

**PENGARUH ASPEK RASIO (H_w/L_w) TERHADAP DAKTILITAS DAN
KEKAKUAN PADA DINDING GESER BERTULANGAN HORIZONTAL
BERJARAK LEBAR DI BAWAH PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS)
*(The Effect of Aspect Ratio (H_w/L_w) on Ductility and Stiffness of Shear Wall with
Widely Spaced Horizontal Reinforcement Subjected to Cyclic Loading (Quasi-Static))***

Louce Patricia¹, Ari Wibowo², Sugeng P. Budio²

¹Mahasiswa / Program Sarjana / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

²Dosen / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan Mayjen Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur

Email: loupatricia.lp@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara dengan intensitas terjadinya gempa bumi yang cukup tinggi. Kondisi ini menyebabkan bangunan-bangunan di Indonesia harus tahan gempa agar tidak langsung mengalami keruntuhan selama gempa bumi terjadi. Oleh karena itu, bangunan di Indonesia membutuhkan perkuatan struktur tambahan agar tahan terhadap gempa. Salah satu perkuatan struktur tambahan untuk menahan gaya gempa adalah dinding geser. Dinding geser merupakan slab beton bertulang yang dipasang vertikal pada sisi gedung tertentu dan berfungsi untuk menambah kekakuan struktur, menahan gaya lateral, serta membatasi defleksi lateral yang terjadi. Untuk bisa menahan beban lateral, dinding geser harus kaku dan daktil. Kekakuan dan daktilitas dinding geser dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah jumlah dan diameter tulangan serta rasio tinggi dan lebar dinding geser. Semakin kaku dan daktil suatu struktur dinding geser, maka jumlah dan diameter penulangan yang dibutuhkan akan semakin banyak dan akan mempengaruhi biaya pembuatannya. Agar dinding geser yang dihasilkan ekonomis, maka diperlukan sebuah variasi untuk membentuk elemen struktur ini dengan kekakuan maksimal tetapi efisien. Penelitian ini akan lebih menekankan pengaruh rasio tinggi dan lebar dinding geser terhadap daktilitas dan kekakuannya. Adapun hasil analisis data secara teoritis dan eksperimental pada dinding geser dengan rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) yang berbeda menunjukkan bahwa dinding geser pendek dengan rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) dinding sebesar 1,5 dalam beban aksial yang sama dengan dinding geser tinggi dengan aspek rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) dinding sebesar 2,0 mempunyai nilai daktilitas perpindahan yang lebih rendah dan kekakuan yang cenderung lebih besar dari dinding geser tinggi. Sementara hasil analisis pada dinding geser dengan rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) yang sama dengan variasi jarak tulangan horizontal menunjukkan nilai daktilitas dan kekakuan dinding geser dengan jarak tulangan horizontal yang rapat (150 mm) lebih besar dibandingkan dengan dinding geser dengan jarak tulangan horizontal yang lebar (300 mm).

Kata kunci: dinding geser, pembebanan siklik, drift, daktilitas, kekakuan

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with high earthquake intensity. This condition causes the buildings in Indonesia have to be earthquake-resistant so the buildings won't immediately collapse during the earthquake. Therefore, buildings in Indonesia need to be strengthened by additional structures to be resistant to earthquakes. One of the additional structural reinforcements to withstand earthquake forces is the shear wall. The shear wall is a reinforced concrete slab mounted vertically on the side of a particular building and serves to increase the stiffness of the structure, resist lateral forces, and limit the lateral deflection that occurs. To be able to withstand lateral loads, the shear wall must be rigid and ductile. The rigidity and ductility of the shear wall is influenced by several factors, one of which is the number and diameter of the reinforcement as well as the ratio of the height and width of the shear wall. The more rigid and ductile a shear wall structure, the number and diameter of reinforcement will be required more and will affect the cost of manufacture. In order for the resulting shear wall to be economical, it requires a variation to form these structural elements with maximal but efficient rigidity. This research will emphasize the effect of height ratio and shear wall width on ductility and stiffness. The results of theoretical and experimental data analysis on shear walls with different height (h_w) and width (l_w) ratios indicate that squat shear walls with height (h_w) and width (l_w) wall ratios of 1.5 in the same axial load with a tall shear wall with height (h_w) and width (l_w) wall aspect ratio of 2.0 having a lower ductility value of displacement and a stiffness that tends to be larger than the high shear wall. While the results of analysis on shear walls with high (h_w) and width (l_w) ratios equal to horizontal reinforcement distance variations show ductility values and shear wall stiffness with conical horizontal bone spacing (150 mm) larger than sliding walls with reinforcement distance Horizontal width (300 mm).

Keywords: shear wall, cyclic loading, drift, ductility, stiffness

PENDAHULUAN

Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang tidak langsung mengalami keruntuhan selama gempa bumi terjadi, meskipun komponen struktural telah mengalami kerusakan. Struktur penahan gempa yang sering digunakan adalah struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) atau struktur rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan gabungan antara portal dengan dinding geser atau sistem ganda. Pada bangunan bertingkat tinggi, struktur portal sebagai penahan gempa dianggap kurang efisien dalam membatasi defleksi lateral akibat gaya gempa. Bangunan bertingkat tinggi tersebut membutuhkan perkuatan struktur tambahan, seperti dinding geser (*shear wall*), untuk menahan gaya gempa lateral yang bekerja.

Dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral dipasang vertikal pada sisi gedung tertentu. Dinding geser memiliki kekakuan bidang datar yang sangat besar sehingga mampu menyerap sebagian besar beban gempa yang diterima struktur. Apabila dinding geser runtuh, maka elemen struktur yang lain tidak akan mampu menahan gaya lateral akibat gempa yang terjadi. Keruntuhan yang terjadi pada dinding geser tersebut dapat dicegah dengan perhitungan perencanaan dinding geser yang teliti dan juga detail penulangan yang efektif. Jumlah dan jarak dari penulangan yang digunakan sangat mempengaruhi kekakuan dari dinding geser. Semakin teliti dan efektif perhitungan yang dilakukan, maka semakin baik kekakuan dan tingkat daktilitas yang dihasilkan. Semakin kaku dan daktil suatu struktur, maka semakin baik struktur itu bertahan selama gempa bumi terjadi.

Semakin daktil dan kaku suatu struktur, maka semakin besar juga diameter tulangan, jumlah penulangan, mutu beton, dan ukuran penampang yang dibutuhkan. Hal tersebut menyebabkan biaya yang dibutuhkan untuk material dan pengerjaannya menjadi mahal. Agar biaya pembuatan dinding geser tersebut menjadi ekonomis, maka dibutuhkan sebuah penelitian mengenai variasi penulangan dinding geser untuk mendapatkan kapasitas momen, daktilitas, dan kekakuan terbaik yang dapat dihasilkan menggunakan jumlah penulangan dan rasio penulangan yang sama.

Penelitian mengenai dinding geser ini telah dilakukan sebelumnya oleh Ari Wibowo, S.T., M.T., Ph. D dengan judul "*Seismic Performance of Lightly Reinforced Walls of Design Purposes*", yang kemudian dilanjutkan penelitian oleh Aldi Efrata dkk., tentang variasi jarak tulangan pada dinding geser untuk menghasilkan daktilitas dan kekakuan maksimal. Dalam penelitian ini akan lebih ditekankan mengenai pengaruh rasio tinggi dan lebar dinding geser terhadap daktilitas dan kekakuannya.

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh aspek rasio tinggi dan lebar dinding terhadap daktilitas dan kekakuan pada dinding geser bertulangan horizontal berjarak lebar.
2. Mengetahui pengaruh jarak tulangan horizontal pada dinding geser dengan aspek rasio tinggi dan lebar yang sama.

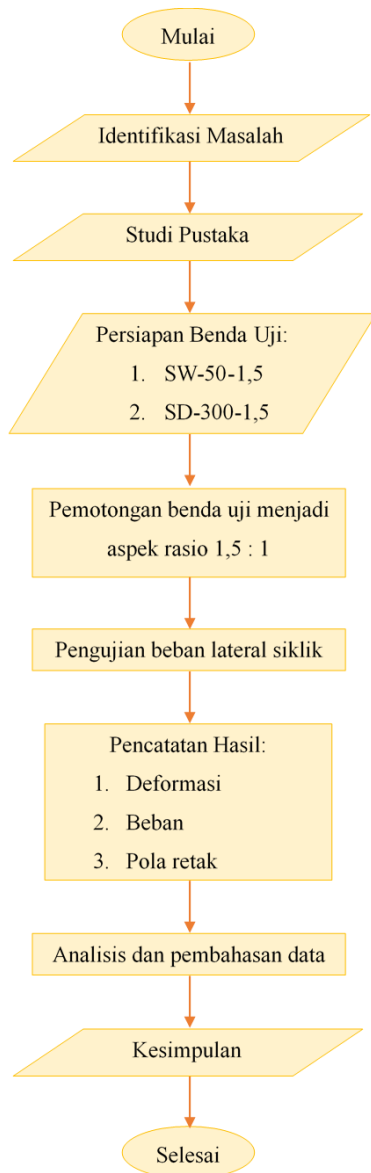
Batasan Masalah

Ada beberapa batasan masalah atau ruang lingkup yang diberikan dalam penyelesaian penelitian ini, yaitu:

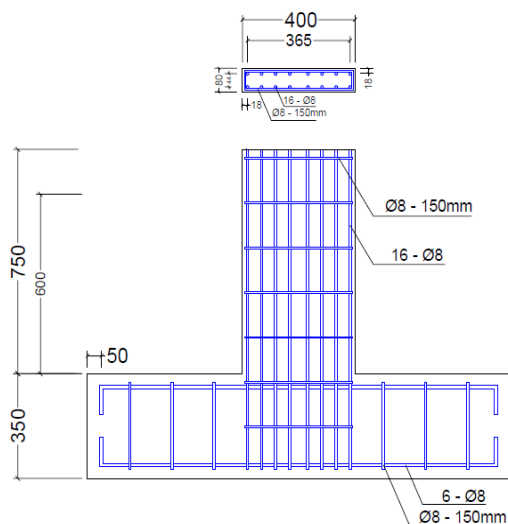
1. Pengaruh lingkungan luar diabaikan.
2. Benda uji berupa dinding geser dengan tinggi (hw) 600 mm dan tinggi total 750 mm, lebar dinding geser (lw) 400 mm, tebal dinding geser (b_w) 80 mm, tinggi fondasi 350 mm, lebar fondasi 400 mm dan panjang fondasi 1500 mm dengan rasio badan dinding (a) sebesar 1,5, rasio pembebanan (n) sebesar 5%, rasio tulangan vertikal (ρ_v) sebesar 2,44%, rasio tulangan horizontal (ρ_h) sebesar 0,813%. Ketentuan ini digunakan untuk seluruh benda uji dinding geser dengan variasi jarak tulangan horizontal.
3. Mutu beton rencana, $f_c' = 20$ MPa.
4. Mutu tulangan yang digunakan, $f_y = 240$ MPa, dengan menggunakan standar SNI.
5. Semen yang digunakan adalah PPC tipe 1.
6. Pengujian dilakukan saat beton pada dinding geser telah berumur lebih dari 28 hari.
7. Dinding geser diasumsikan terjepit penuh pada bagian bawah dan ujung bebas atau dinding kantilever karena fondasi dinding geser lebih kaku dari dinding geser.
8. Benda uji terbatas sehingga tidak ada uji statistik.
9. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

METODE

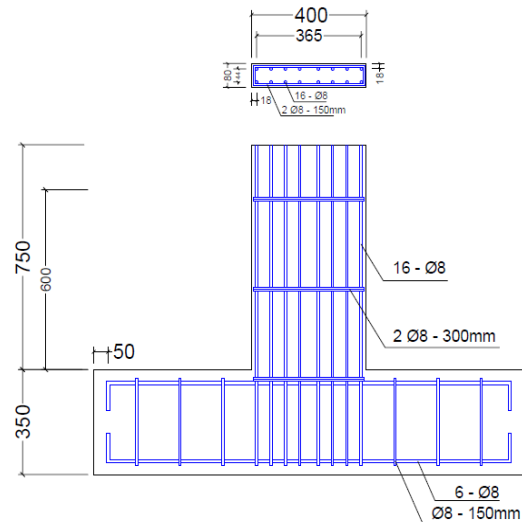
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa dua buah dinding geser dengan aspek rasio tinggi dan lebar sebesar 1,5. Benda uji tersebut antara lain adalah SW-50-1,5 yang merupakan dinding geser dengan jarak tulangan vertikal 50 mm dan jarak tulangan horizontal 150 mm dan SD-300-1,5 yang merupakan dinding geser dengan jarak tulangan vertikal 50 mm dan tulangan horizontal ganda dengan jarak 300 mm. Benda uji inilah yang nantinya akan saling dibandingkan dan akan dibandingkan dengan dinding geser dengan aspek rasio tinggi dan lebar sebesar 2. Sementara tahapan penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Dinding Geser Pendek



Gambar 2. Detail Dinding Geser SW-50-1,5



Gambar 3. Detail Dinding Geser SD-300-1,5

Adapun variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa aspek rasio tinggi dan lebar dinding geser serta jarak antara tulangan horizontal, sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah berupa momen kapasitas, pola retak, daktilitas, dan kekakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan dengan *digital hammer test*. Hasil pengujian kuat tekan beton kedua dinding geser dapat dilihat pada **Tabel 1** di bawah ini. Hasil uji kuat tekan beton inilah yang nantinya akan digunakan dalam setiap analisis yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 1 Hasil *Digital Hammer Test*

Lokasi Penembakan	SW-50-1,5	SD-300-1,5
	MPa	MPa
Samping Pondasi	29	20.5
Atas Pondasi	25	23
Kuat Tekan Beton (f'_c)	27	21.75

Kapasitas Teoritis Dinding Geser

Perhitungan kapasitas teoritis dinding geser pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara, yaitu metode diagram interaksi dan metode hubungan momen-kurvatur. Pada analisis dinding geser dengan diagram interaksi, dinding geser diasumsikan sebagai kolom dengan tumpuan jepit bebas. Sementara analisis dinding geser dengan metode momen-kurvatur dilakukan dengan sebuah program momen.

Kelengkapan analisis dinding geser menggunakan metode momen-kurvatur adalah perhitungan dengan program momen bisa menunjukkan momen dan kurvatur yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu, seperti retak, leleh,

puncak, dan putus. Kemudian dari hubungan momen-kurvatur inilah besar perpindahan dan beban lateral yang terjadi dapat dihitung. Setelah mengetahui perpindahan dan beban lateral akibat hubungan momen-kurvatur, perpindahan dan beban lateral tersebut akan dibandingkan dengan hasil pengujian beban lateral siklik. Hasil analisis dengan diagram interaksi maupun dengan momen-kurvatur dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2 Kapasitas Teoritis Dinding Geser Hasil Analisis Diagram Interaksi

Dinding Geser	f_c' (MPa)	P (kg)	M_n (kgm)	P_h (kg)
SD-300-1,5	21.75	3000	4671.51	7785.85
SW-50-1,5	27.00	3000	4897.08	8161.79

Tabel 3 Hubungan Momen-Kurvatur Hasil Program Momen

Kondisi	Kurvatur	Momen	Kurvatur	Momen
	ϕ rad/mm	M tm	ϕ rad/mm	M tm
	SW-50-1,5		SD-300-1,5	
Awal	0.000	0.000	0.000	0.000
Crack	8.865.E-07	1.179	9.195E-07	1.026
Yield	7.473.E-06	3.538	7.741E-06	3.450
Ultimate	4.243.E-05	5.205	3.560E-05	5.028
Failure	2.559.E-04	4.491	1.616E-04	4.392

Tabel 4 Perpindahan dan Beban Lateral Hasil Analisis Momen-Kurvatur

Kondisi	Perpindahan	Beban	Perpindahan	Beban
	Δ mm	P_h kg	Δ mm	P_h kg
	SW-50-1,5		SD-300-1,5	
Awal	0.000	0.00	0.000	0.00
Crack	0.106	1964.82	0.110	1709.65
Yield	0.897	5896.38	0.929	5750.68
Ultimate	4.392	8675.38	3.715	8379.73
Failure	25.735	7484.98	16.311	7319.88

Kapasitas Hasil Pengujian Beban Lateral Siklik

Data yang didapat dari pengujian beban lateral siklik adalah berupa beban lateral yang dibutuhkan untuk mencapai nilai perpindahan total yang sudah ditentukan pada setiap *drift*. Setelah memperoleh data beban lateral pada setiap *drift*, maka grafik *hysteresis drift*-beban dapat digambar berdasarkan data tersebut. Dari grafik *hysteresis* tersebut, grafik *envelope* dapat digambar dan kapasitas dinding geser dapat diketahui.

Namun, kapasitas dinding geser aktual tidak dapat diketahui secara pasti dalam penelitian ini karena keterbatasan alat penelitian. Sehingga yang dimaksud kapasitas eksperimen dinding geser pada penelitian ini didasarkan pada kapasitas maksimum alat. Kapasitas eksperimen ini kemudian dibandingkan dengan kapasitas teoritis

hasil analisis diagram interaksi dan analisis momen-kurvatur dan setelah dibandingkan terlihat bahwa selisih eksperimental dan teoritis tidak jauh dan masih dapat diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dinding geser sudah mendekati kapasitas maksimum aktual. Hasil perbandingan kapasitas teoritis dan eksperimental dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Beban lateral maksimum inilah yang nantinya digunakan pada analisis daktilitas dan kekakuan.

Tabel 5 Perbandingan Beban Hasil Eksperimen dengan Beban Hasil Analisis Diagram Interaksi

Dinding Geser	P_{hmaks} (kg)		Selisih
	Eksperimen	Teoritis	%
SW-50-1,5	8500.00	8161.79	4.144
SD-300-1,5	6972.00	7785.85	11.673

Tabel 6 Perbandingan Beban Hasil Eksperimen dengan Beban Hasil Analisis Momen-Kurvatur

Dinding Geser	P_{hmaks} (kg)		Selisih
	Eksperimen	Teoritis	%
SW-50-1,5	8500.00	8675.38	2.022
SD-300-1,5	6972.00	8379.73	20.191

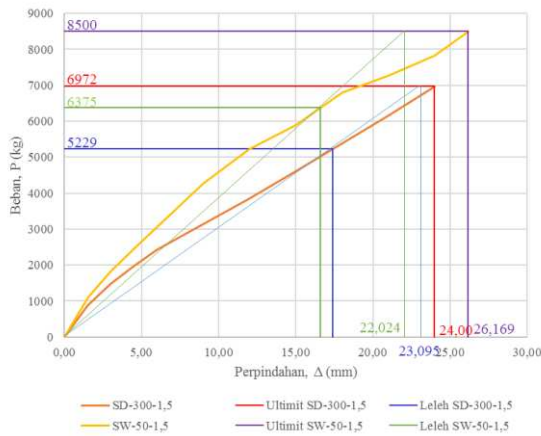
Analisis Daktilitas Perpindahan

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur untuk dapat bertahan dan mengalami lendutan yang besar sebelum akhirnya mengalami keruntuhan. Dalam penelitian ini nilai daktilitas yang akan dihitung adalah nilai daktilitas perpindahan. Daktilitas perpindahan merupakan hasil pembagian dari perpindahan pada kondisi ultimit dengan perpindahan pada kondisi leleh. Kondisi ultimit di sini dapat diartikan menjadi dua kondisi, yaitu kondisi saat struktur mencapai beban puncak atau kapasitas maksimum dan kondisi saat struktur mengalami penurunan beban hingga 15% dari beban maksimum.

Dikarenakan pengujian benda uji tidak mencapai kondisi penurunan beban lateral, maka perhitungan daktilitas dilakukan dengan membandingkan perpindahan ketika beban ultimit atau alat mencapai kapasitas ultimit dengan perpindahan ketika struktur leleh. Sementara nilai daktilitas dengan membandingkan perpindahan saat simpangan maksimum dengan perpindahan saat leleh tidak dapat dihitung dalam penelitian ini. Hasil perhitungan daktilitas perpindahan secara teoritis maupun eksperimental dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Berdasarkan tabel dan gambar hasil perbandingan nilai daktilitas dapat dilihat bahwa nilai daktilitas perpindahan (μ_d) benda uji SW-50-1,5 adalah sebesar 1,188 dan nilai daktilitas perpindahan (μ_d) benda uji SD-300-1,5 adalah sebesar 1,039. Dari hasil perhitungan tersebut

dapat disimpulkan bahwa jarak tulangan horizontal mempunyai pengaruh terhadap nilai daktilitas. Pengaruh tersebut adalah semakin jauh jarak tulangan horizontal, maka nilai daktilitas akan semakin berkurang meskipun rasio tulangan horizontal yang digunakan adalah sama. Hal tersebut terjadi karena dengan melebarnya jarak tulangan horizontal maka volume beton yang harus ditahan oleh tulangan geser semakin besar sehingga gaya geser yang harus ditahan menjadi semakin besar pula dan itu menyebabkan ketahanan dinding geser untuk bertahan sebelum akhirnya runtuh menjadi berkurang.



Gambar 4. Analisis Daktilitas Perpindahan

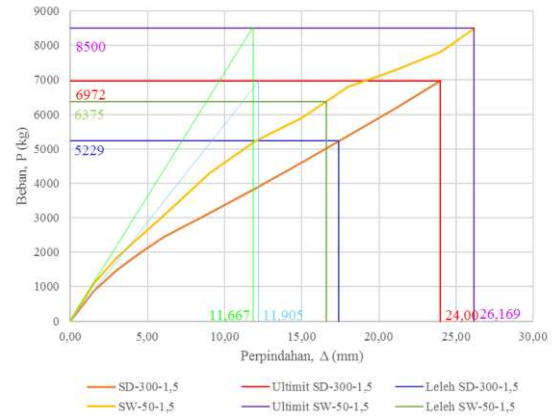
Tabel 7 Perbandingan Daktilitas Perpindahan

Kondisi	Perpindahan		Beban	
	Δ mm	P_h kg	Δ mm	P_h kg
	SW-50-1,5		SD-300-1,5	
Awal	0.000	0.00	0.000	0.00
Crack	3.000	1828.00	4.500	1964.00
Yield	22.024	6375.00	23.095	5229.00
Ultimate	26.169	8500.00	24.000	6972.00
Failure	-	-	-	-
μ_Δ	1.188		1.039	

Analisis Kekakuan

Ada dua analisis kekakuan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu *tangential stiffness* dan *secant stiffness*. Kekakuan tangensial merupakan suatu pendekatan terhadap kekakuan struktur pada saat beton masih belum mengalami retak atau masih dalam kondisi yang bagus. Sementara *secant stiffness* merupakan metode yang digunakan untuk mendekati perilaku leleh yang lebih realistis dan aktual pada lapangan. Metode ini digunakan untuk meninjau kekakuan berdasarkan dari beban lelehnya. Perhitungan kekakuan dengan metode *secant stiffness* dilakukan dengan cara membagi beban dengan perpindahan saat kondisi

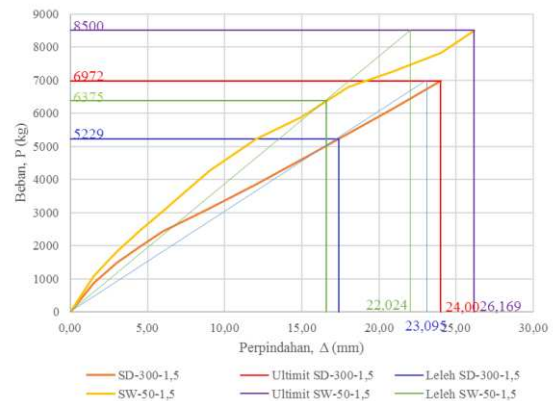
leleh. Perhitungan kekakuan dengan metode *secant stiffness* dianggap lebih relevan karena metode ini lebih mewakili kondisi beton seutuhnya. Analisis dan perbandingan *tangential stiffness* dengan *secant stiffness* dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.



Gambar 5. Analisis Tangential Stiffness

Tabel 8 Hasil Perhitungan Tangential Stiffness

Dinding Geser	Perpindahan Δ mm	Beban P_u kg	Kekakuan k kg/mm
SW-50-1,5	11.667	8500.00	728.57
SD-300-1,5	11.905	6972.00	585.65



Gambar 6. Analisis Secant Stiffness

Tabel 9 Hasil Perhitungan Secant Stiffness

Dinding Geser	Perpindahan Δ mm	Beban P_u kg	Kekakuan k kg/mm
SW-50-1,5	22.024	8500.00	385.95
SD-300-1,5	23.095	6972.00	301.88

Dari data di atas dapat kita lihat bahwa terdapat konsistensi nilai kekakuan, yaitu benda uji SW-50-1,5 mempunyai nilai kekakuan tangensial dan kekakuan *secant* yang lebih besar dari benda uji SD-300-1,5. Oleh karena itu, dapat disimpulkan

bahwa semakin besar kemampuan struktur menahan beban dengan *drift* yang lebih singkat maka kekakuan akan meningkat dan sebaliknya semakin kecil suatu struktur menahan beban dengan *drift* yang singkat ataupun lama maka kekakuannya akan menurun.

Pengaruh Aspek Rasio

Untuk mengetahui pengaruh aspek rasio tinggi dan lebar dinding terhadap daktilitas dan kekakuan, maka hasil analisis daktilitas dan kekakuan pada penelitian ini dibandingkan dengan hasil analisis pada penelitian sebelumnya yang merupakan penelitian pada dinding geser tinggi dengan aspek rasio tinggi dan lebar sebesar 2. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 10 Perbandingan Nilai Daktilitas Dinding Geser Rasio 1,5 dengan Rasio 2

Dinding Geser	μ_{Δ}	
	Rasio 1,5	Rasio 2
SW-50	1.19	1.65
SD-300	1.04	1.08

Tabel 11 Perbandingan Kekakuan SW-50 Rasio 1,5 dengan Rasio 2

Metode	Kekakuan k	
	kg/mm	
	Rasio 1,5	Rasio 2,0
<i>Tangential</i>	728.57	679.15
<i>Secant</i>	385.95	464.83

Tabel 12 Perbandingan Kekakuan SD-300 Rasio 1,5 dengan Rasio 2

Metode	Kekakuan k	
	kg/mm	
	Rasio 1,5	Rasio 2,0
<i>Tangential</i>	585.65	627.68
<i>Secant</i>	301.88	293.59

Berdasarkan hasil perbandingan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa dinding geser pendek (*squat shearwall*) mempunyai nilai daktilitas perpindahan yang lebih kecil dan nilai kekakuan yang cenderung lebih besar dibandingkan dengan dinding geser tinggi (*tall shearwall*). Daktilitas adalah kemampuan struktur untuk bertahan pada kondisi inelastis. Dinding geser pendek

mempunyai nilai daktilitas yang lebih kecil daripada dinding geser tinggi dikarenakan dinding geser pendek lebih dominan terhadap kegagalan geser sehingga meskipun beban lateral yang dapat ditahan lebih besar, tetapi kemampuan struktur untuk bertahan pada kondisi pasca elastis lebih rendah. Artinya ketika dinding geser pendek telah mencapai kondisi leleh, maka tidak lama kemudian tanpa penambahan beban yang cukup drastis dinding geser akan berada pada puncak kapasitas bebannya dan kemudian akan mengalami penurunan pembebanan.

Sebaliknya, nilai kekakuan dinding geser pendek cenderung lebih besar dari dinding geser tinggi dikarenakan beban lateral yang dapat ditahan dinding geser pendek cenderung lebih besar dari dinding geser tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa beban yang dibutuhkan dinding geser pendek untuk mencapai kondisi leleh lebih besar dibandingkan dengan dinding geser tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dinding geser pendek lebih dapat bertahan pada saat tahap elastis dan lemah pada tahap plastis (inelastis).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dinding geser pendek (*squat shear wall*) dengan aspek rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) dinding sebesar 1,5 dalam beban aksial yang sama dengan dinding geser tinggi (*tall shear wall*) dengan aspek rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) dinding sebesar 2,0 mempunyai nilai daktilitas perpindahan yang lebih rendah dibandingkan dengan dinding geser tinggi, meskipun kapasitas beban lateral dan momen kapasitas dinding geser pendek lebih besar dibandingkan dinding geser tinggi. Sebaliknya, kekakuan dinding geser pendek dengan aspek rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) dinding sebesar 1,5 cenderung lebih besar dari dinding geser tinggi dengan aspek rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w) dinding sebesar 2,0.
2. Dinding geser pendek (*squat shear wall*) dengan aspek rasio tinggi (h_w) dan lebar (l_w), rasio tulangan vertikal, dan rasio tulangan horizontal yang sama dengan variasi jarak tulangan horizontal menghasilkan nilai daktilitas dinding geser dengan jarak tulangan horizontal yang rapat (150 mm) lebih besar dibandingkan dengan dinding geser dengan jarak tulangan horizontal yang lebar (300 mm). Sementara nilai kekakuan dinding geser pendek dengan jarak tulangan horizontal rapat lebih besar dibandingkan

dengan nilai kekakuan dinding geser pendek dengan jarak tulangan horizontal yang jarang.

Saran

Berdasarkan pengamatan dari penelitian terhadap pengaruh aspek rasio tinggi (h_w) dan lebar (ℓ_w) dinding geser terhadap daktilitas dan kekakuan pada uji pembebanan siklik terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk penelitian serupa berikutnya, yaitu:

1. Perlunya pengontrolan dan pengawasan terhadap alat-alat pengujian sehingga selama penelitian berlangsung tidak terjadi kerusakan alat yang bisa merugikan dari segi biaya maupun waktu.
2. Perlunya perencanaan benda uji yang akan digunakan secara matang-matang sehingga dapat dengan mudah dioperasikan selama penelitian.
3. Ukuran benda uji harus disesuaikan dengan kondisi *frame* baja dan alat pengujian.
4. Perlunya peninjauan secara khusus pada *frame* baja karena umur alat yang sudah lama sehingga bisa terjadi pelelehan pada beberapa bagian baja yang bisa menyebabkan perpindahan yang tak terduga pagi beberapa sisi *frame*.
5. Perlunya peninjauan pada alat-alat yang akan digunakan, terutama pada alat pembebanan atau *hidraulic jack* apakah memadai pembebanan yang dibutuhkan hingga pengujian berakhir.
6. Perlunya ketelitian ketika melaksanakan pembuatan benda uji sehingga mutu yang ditargetkan bisa dicapai dan tidak terlampaui jauh dari desain awal.
7. Perlunya stabilisasi pembebanan aksial pada spesimen benda uji sehingga keakuratan data dapat dipertahankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allo, J. (2017). Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Vertikal Terhadap Pola Retak dan Momen Kapasitas Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Statik). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *SNI 1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726:2012 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Derecho, A.T. & Kianoush, M.R. (2001). Seismic Design of Reinforced Concrete Structures. Dalam Naeim, F. (Editors). *The Seismic Design Handbook, Second Edition*. New York: Springer Science and Business Media.
- Hidalgo, P.A., Ledezma, C.A. & Jordan, R.M. (2002). Seismic Behavior of Squat Reinforced Concrete Shear Walls. *Earthquake Spectra*. Vol. 18, No. 2: 287-308.
- Imran, I., Yuliari, E., Suhelda & Kristianto, A. (2008). Apicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang. Makalah dalam *Seminar dan Pameran HAKI 2008*. Jakarta, 19-21 Agustus 2008.
- Karolina, R. (2008). Analisa dan Kajian Eksperimental Hubungan Momen-Kurvatur pada Balok Beton Bertulang. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Lu, X.L. & Chen, Y.T. (2005). Modeling of Coupled Shear Walls and Its Experimental Verification. *ASCE Journal of Structural Engineering*. Vol 131, No. 1: 75-84.
- Nawy, E.G. (1990). *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama.
- Pantazopoulou, S.J. & Imran, I. (1992). Slab-Wall Connections under Lateral Forces. *ACI Structural Journal*. Vol. 89, No. 5: 515-527.
- Park, R. & Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. New York: John Wiley & Sons
- Paulay, T. & Priestley, M.J.N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: John Wiley & Sons
- Randha, Y.K. (2017). Pengaruh Variasi Letak Tulangan Horizontal Ganda Terhadap Pola Retak dan Momen Kapasitas Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Statik). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sembiring, A.E. (2017). Pengaruh Variasi Letak Tulangan Horizontal Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Statik). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sembiring, A.E., Wibowo, A., Susanti, L. (2017). Pengaruh Variasi Letak Tulangan Horizontal Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-

- Statis). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*. Vol. 1, No. 1: 77-83.
- Shedid, M.M.T. (2006). Ductility of Reinforced Concrete Masonry Shear Walls. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Ontario: McMaster University.
- Silalahi, A.T. (2017). Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Horizontal dan Kekangan Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Statik). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Silalahi, J. (2017). Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Horizontal dan Kekangan Terhadap Pola Retak dan Momen Kapasitas Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Statik). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Simanjuntak, J.B. (2017). Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Vertikal Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Statik). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Vaughan, T.P. (2010). Evaluation of Masonry Wall Performance Under Cyclic Loading. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Washington: Washington State University.
- Wibowo, A. (2012). Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Buildings. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Hawthorn: Swinburne University of Technology.
- Wibowo, Ari. (2013). *Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes*. ICE Magazine of Concrete Research. Australia: ICE Publishing.
- Wibowo, A., Wilson, J.L., Lam, N.T.K. & Gad, E.F. (2013). Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes. *Magazine of Concrete Research*. Vol. 65, No. 13: 809-828.
- Wibowo, A., Wilson, J., L., N., Gad, E. F., Lu, Y., & Henry, R. (2014). Discussion: Seismic performance of lightly reinforced structural walls for design purposes. *Magazine Of Concrete Research*. Vol. 66, No. 20: 1073-1074.
- Wilson, J., Wibowo, A., Lam, N., & Gad, E. (2015). Drift behaviour of lightly reinforced concrete columns and structural walls for seismic design applications. *Australian Journal of Structural Engineering*. Vol. 16, No. 1.
- Wight, J.K. & MacGregor, J.G. (2012). *Reinforced Concrete Mechanics and Design, Sixth Edition*. New Jersey: Pearson Education.