

**PENGARUH ASPEK RASIO (H_w/L_w) TERHADAP POLA RETAK
DAN MOMEN KAPASITAS PADA DINDING GESER
BERTULANGAN HORIZONTAL BERJARAK LEBAR DI BAWAH
PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS)**

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AYU SAPUTRI

NIM. 135060100111001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

PENGARUH ASPEK RASIO (H_w/L_w) TERHADAP POLA RETAK DAN MOMEN KAPASITAS PADA DINDING GESER BERTULANGAN HORIZONTAL BERJARAK LEBAR DI BAWAH PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS)

The Effect of Aspect Ratio (H_w/L_w) on Crack Pattern and Moment Capacity of Shear Wall with Widely Spaced Horizontal Reinforcement Subjected to Cyclic Loading (Quasi-Static)

Ayu Saputri, Ari Wibowo, Sugeng P. Budio.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia-Telp (0341) 566710. 587711

E-mail: ayusaputrie@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah yang cukup sering mengalami gempa bumi. Dinding geser adalah dinding yang berfungsi sebagai pengaku dan penahan gaya lateral akibat gempa bumi pada bangunan. Salah satu parameter yang mempengaruhi kekuatan dinding geser adalah aspek rasio. Aspek rasio yaitu perbandingan tinggi dan lebar pada dinding geser. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh aspek rasio pada pola retak dan momen kapasitas dinding geser.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian dinding geser dengan pembebanan siklik. Dinding geser dibebani sampai pada *drift* yang ditentukan. Pengujian dilakukan 2 siklus setiap *drift*. Kemudian data-data yang dicatat adalah beban lateral, *drift* dan pola retak. Hasil pengujian pada dinding geser SW-50-1,5 beban lateral maksimum yang dapat ditahan adalah sebesar 8500 kg dengan momen ultimate sebesar 5100kgm. Untuk dinding geser SD-300-1,5 beban lateral maksimum yang dapat ditahan adalah sebesar 6972 kg dengan momen ultimate sebesar 4183,20 kgm. Pada hasil keseluruhan aspek rasio mempengaruhi beban lateral yang dapat ditahan oleh dinding geser. Pada penelitian momen ultimate yang didapat bukan dalam keadaan sesungguhnya dan hanya dari salah satu sisi saja yang dicapai benda uji karena peralatan yang tidak memadai. Pola retak yang terjadi pada ketiga benda uji adalah retak lentur dan retak geser, yang membedakannya adalah penyebaran retak tersebut pada masing-masing benda uji.

Kata kunci: Dinding geser, *drift*, momen ultimate, momen retak, pola retak

ABSTRACT

Indonesia is a area that frequently of earthquakes. The shear wall is a wall that acts as a stiffener and lateral force holder due to earthquakes in buildings. One of the parameters that influence the strength of the shear wall is the aspect ratio. Aspect ratio is the ratio of height and width of the shear wall. This study aims to determine the effect of aspect ratio on the pattern of cracking and shear wall capacity moments.

In this research, shear wall testing with cyclic loading. The shear wall is loaded up to the specified drift. The test is done 2 cycles per drift. Then the data recorded are lateral load, drift and crack pattern. The test results on the SW-50-1.5 shear wall of the maximum retained maximum lateral load is 8500 kg with the ultimate moment of 5100kgm. For SD-300-1.5 shear wall the maximum retained maximum weight of 6972 kg with the ultimate moment is 4183.20 kgm. On the overall result the aspect ratio affects the lateral load which can be retained by the sliding wall. In research the ultimate moment is obtained not in the real state and only from one side of the test object is achieved because of inadequate equipment. Crack patterns that occur on all three specimens are flexible cracking and shear fracture, which distinguishes them from spreading the cracks on each specimen.

Keywords: Shear wall, *drift*, ultimate moment, cracked moment, crack pattern

PENDAHULUAN

Pada suatu struktur bangunan bertingkat tinggi, bangunan tersebut harus mampu memikul beban-beban yang bekerja, diantaranya beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi meliputi beban mati dan beban hidup pada struktur, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa. Di Indonesia gempa bumi cukup sering terjadi, hal ini disebabkan karena secara geologis Indonesia terletak pada batas pertemuan tiga lempeng tektonik besar yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng Hindia-Australia serta satu lempeng mikro yaitu lempeng Philipina (Setyonegoro et al., 2012).

Salah satu parameter yang mempengaruhi kekuatan dinding geser adalah aspek rasio. Aspek rasio yaitu perbandingan tinggi dan lebar pada dinding geser. Oleh karena itu, dilakukan penelitian terhadap variasi aspek rasio, pada dinding geser bertulangan horizontal berjarak lebar yang berkaitan dengan pola retak dan momen kapasitas pada dinding geser.

Pada perencanaannya, dinding geser harus memiliki sifat yang kuat dalam menahan beban lateral. Semakin kaku dinding geser yang direncanakan maka jumlah dan diameter tulangan semakin banyak sehingga mempengaruhi biaya pembuatan struktur dinding geser. Penelitian sebelumnya mengenai dinding geser telah dilakukan oleh Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D dengan judul “*Seismic Performance Of Lightly Reinforced Walls Of Design Purposes*”, yang kemudian dilanjutkan penelitian oleh Yehuda, dkk tentang variasi dalam pembuatan dinding geser terhadap jumlah dan diameter tulangan agar mendapat kekuatan maksimal namun tetap efisien. Pada penelitian kali ini lebih ditekankan pada variasi aspek rasio. Dimana pada penelitian sebelumnya menggunakan aspek rasio 2 yang akan dibandingkan dengan aspek rasio 1,5 dengan uji pembebanan siklik pada penelitian ini.

Pada pengujian dinding geser ini, semen yang digunakan adalah PPC tipe 1. Pengujian dilakukan saat beton pada dinding geser telah berumur 28 hari atau lebih. Dinding geser diasumsikan terjepit penuh pada bagian bawah dan ujung bebas (dinding kantilever).

TUJUAN

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh perbandingan aspek rasio pada dinding geser bertulangan horizontal berjarak lebar

terhadap pola retak dan momen kapasitas dan mengetahui pengaruh jarak tulangan horizontal pada dinding geser beraspect rasio sama terhadap pola retak dan momen kapasitas

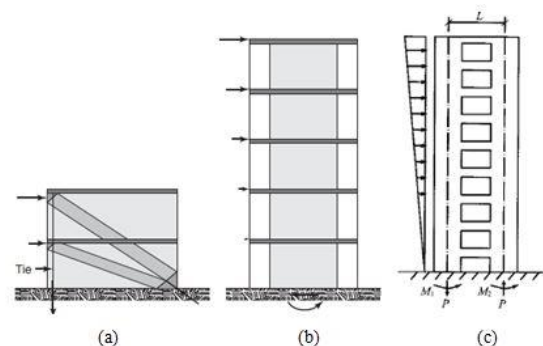
TINJAUAN PUSTAKA

Dinding Geser

Dinding geser (*shearwall*) adalah unsur pengaku vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral atau gempa yang bekerja pada bangunan. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, dinding geser adalah komponen struktur yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral. Dinding geser sebagai dinding struktural dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu dinding struktural beton biasa dan dinding struktural beton khusus.

Berdasarkan geometrinya, dinding geser dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. *Squat shear wall* (dinding pendek), adalah dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$, di mana desain dikontrol oleh perilaku geser.
2. *Slender or flexural shear wall* (dinding langsing), adalah dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, di mana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
3. *Coupled shear wall* (dinding berangkai), adalah sebuah sistem dinding geser yang terbuat dari rangkaian beberapa balok dan dinding, di mana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.



Gambar 1. Jenis dinding geser berdasarkan geometrinya, (a) *Squat shear wall*; (b) *Slender or flexural shear wall*; (c) *Coupled shear wall*

Sumber: Wight dan MacGregor (2012) & Lu dan Chen (2005)

Parameter yang Mempengaruhi Dinding Geser

Parameter yang mempengaruhi kekuatan-deformasi dinding geser secara umum terdiri dari rasio beban aksial (n), aspek rasio (α), rasio tulangan horizontal (ρ_s) dan rasio tulangan vertikal (ρ_v).

1. Rasio Beban Aksial (n)

Merupakan perbandingan dari beban aksial (P) terhadap kapasitas beban aksial ($A_g f'_c$):

$$n = \frac{P}{A_g f'_c}$$

dengan :

P = Beban aksial

A_g = Luas bruto penampang dinding geser

f'_c = Kuat tekan beton

2. Aspek Rasio (a)

Merupakan perbandingan antara tinggi dan panjang dinding geser.

$$a = \frac{hw}{lw}$$

dengan :

hw = tinggi penampang dinding geser

lw = panjang dinding geser

3. Rasio Tulangan Horizontal

Tulangan horizontal disebut juga tulangan geser, karena memiliki fungsi utama untuk menahan geser.

a. Rasio volumetrik (ρ_s)

$$\rho_s = \frac{A_v(2b_s + 2h_s)}{b_h h_h s}$$

dengan :

A_v = luas penampang tulangan horizontal

s = jarak antara titik pusat tulangan horizontal

b_s dan h_s = dimensi terhadap garis tengah tulangan horizontal

b_h dan h_h = dimensi inti beton diukur ke bagian luar tulangan horizontal

b. Rasio luas (ρ_h)

$$\rho_h = \frac{A_v, horiz}{bw \times s_2}$$

dengan minimal penampang tulangan horizontal yang diperlukan adalah:

$$A_{v \min} = \frac{0,35 b_v s}{f_{sy}}$$

dengan:

$A_{v, horiz}$ = luas penampang tulangan horizontal

bw = tebal dinding geser

s_2 = jarak antara tulangan horizontal

b_v = lebar efektif dari lebar geser ($bw - \Sigma d_d$)

Σd_d = jumlah dari diameter saluran grouting, jika ada di sepanjang bidang horizontal web

4. Rasio Tulangan Vertikal

Rasio tulangan vertikal merupakan perbandingan dari total luasan tulangan vertikal dengan luas efektif pada beton.

$$\rho_v = \frac{A_{v, vert}}{bw \times s_1}$$

dengan:

$A_{v, vert}$ = luas penampang tulangan vertikal

bw = tebal dinding geser

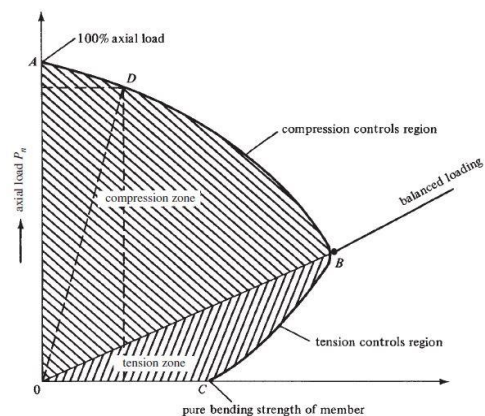
s_1 = jarak antara tulangan vertikal

Beban Siklik

Beban siklik atau *cyclic load* adalah pembebanan berulang yang teratur pada suatu bagian struktur yang dapat menyebabkan fraktur kelelahan (*fatigue*). Mengingat Indonesia berada pada daerah wilayah gempa intensitas gempa tinggi, gempa bumi merupakan salah satu penyebab runtuhnya sebuah bangunan terlebih pada bangunan bertingkat. Beban siklik dapat di artikan sebagai beban gempa yang bekerja pada gedung bertingkat secara bolak balik (2 arah).

Momen Kapasitas

Kapasitas penampang beton bertulang untuk menahan kombinasi gaya aksial dan momen lentur dapat digambarkan dalam bentuk suatu kurva interaksi antara kedua gaya dalam tersebut.



Gambar 2. Diagram Interaksi pada Kolom
Sumber: McCormac & Brown (2014)

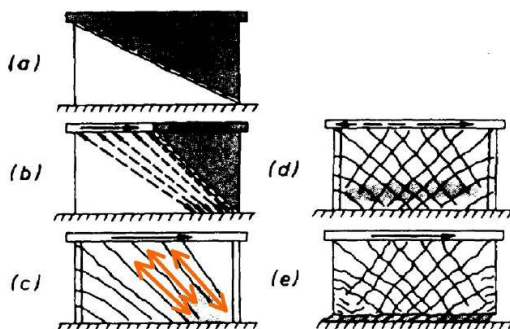
Pola Keruntuhan Dinding Geser

Perilaku batas yang terjadi pada dinding geser dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Pantozopoulou dan Imran, 1992):

1. *Flexural behavior (perilaku lentur)*, di mana respons yang terjadi pada dinding akibat gaya luar dibentuk oleh mekanis kelelahan pada tulangan yang menahan lentur. Keruntuhan jenis ini pada umumnya bersifat daktil.
2. *Flexural shear behavior (perilaku lentur geser)*, di mana kelelahan yang terjadi pada tulangan yang menahan lentur diikuti dengan kegagalan geser.
3. *Shear behavior (perilaku geser)*, di mana dinding runtuh akibat geser tanpa adanya kelelahan pada tulangan yang menahan lentur. Perilaku batas ini bisa dibagi lagi menjadi *diagonal tension shear failure* (yang dapat bersifat daktil, karena keruntuhan terjadi terlebih dahulu pada baja tulangan) dan *diagonal compression shear failure* (yang umumnya bersifat *brittle/rapuh*)
4. *Sliding shear behavior (perilaku geser gelincir)*, di mana di bawah pembebanan siklik bolak-balik, *sliding shear* bisa terjadi akibat adanya *flexural cracks* yang terbuka lebar di dasar dinding. Keruntuhan jenis ini sifatnya getas dan menghasilkan perilaku disipasi yang jelek.

Pada dinding geser yang tergolong *squat walls* terdapat 3 model kegagalan yang biasanya terjadinya yaitu :

1. *Diagonal tension* (gambar 2.3 (a) dan (b))
Retak sudut ke sudut yang terjadi pada *diagonal tension failure* merupakan kondisi yang paling kritis tetapi kemungkinan kecil untuk terjadi.
2. *Diagonal compression* (gambar 2.3 (c) dan (d))
Saat tegangan geser yang terjadi pada dinding saat besar dan tulangan horizontal yang didesain untuk menahan tarik arah vertikal mengalami kegagalan, beton dapat mengalami kegagalan, beton dapat mengalami keruntuhan tekan pada bidang diagonal.
3. *Sliding shear* (gambar 2.3 (e))
Flexural cracks terjadi terbuka dan tertutup dan tulangan vertikal leleh bergantian saat tarik dan tekan terjadi.



Gambar 3. Model Keruntuhan *Squat Wall*
Sumber: Paulay dan Priestley (1992).

METODE PENELITIAN

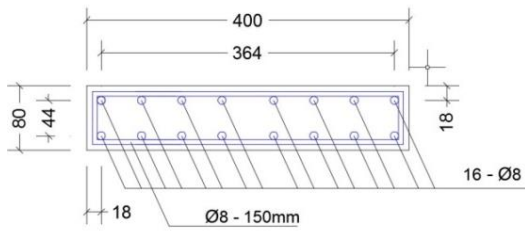
Pembuatan benda uji serta pengujian siklik dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang. Pembuatan benda uji telah dilakukan oleh tim peneliti sebelumnya pada bulan September-November 2016. Selanjutnya pengujian siklik dilakukan dibulan Maret-April 2017.



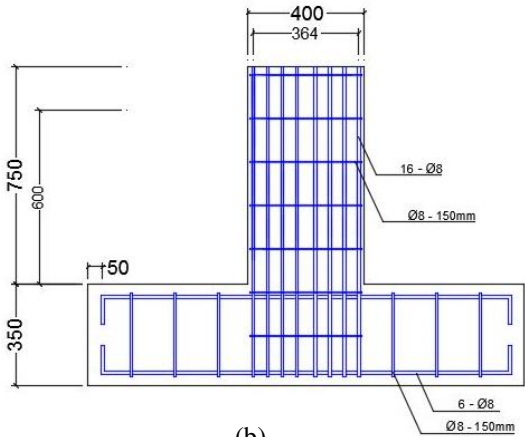
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

- a. SW-50-1,5, benda uji dinding geser tanpa variasi dengan jarak tulangan horizontal 150 mm yang dijadikan acuan dalam penelitian.
- b. SD-300-1,5, benda uji dinding geser dengan variasi penulangan horizontal ganda berjarak lebar dengan jarak 300 mm

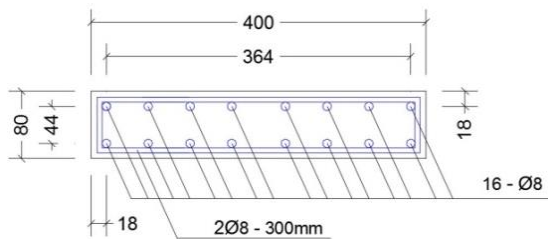


(a)

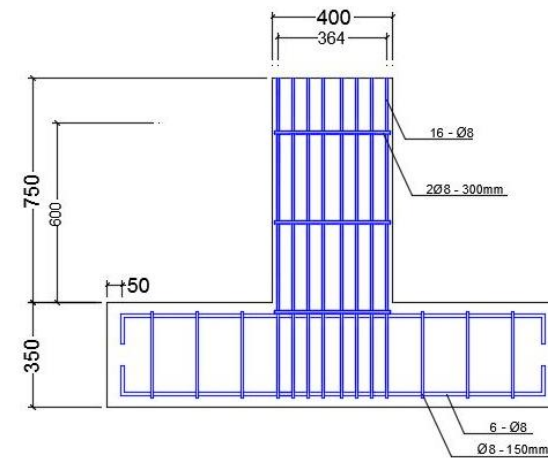


(b)

Gambar 5. Benda Uji SW-50-1,5 (a) Tampak atas; (b) Tampak depan



(a)



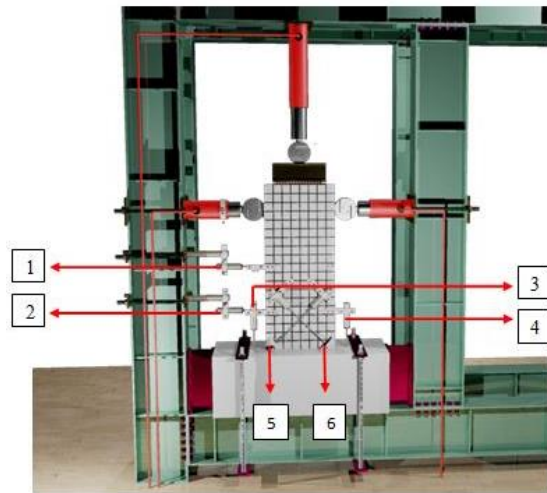
(b)

Gambar 6. Benda Uji SD-300-1,5 (a) Tampak atas; (b) Tampak depan

Setting Up

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menempatkan benda uji dinding geser berdiri tegak pada 2 buah rangka baja (*loading frame*). Peralatan utama yang digunakan dalam pengujian adalah *load cell*, *hydraulic jack*, 4 buah LVDT dan 2 buah *dial gauge*. *Load cell* digunakan sebanyak 3 buah, dimana 2 buah diletakkan pada bagian kanan dan kiri kepala dinding geser yang berfungsi sebagai pembaca beban lateral atau beban siklik, sedangkan 1 buah diletakkan di atas kepala dinding geser yang berfungsi sebagai pembaca beban aksial. *Displacement* beton diperoleh dari 4 buah LVDT dan 2 buah *dial gauge*, yang digunakan untuk menghitung perpindahan yang terjadi:

1. Perpindahan lateral total, LVDT 1 dan 2
2. Perpindahan lentur, LVDT 3 dan 4
3. Perpindahan geser, *Dial gauge* 5 dan 6



Gambar 7. Skema Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hammer Test

Pengujian mutu beton dilakukan dengan menggunakan *digital hammer test*.

Tabel 1. Pembacaan Mutu Beton

Benda Uji	Hammer Test (MPa)
SW-50-1,5	27
SD-300-1,5	21.75

Kapasitas Teoritis Dinding Geser

Perhitungan kapasitas dinding geser secara teoritis bertujuan untuk mencari nilai beban lateral maksimum (Ph) dan momen ultimit (Mu) yang terjadi apabila dinding geser diberi beban aksial sebesar 5 % P_u .

Perhitungan dinding geser secara teoritis menggunakan analisa kolom segi empat bertulangan 2 sisi dengan asumsi tumpuan jepit bebas. Hasil perhitungan dinding geser teoritis menggunakan perhitungan diagram interaksi dan juga perhitungan menggunakan program analisis momen kurvatur.

Tabel 2. Kapasitas Teoritis Dinding menggunakan Analisis Diagram Interaksi

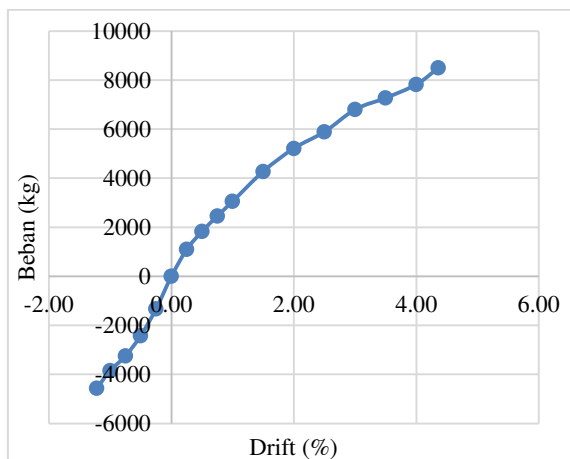
Keterangan	Diagram Interaksi		Momen Kurvatur	
	SW-50-1,5	SD-300-1,5	SW-50-1,5	SD-300-1,5
f _c (Mpa)	27	21.75	27	21.75
P _u (kg)	3000	3000	3000	3000
M _u (kgm)	4897.08	4671.51	5205.23	5027.840
Ph (kg)	8161.79	7785.85	8675.38	8378.93

Hasil Pengujian Semi Siklik

Penggunaan *displacement control* pada pengujian ini membagi pengujian dalam beberapa siklus dengan kenaikan *drift* sebesar 0,25% sampai *drift* mencapai 1% dan dilanjutkan dengan kenaikan *drift* 0,5 % sampai *drift* mencapai 5%. Karena keterbatasan alat *load cell* yang digunakan pada saat pengujian yaitu 5 ton dan 10 ton, maka apabila beban pada *load cell* 5 ton sudah mencapai batas, dinding hanya dibebani pada salah satu sisi dengan *load cell* 10 ton.

Benda Uji SW-50-1,5

Benda uji SW-50-1,5 merupakan benda uji dengan rasio tulangan vertikal 2,44% tanpa adanya variasi. Pengujian benda uji ini dilakukan hingga *drift* 4,5%.



Gambar 8. Envelope P-Drift Benda Uji SW-50-1,5

Tabel 3. Kapasitas Benda Uji SW-50-1,5

SW-50-1,5	Arah	M _{cr} (kgm)	P _{cr} (kg)	M _u (kgm)	P _u (kg)
Teoritis	/+	1178.9	1964.8	5205.2	8675.4
Aktual	-	1390.2	2317.	-	-
	+	-	-	5100	8500
Selisih (%)		15.2	15.2	2.02	2.02

Beban lateral terbesar yang didapat dari eksperimen adalah 8500 kg pada *drift* 4.5%. Beban lateral maksimum yang didapat bukan beban maksimum sesungguhnya. Momen ultimate tidak dapat dicapai karena keterbatasan alat yang ada. Pembebanan juga hanya dari satu sisi karena kondisi alat yang tidak memadai. Berdasarkan perhitungan teoritis beban lateral maksimum yang didapatkan sebesar 8675,383 kg. Dengan demikian, beban lateral maksimum aktual lebih kecil dari pada perhitungan teoritis. Maka, nilai momen ultimate yang didapatkan dari aktual juga lebih kecil dari perhitungan teoritis, yaitu sebesar 5100 kgm.

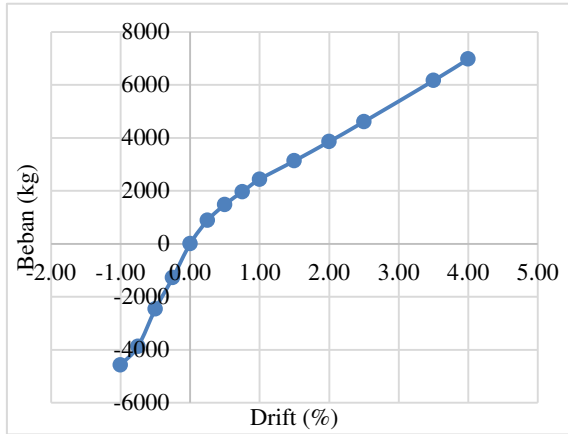


Gambar 9. Retak akhir SW-50-1,5 saat drift 4,5 %, a) Tampak depan; b) Tampak belakang

Pada benda uji SW-50-1,5 beban lateral maksimum yang di dapat sebesar 8500 kg saat *drift* mencapai 4,5%. Retak pertama terjadi pada *drift* 0.5 % (-) adalah retak lentur, retak terjadi pada diketinggian sekitar 30 cm. Retak terpanjang yang terjadi pada sisi depan adalah 24,4cm, dan untuk sisi belakang 15,8 cm.

Benda Uji SD-300-1,5

Pada benda uji SD-300-1,5 merupakan benda dengan rasio tulangan vertikal 2,44% dengan variasi tulangan horizontal yang dipasang double dengan jarak 300mm. Pengujian benda uji ini dilakukan hingga drift 4%.

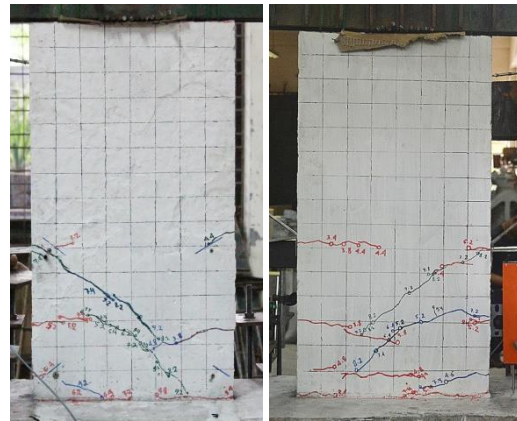


Gambar 10. Envelope P-Drift Benda Uji SD-300-1,5

Tabel 4. Kapasitas Benda Uji SW-50-1,5

SD-300-1,5	Arah	Mcr (kgm)	Pcr (kg)	Mu (kgm)	Pu (kg)
Teoritis	/+	1025.8	1709.7	5027.8	8378.9
Aktual	-	2139	3565	-	-
	+	-	-	4183.2	6972
Selisih (%)		52.043	52.043	16.799	16.791

Beban lateral terbesar yang di dapat dari hasil penelitian sebesar 6972 kg pada drift 4%. Beban tersebut bukan merupakan beban lateral maksimum, karena keterbatasan kapasitas beban maksimum dari *load cell*, maka tidak didapatkan nilai beban lateral maksimum. Pembebanan juga hanya dari satu sisi karena kondisi alat yang tidak memadai. Berdasarkan perhitungan teoritis beban lateral maksimum yang didapatkan sebesar 8378,933 kg. Dengan demikian, beban lateral maksimum yang terjadi lebih kecil dari pada perhitungan teoritis. Maka, nilai momen ultimit yang didapatkan dari aktual juga lebih kecil dari perhitungan teoritis, yaitu sebesar 4183,2 kgm.



Gambar 11. Retak akhir SD-300-1,5 saat drift 4 %, a) Tampak depan; (b) Tampak belakang

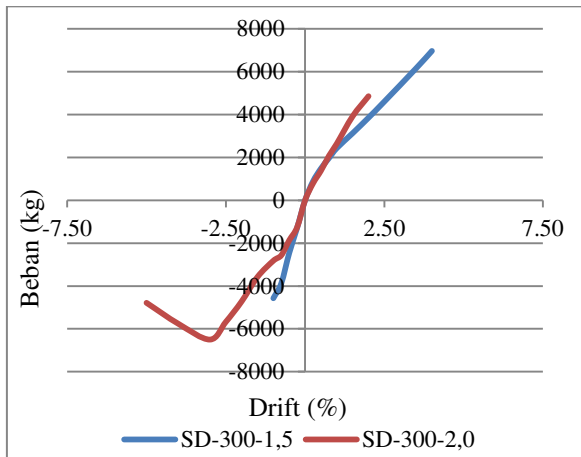
Pada benda uji SD-300-1,5, beban maksimum yang didapat pada saat pengujian 6972 kg saat drift mencapai 4 %. Retak pertama terjadi pada drift 0.75 % (-) retak yang terjadi adalah retak lentur. Retak terpanjang yang terjadi pada sisi depan adalah 18,8 cm, dan untuk sisi belakang 17,0 cm.

Perbandingan Benda Uji SD-300-1,5 dengan SD-300-2,0

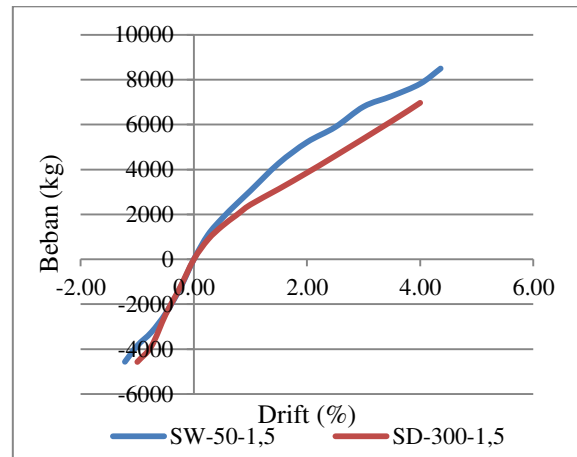
Perbedaan pada kedua benda uji SD-300 ini adalah perbedaan aspek rasio tinggi dan lebar dinding geser. Pada perhitungan teoritis, perbedaan ini berpengaruh terhadap besarnya beban lateral yang mampu ditahan dinding geser. Berdasarkan perhitungan teoritis, beban lateral maksimum yang diperoleh SD-300-1,5 adalah 8378.933 kg sedangkan SD-300-2,0 adalah 5930.098 kg. Pada saat pengujian beban lateral maksimum yang didapat oleh SW-50-1,5 adalah 6972 kg dan SD-300-2,0 adalah 6501 kg. Hal ini dikarenakan keterbatasan alat, sehingga tidak didapatkan nilai beban lateral aktual maksimum untuk benda uji aspek rasio 1,5. Pada saat pengujian juga terjadi masalah teknis lainnya seperti tidak konstannya pembebanan serta kondisi *loading frame* yang kurang memadai.

Tabel 5. Perbandingan Benda Uji SD-300-1,5 dengan SD-300-2,0

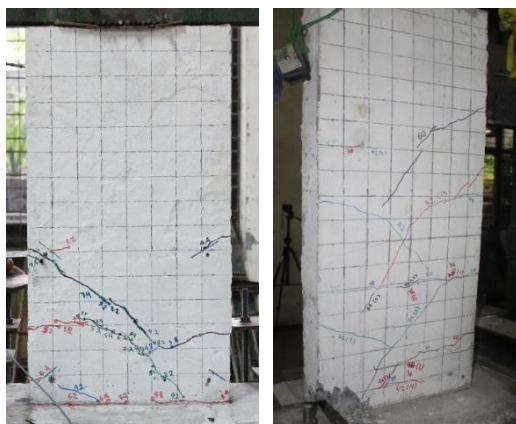
SD-300	Aspek Rasio			
	1.5		2	
	Mu (kgm)	Pu (kg)	Mu (kgm)	Pu (kg)
Teoritis	5027.8	8378.9	4744.1	5930.1
Aktual	4183.20	6972	5200.8	6501
Selisih (%)	16.799	16.791	8.782	8.782



Gambar 12. Envelope P-Drift Benda Uji SD-300-1,5 dan SD-300-2,0.

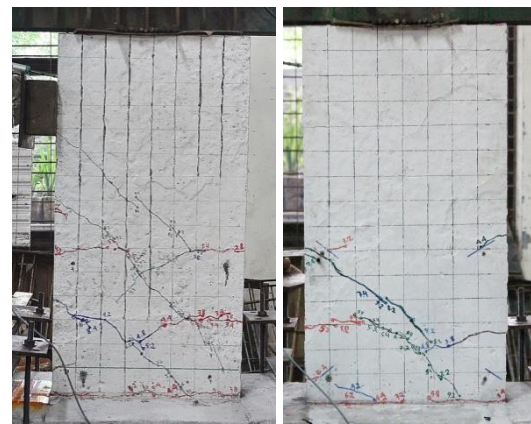


Gambar 14. Envelope P-Drift Benda Uji SD-300-1,5 dan SD-300-2,0.



(a) (b)

Gambar 13. Retak Akhir, (a) SD-300-1,5; (b) SD-300-2,0.



(a) (b)

Gambar 15. Retak Akhir, (a) SW-50-1,5; (b) SD-300-1,5.

Perbandingan Benda Uji SW-50-1,5 dengan SD-300-1,5

Benda uji SW-50-1,5 dan SD-300-1,5 merupakan dua benda uji yang memiliki aspek rasio yang sama yaitu 1,5, dengan rasio tulangan vertikal dan horizontal yang sama, tetapi memiliki perbedaan jarak antar tulangan horizontal. SW-50-1,5 menggunakan tulangan horizontal dengan perletakan normal dengan jarak 150 mm, sedangkan SD-300-1,5 menggunakan tulangan horizontal yang didobel dengan jarak 300 mm.

Tabel 6. Perbandingan Benda Uji SW-50-1,5 dengan SD-300-1,5

Ket	Dinding Geser			
	SW-50-1,5		SD-300-1,5	
	Mu (kgm)	Pu (kg)	Mu (kgm)	Pu (kg)
Teoritis	5205.2	8675.4	5027.8	8378.9
Aktual	5100	8500	4183.2	6972
Selisih (%)	2.022	2.022	16.799	16.791

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan aspek rasio terhadap pola retak benda uji SD-300 aspek rasio 1,5 dan 2 adalah sama dimulai dari retak lentur kemudian menjadi retak geser. Pada benda uji SD-300-1,5 retak pertama terjadi pada siklus pertama untuk drift 0,75% dengan beban lateral sebesar 3565 kg. Sedangkan pada benda uji SD-300-2, retak pertama kali terjadi pada siklus pertama untuk drift 0,5% dengan beban lateral sebesar 1380 kg. Jika dibandingkan beban lateral yang terjadi pada retak pertama kali, pada benda uji SD-300-1,5 beban lateral yang terjadi lebih besar dibandingkan benda uji SD-300-2. Untuk nilai Mu SD-300-1,5 didapatkan 4183,2 kgm dengan beban lateral 6972 kg saat mencapai drift 4%, sedangkan untuk nilai Mu SD-300-2,0

didapatkan 5200,8 kgm dengan beban lateral 6501 kg saat mencapai *drift* 5%. Nilai Mu yang didapatkan pada benda uji SD-300-1,5 bukan Mu yang sesungguhnya, karena keterbatasan alat, maka nilai Mu tidak dapat dicapai.

- Perbandingan benda uji SW-50-1,5 dan SD-300-1,5. Pada kedua benda uji ini membandingkan jarak tulangan horizontal dinding geser pada aspek rasio yang sama. Pada benda uji SW-50-1,5, retak pertama terjadi pada siklus pertama untuk *drift* 0,5% dengan beban lateral sebesar 2317 kg. Sedangkan, pada benda uji SD-300-1,5, retak pertama terjadi pada siklus pertama untuk *drift* 0,75% dengan beban lateral sebesar 3565 kg. Dari hasil tersebut didapatkan momen retak SD-300-1,5 lebih besar dari SW-50-1,5. Untuk nilai Mu SW-50-1,5 didapatkan 5100 kgm dengan beban lateral sebesar 8500 kg saat mencapai *drift* 4,5%, sedangkan nilai Mu SD-300-1,5 didapatkan 4183,2 kgm dengan beban lateral 6972 kg saat mencapai *drift* 4%. Nilai Mu yang didapatkan bukan Mu yang sesungguhnya, karena keterbatasan alat, maka nilai Mu tidak dapat dicapai.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan serta kesimpulan yang telah dikemukakan, berikut adalah beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan dan bahan pertimbangan untuk penelitian serupa kedepannya, yaitu:

- Dalam mendesain benda uji diharap mengukur terlebih dahulu *frame* yang akan digunakan serta kapasitas alat di laboratorium agar didapatkan data yang maksimal. Perlunya peninjauan pada kekakuan *frame* baja karena umur alat yang sudah lama sehingga bisa terjadi pelelehan pada beberapa bagian yang bisa menyebabkan perpindahan yang tak terduga di beberapa sisi *frame*.
- Diperlukan *anchor* (tambatan) yang stabil agar pengujian dapat kekakuratan data.
- Perlunya pembebanan aksial yang dapat bergerak dinamis mengikuti arah pembebanan pada benda uji sehingga kekakuratan data dapat dipertahankan.
- Pastikan peralatan yang akan digunakan di laboratorium dalam keadaan baik sebelum pengujian

DAFTAR PUSTAKA

- Allo, Jonathan. (2017). *Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Vertikal Terhadap Pola Retak dan Momen Kapasitas Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Static)*. Laporan Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 2847:2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- 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.
- Dipohusodo, I. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Gramedia.
- Kafle B., Kermani M. A., Wibowo A. A Report on the visit to the region stricken by the Wenchuan Earthquake. 2008 Special Issue: Earthquake Engineering in the low and moderate seismic regions of Southeast Asia and Australia. *Electronic Journal of Structural Engineering*. Appendix B (Report), pp 1-31, 2008.
- 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.
- McCormac, C. Jack & Brown, Russel H. (2014). *Design Reinforced Concrete 9th*. United States of America : John Wiley and Sons.
- Park, R & Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. Canada : John Wiley and Sons.
- Paulay, T. & Priestley, M.J.N. (1994). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: Wiley Interscience.
- Randha, Yehuda Keyzia. (2017). *Pengaruh Variasi Letak Tulangan Horizontal Ganda Terhadap Pola Retak dan Momen Kapasitas Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Static)*. Laporan Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Randha, Y.K., Wibowo A., Wijaya, M.N. (2017). *Pengaruh Variasi Letak Tulangan Horizontal Ganda terhadap Pola Retak dan Momen Kapasitas pada Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil 1 (1), pp. 59-67.

- Sembiring, Aldi Efrata. (2017). *Pengaruh Variasi Letak Tulangan Horizontal Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Static)*. Laporan Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Silalahi, Andrew Timothy. (2017). *Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Horizontal dan Kekakuan Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Static)*. Laporan Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Silalahi, Jogi. (2017). *Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Horizontal dan Kekakuan Terhadap Pola Retak dan Momen Kapasitas Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Static)*. Laporan Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Simanjuntak, Jackson Bernath. (2017). *Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Vertikal Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Static)*. Laporan Skripsi, Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- W. Setyonegoro, B., Sunardi., Sulastrri, J., Nugraha, P & Susilanto. (2012). *Analisis Sumber Gempabumi Pada Segmen Mentawai (Studi Kasus: Gempabumi 25 Oktober 2010)*. Jurnal Meteorology dan Geofisika.139-149.
- Wibowo, A. (2012). *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Buildings*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Hawthorn: Swinburne University of Technology.
- Wibowo, A., John L.W., Nelson TK L., Emad F. G. (2015). *Collapse Behaviour Assessment of Precast Soft Storey Building*. Procedia Engineering, Volume 125, Pages 1036-1042.
- 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., Lam, N.T.K. & Gad, E.F. (2014). *Discussion: Seismic performance of lightly reinforced structural walls for design purposes*. Magazine of Concrete Research. Vol. 66, Issue 20, April 2014 pages 1073-1074.
- Wibowo, A., Wilson, J.L., Lam, N.T.K. & Gad, E.F. (2014). *Drift Performance of Lightly Reinforced Concrete Coloumns*. Engineering Structure Journal, Elsevier. Vol. 59, February 2014, Pages 522-535.
- Wilson JL., Wibowo A., Lam NTK, Gad EF., (2015). *Drift Behaviour of Lightly Reinforced Concrete Coloumns and Structural Walls for Seismic Design Applications*. Australian Journal of Structural Engineering, Vol. 16, No. 1, pp 62-74.