Denah konfigurasi dan posisi dinding geser Tipe 1



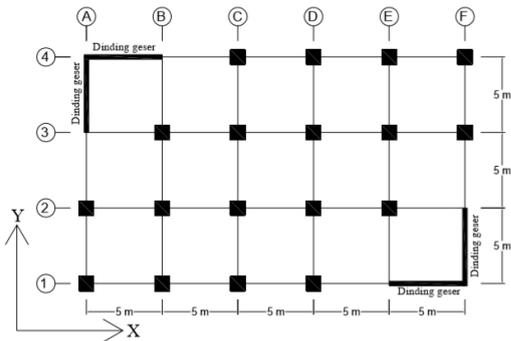
Gambar 3. Denah konfigurasi dan posisi dinding geser Tipe 2



Gambar 4. Denah konfigurasi dan posisi dinding geser Tipe 3



Gambar 5. Denah konfigurasi dan posisi dinding geser Tipe 4



Gambar 6. Denah konfigurasi dan posisi dinding geser Tipe 5

Perhitungan Gaya Geser Dasar Desain

Berdasarkan data letak bangunan dan kondisi tanah tempat bangunan berada, tahapan menghitung gaya geser dasar desain sesuai SNI 1726:2012 yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan parameter percepatan respon spektral pada periode pendek (S_s) dan parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik (S_1). Data ini dapat diambil dari peta gempa.
2. Menentukan koefisien situs untuk periode pendek (F_A) dan koefisien situs untuk periode 1 detik (F_V).
3. Menentukan percepatan spektral desain pada periode pendek (S_{DS}) dan percepatan spektral desain pada periode 1 detik (S_{D1}). Data ini dihitung dengan persamaan yang telah ditentukan oleh SNI 1726:2012.
4. Menentukan faktor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan kategori risiko sesuai SNI 1726:2012.
5. Menentukan koefisien modifikasi respons (R) yang telah diatur dalam tabel faktor R untuk sistem penahan gaya gempa pada peraturan.
6. Menentukan koefisien respon seismik dengan persamaan yang telah dimuat pada peraturan.

7. Menghitung gaya geser dasar desain struktur dengan persamaan yang telah diatur pada SNI 1726:2012. Gaya geser dasar desain yang diperoleh untuk penelitian ini yaitu sebesar 9675,26 kN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dimensi dan Rasio Tulangan

Semua tulangan yang terpasang pada balok harus memenuhi syarat rasio tulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}), yaitu berturut-turut sebesar 0,35% dan 2,5%, sedangkan untuk rasio tulangan longitudinal pada kolom harus memenuhi persyaratan $1\% \leq \rho \leq 6\%$. Tabel 1 sampai Tabel 3 menampilkan hasil rekapitulasi rasio tulangan balok dan kolom yang digunakan dan seluruhnya telah memenuhi persyaratan rasio tulangan. Penempatan dinding geser dengan Tipe L pada denah struktur (Denah 3 dan 4) dapat mengurangi rasio tulangan longitudinal kolom-kolom atas. Hal ini disebabkan struktur ini memberikan kekakuan yang lebih besar sehingga mengurangi gaya lateral yang dipikul oleh kolom. Namun bila posisi dinding geser L ditempatkan pada tepi denah (denah 5), memberikan hasil yang sama dengan dinding geser I pada denah 1 dan 2.

Tabel 1. Rasio tulangan longitudinal kolom

	Rasio tulangan (%)	
	Kolom Lt 1-8	Kolom Lt 9-25
Denah 1	1,212	2,155
Denah 2	1,212	2,155
Denah 3	1,212	1,724
Denah 4	1,212	1,724
Denah 5	1,212	2,155

Tabel 2. Jumlah tulangan longitudinal kolom

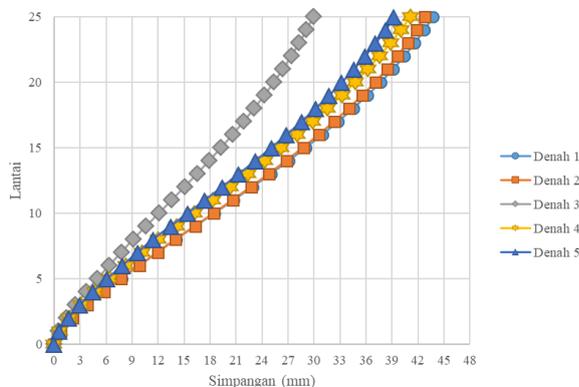
	Jumlah Tulangan longitudinal	
	Kolom Lt 1-8	Kolom Lt 9-25
Denah 1	20D22	20D22
Denah 2	20D22	20D22
Denah 3	20D22	16D22
Denah 4	20D22	16D22
Denah 5	20D22	20D22

Tabel 3. Rasio tulangan longitudinal balok

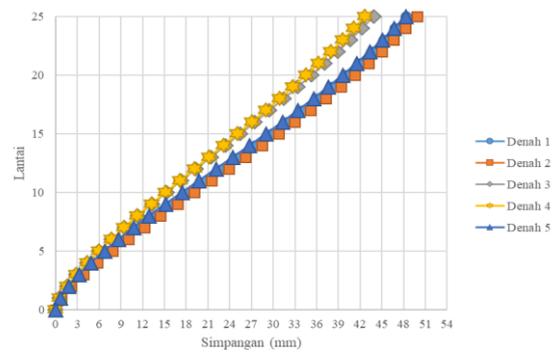
	Rasio tulangan (%)			
	Tump (-)	Tump (+)	Lap (-)	Lap (+)
Denah 1	0.57	0.56	0.35	0.35
Denah 2	0.56	0.54	0.35	0.35
Denah 3	0.51	0.49	0.35	0.35
Denah 4	0.63	0.51	0.35	0.35
Denah 5	0.72	0.58	0.35	0.35

B. Simpangan Tingkat

Hasil analisis linear berupa simpangan tingkat akibat beban gempa dari semua model struktur yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 7 untuk arah X dan Gambar 8 untuk arah Y. Model denah 3 yang menggunakan dinding geser berbentuk L memiliki simpangan arah X terkecil akibat beban gempa arah X seperti terlihat pada Gambar 7, sedangkan Model denah 4 yang menggunakan dinding geser berbentuk L memiliki simpangan arah Y terkecil akibat beban gempa arah Y. Nilai simpangan terbesar dihasilkan oleh model denah 1 untuk arah X dan untuk arah Y dihasilkan oleh model denah 2, dimana kedua model denah ini menggunakan dinding geser berbentuk I.



Gambar 7. Simpangan lantai masing-masing denah akibat beban gempa arah X



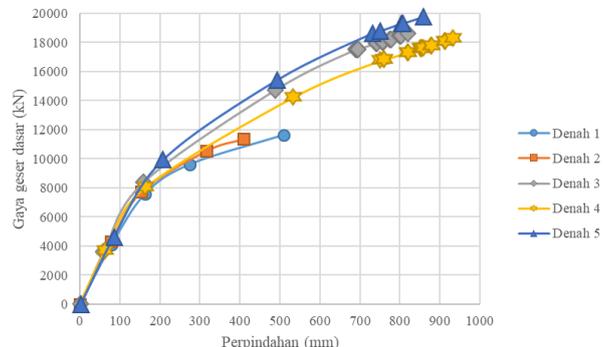
Gambar 8. Simpangan lantai masing-masing denah akibat beban gempa arah Y

Hal ini menunjukkan bahwa pengaku lateral dinding geser berbentuk L memiliki kekakuan yang lebih besar daripada dinding geser berbentuk I dengan posisi penempatan dinding pada tengah-tengah bentang ditepi denah. Namun peningkatan kekakuan ini juga diberikan oleh jumlah kolom yang lebih banyak 2 buah kolom pada model denah dengan dinding geser berbentuk I.

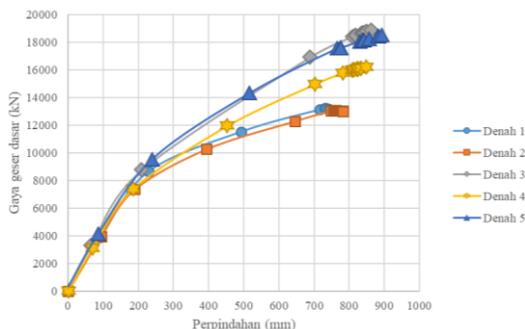
C. Kurva Pushover

Dari hasil analisis statik nonlinier *pushover* menggunakan program SAP2000 ver.19, didapatkan kurva *pushover* yang menggambarkan hubungan antara perpindahan dan gaya geser dasar untuk masing-masing denah. Kurva *pushover* yang bekerja ke arah X untuk kelima denah ditampilkan pada Gambar 9 dan untuk arah Y ditampilkan pada Gambar 10.

Gambar 9 dan 10 menunjukkan bahwa denah dengan dinding geser tipe L mampu memikul beban gaya geser dasar yang lebih besar daripada denah dengan dinding geser tipe I yang terpisah, baik dalam arah X maupun arah Y. Hal ini sesuai dengan tingkat kekakuan yang dihasilkan dari konfigurasi dinding geser tipe L.



Gambar 9. Perbandingan kurva *pushover* arah X untuk masing-masing denah



Gambar 10. Perbandingan kurva *pushover* arah Y untuk masing-masing denah

D. Target Perpindahan

Target perpindahan (δt) merupakan estimasi dari perpindahan maksimum yang mungkin terjadi pada titik kontrol pada atap (dititik grid A-1) akibat beban yang diberikan. Metode yang digunakan dalam menentukan target perpindahan adalah FEMA 440. Parameter pada metode ini telah tersedia pada SAP2000 ver.19 dan telah dihitung setelah melakukan analisis statis nonlinier *pushover*.

Tabel 5. Target perpindahan masing-masing denah berdasarkan FEMA 440 untuk arah X

Model Struktur	δt (mm)	Vt (kN)
Denah 1	406.65	10754.23
Denah 2	391.24	11200.19
Denah 3	309.77	11266.36
Denah 4	340.37	10978.96
Denah 5	373.05	13107.66

Tabel 6. Target perpindahan masing-masing denah berdasarkan FEMA 440 untuk arah Y

Model Struktur	δt (mm)	Vt (kN)
Denah 1	448.59	11075.16
Denah 2	447.87	10710.07
Denah 3	368.17	11448.89
Denah 4	382.37	10740.66
Denah 5	422.39	12725.39

Tabel 5 dan 6 menunjukkan bahwa model Denah 3 yang menggunakan dinding geser berbentuk L memiliki target perpindahan terkecil baik untuk arah X maupun arah Y, sedangkan target perpindahan terbesar dihasilkan oleh model Denah 1 yang menggunakan dinding geser

berbentuk I. Namun, model Denah 1 memiliki gaya geser dasar terkecil untuk arah X, sedangkan untuk arah Y dihasilkan oleh model denah 2 yang juga menggunakan dinding berbentuk I. Gaya geser dasar terbesar baik untuk arah X maupun arah Y terjadi pada model denah 5 yang menggunakan dinding berbentuk L diletakan pada tepi denah bangunan. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model denah 1 memiliki kemampuan memikul gaya gempa yang lebih kecil daripada model denah lainnya untuk arah X dan model denah 2 memiliki kemampuan memikul gaya gempa yang lebih kecil daripada model denah lainnya untuk arah Y. Dari Tabel 5 dan 6 pula didapatkan hasil bahwa gaya geser dasar desain dapat dicapai oleh seluruh denah.

E. Level Kinerja

Level kinerja suatu struktur dapat ditentukan berdasarkan target perpindahan yang dicapai oleh strukturnya, dimana penelitian ini menggunakan target perpindahan yang ditentukan berdasarkan FEMA 440. Berdasarkan target perpindahan yang telah disajikan pada Tabel 5 dan 6, dapat dihitung level kinerja yang dicapai oleh seluruh model denah struktur seperti disajikan pada Tabel 7. Semua tipe denah yang ditinjau mencapai level kinerja *collapse*.

Tabel 7. Level kinerja masing-masing denah

Model Struktur	δt (mm)	Vt (kN)	Level Kinerja
Arah X			
Denah 1	406.65	10754.23	Collapse
Denah 2	391.24	11200.19	Collapse
Denah 3	309.77	11266.36	Collapse
Denah 4	340.37	10978.96	Collapse
Denah 5	373.05	13107.66	Collapse
Arah Y			
Denah 1	448.59	11075.16	Collapse
Denah 2	447.87	10710.07	Collapse
Denah 3	368.17	11448.89	Collapse
Denah 4	382.37	10740.66	Collapse
Denah 5	422.39	12725.39	Collapse

F. Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar yang ditinjau yaitu gaya

geser dasar saat struktur mengalami kondisi ultimit akibat beban dari analisis *pushover*. Gaya geser dasar masing-masing model denah dibandingkan dengan model denah 2 untuk arah X sedangkan untuk arah Y masing-masing model denah dibandingkan dengan model denah 1. Hasil rekapitulasi gaya geser dasar disajikan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Gaya geser dasar untuk masing-masing denah

Model Struktur	Arah X		Arah Y	
	Gaya Geser Dasar	Persentase	Gaya Geser Dasar	Persentase
	(kN)	(%)	(kN)	(%)
Denah 1	9619.91	91.38	11541.97	100
Denah 2	10526.94	100	10281.25	89.08
Denah 3	8372.56	79.53	8764.79	75.94
Denah 4	8028.34	76.26	7381.13	63.95
Denah 5	9949.20	94.51	9577.73	82.98

Berdasarkan Tabel 8, gaya geser dasar struktur pada arah X terbesar dihasilkan oleh model denah 2 yang menggunakan dinding berbentuk I yaitu sebesar 10526,94 kN. Gaya geser dasar struktur pada arah Y terbesar dihasilkan oleh model denah 1 yang menggunakan bentuk dinding sama dengan model denah 2 yaitu sebesar 11541,97 kN. Gaya geser dasar terkecil baik untuk arah X maupun arah Y dihasilkan oleh model denah 4 yang menggunakan dinding geser berbentuk L yaitu sebesar 8028,34 kN dan 7381,13 kN.

G. Nilai Daktilitas Aktual

Nilai daktilitas diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana saat struktur mencapai kondisi ultimit dengan nilai simpangan yang dicapai oleh struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana saat terjadinya leleh pertama. Hasil rekapitulasi nilai daktilitas aktual struktur kelima denah disajikan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Daktilitas aktual struktur masing-masing denah

Model Struktur	Perpindahan Kondisi Ultimit (mm)	Perpindahan Kondisi Leleh (mm)	Daktilitas Struktur	Persentase (%)
Denah 1	274.825	78.716	3.5	100
Denah 2	315.779	78.146	4.0	115.739
Denah 3	159.206	58.688	2.7	77.698
Denah 4	164.522	64.854	2.5	72.660
Denah 5	209.045	86.123	2.4	69.522
Arah Y				
Denah 1	491.452	90.064	5.5	100
Denah 2	394.546	93.896	4.2	77.005
Denah 3	210.363	65.511	3.2	58.847
Denah 4	184.995	70.004	2.6	48.430
Denah 5	240.007	86.477	2.8	50.862

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa nilai daktilitas yang diperoleh model denah 1 dijadikan pembanding untuk daktilitas model denah lainnya. Daktilitas terbesar dihasilkan oleh model denah 2 yang menggunakan dinding berbentuk I untuk arah X dan untuk arah Y dihasilkan oleh model denah 1 yang menggunakan dinding berbentuk I pula.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada struktur beton bertulang dengan berbagai konfigurasi dan posisi dinding geser pada penelitian ini, maka simpulan yang dapat diambil antara lain sebagai berikut:

1. Variasi bentuk dan posisi dinding geser mempengaruhi kekakuan dan gaya geser dasar suatu struktur. Hasil analisis static pushover menunjukkan Model denah 1 dan 2 yang menggunakan dinding geser berbentuk I menghasilkan simpangan dan gaya geser dasar elastis yang lebih kecil daripada model denah 3, 4, dan 5 yang menggunakan dinding geser berbentuk L.
2. Berdasarkan target perpindahan FEMA 440, model denah 3 yang menggunakan dinding geser berbentuk L menghasilkan target perpindahan terkecil baik untuk arah X dan arah Y, sedangkan target perpindahan terbesar dihasilkan oleh model denah 1 yang menggunakan dinding berbentuk I. Namun model denah 1 juga menghasilkan gaya geser dasar terkecil untuk arah X, sedangkan untuk arah Y dihasilkan oleh model denah 2 yang juga menggunakan dinding berbentuk I. Gaya geser dasar terbesar untuk arah X maupun arah Y dihasilkan oleh model denah 5 yang menggunakan dinding berbentuk L yang ditempatkan pada tepi denah

struktur

3. Level kinerja struktur yang dicapai berdasarkan FEMA 440 untuk seluruh denah yaitu level *collapse*.
4. Nilai daktilitas aktual terbesar dihasilkan oleh model denah 2 untuk arah X dan model denah 1 untuk arah Y, sedangkan nilai daktilitas aktual terkecil dihasilkan oleh model denah 5 untuk arah X dan model denah 4 untuk arah Y.

DAFTAR PUSTAKA

- Atimtay, E. 2001. *Design of Reinforced Concrete Systems with Frames and Shear Walls: Fundamental Concepts and Calculation Methods*, Volume 1&2, 2nd Edition, June 2001, Ankara.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Federal Emergency Management Agency. 2000. *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356)*. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- FEMA 440, 2015. *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Manalip, H., Kumaat, E. J. & Runtu, F. I. 2015. Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Analisa Pushover. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 5.
- Widyawati, N. L. K. 2006. *Perilaku Dinamis Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Berbagai Konfigurasi dan Posisi Dinding Geser*. (Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, 2006).