

**PENGARUH VARIASI JARAK TULANGAN VERTIKAL TERHADAP
POLA RETAK DAN MOMEN KAPASITAS PADA DINDING GESER
DENGAN PEMBEBANAN SIKLIK
(QUASI-STATIS)**

**NASKAH TERPUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik**



**JONATHAN ALLO
NIM. 125060107111004**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2017

PENGARUH VARIASI JARAK TULANGAN VERTIKAL TERHADAP POLA RETAK DAN MOMEN KAPASITAS PADA DINDING GESER DENGAN PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS)

Jonathan Allo^{*1}, Ari Wibowo², Siti Nurlina²

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

²Dosen / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur

ABSTRAK

Bangunan bertingkat sangat rentan terhadap gaya lateral seperti gaya angin dan gempa bumi. Kondisi ini membutuhkan sebuah struktur yang mampu menahan gaya lateral. Dinding geser adalah salah satu alternatif struktur penahan gaya lateral dan dapat meningkatkan kekakuan struktur. Banyak bangunan bertingkat yang telah mengaplikasikan dinding geser, namun tidak sebanding antara jumlah biaya dan kapasitas dari dinding geser. Maka dilakukan variasi jarak tulangan vertikal pada penulangan dinding geser. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas setiap dinding geser dengan variasi jarak tulangan vertikal yang berbeda. Pada penelitian ini dinding geser diberikan beban aksial konstan (3000 kg) dan pembebanan siklik (quasi-statis) dengan nilai *drift* yang telah ditentukan, kemudian didapatkan besarnya beban lateral yang diterima dinding geser dan juga pola retak pada setiap nilai *drift*. Nilai beban lateral yang didapat dipakai untuk menghitung momen kapasitas dari dinding geser. Dalam penelitian ini terdapat 3 variasi dinding geser yaitu dinding geser tanpa variasi yaitu SW-50 (jarak antara tulangan vertikal 50 mm dan spasi bagian tengah dinding sebesar 65 mm) dan dinding geser dengan variasi jarak tulangan vertikal yang lebih rapat yaitu SW-40 (jarak antara tulangan vertikal 50 mm dan 40 mm serta spasi bagian tengah dinding sebesar 105 mm) dan SW-30 (jarak antara tulangan vertikal 30 mm dan 40 mm serta spasi bagian tengah dinding sebesar 165 mm). Hasil penelitian ini disimpulkan bahwa dinding geser dengan variasi jarak tulangan vertikal yang lebih rapat dapat menghasilkan momen kapasitas yang lebih besar, dan juga semakin besar spasi bagian tengah dari dinding geser maka akan menghasilkan retak yang lebih panjang. Untuk pola retak yang terjadi selalu diawali retak lentur kemudian diikuti oleh retak geser.

Kata kunci: Dinding geser, *drift*, momen ultimit, panjang retak, pola retak

ABSTRACT

High rise buildings are vulnerable to lateral loads that are wind forces and earthquakes. This condition demands a sub-structure that is able to resist lateral loads. Shearwall is one of alternative sub-structures resisting lateral loads and increasing the stiffness of a structure. There have been many applications of shearwalls in buildings but the costs are still higher than the capacity of shearwalls, so that vertical reinforcement configurations are applied in each shearwall in order to know the effects. The purposes of this study are to know moment capacities and crack patterns of configured vertical reinforcement shearwalls and a shearwall without vertical reinforcement configurations. In this study the shearwalls are loaded by constant axial loading at 3000 kg and lateral cyclic loading (quasi-static) with the specified value drifts. The crack patterns are observed in every single drift. Lateral loading obtained in each drift are used to calculate moment capacities. There are three variations of shearwalls in this study. A shearwall (SW-50) without vertical reinforcement configurations that has vertical reinforcements spaced of 50 mm (the space between both end groups of vertical reinforcements is 65 mm), and two configured shearwalls that are SW-40 with vertical reinforcements spaced of 50 mm – 40 mm (the space between both end groups of vertical reinforcements is 105 mm) and SW-30 with vertical reinforcements spaced of 40 mm – 30 mm (the space between both end groups of vertical reinforcements is 165 mm). This study has revealed that the configured shearwalls support higher moment capacities than another shearwall without vertical reinforcement configurations. The closer the spaces of vertical reinforcements are, the longer the lengths of the cracks are. The crack patterns that have occurred are flexural cracks in the beginning and are followed by shear cracks in the end of the cyclic loading.

Key word: Shearwall, *drift*, moment capacity, crack length, crack pattern

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah suatu negara yang rawan gempa, karena berada pada pertemuan sembilan plat tektonik kecil dan juga tiga plat tektonik besar. Disaat terjadi pergeseran antara plat tersebut maka akan terjadi guncangan atau

gempa bumi. Peristiwa ini akan menimbulkan kerusakan pada gedung, bahkan keruntuhan. Selain itu keterbatasan lahan untuk mendirikan suatu bangunan, menuntut adanya suatu bangunan bertingkat.

Pada bangunan bertingkat sangat rawan terhadap gaya lateral seperti gempa dan gaya angin. Maka dari hal tersebut dibutuhkan suatu sub struktur yang mampu menahan gaya lateral. Dinding geser adalah solusi dalam mengatasi hal ini. Tapi dinding geser yang telah diterapkan pada gedung-gedung bertingkat belum begitu efisien dari segi biaya dan juga kekuatan. Sehingga variasi tulangan vertikal pada dinding geser diharapkan dapat

menambah kapasitas kekuatan dan efisiensi, dan juga mengetahui pola retak yang terjadi akibat variasi tulangan vertikal.

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- ✓ Mengetahui pola retak yang terjadi akibat variasi tulangan vertikal.
- ✓ Mengetahui momen kapasitas dari setiap benda uji dengan variasi tulangan vertikal yang berbeda.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Geser

Dinding geser adalah dinding bertulang yang bersifat kaku, dirancang untuk dapat menahan gaya lateral seperti gempa dan juga gaya angin.

Dinding geser dapat meningkatkan kekakuan yang berfungsi menopang gaya lateral, terutama pada arah memanjang dari dinding tersebut. Dengan kemampuan untuk menahan gaya lateral yang lebih, tentu hal ini dapat mengurangi bahkan meniadakan kerusakan pada setiap elemen non struktural dari sebuah gedung. Bentuk dinding geser yang lebih langsing juga dapat menghemat ruangan struktur.

2.2 Beban Siklik

Beban siklik adalah beban yang terjadi berulang pada suatu struktur. Gempa adalah salah satu contoh dari beban siklik.

Keruntuhan yang terjadi pada suatu struktur oleh beban siklik dikarenakan terjadi kegagalan *fatigue*, yaitu terjadi pada waktu

beton pecah karena mengalami beban berulang.

2.3 Retak

Retak terjadi karena perbedaan tegangan tarik yang disebabkan oleh gaya geser, momen dan beban. Jenis retak yang terjadi pada struktur beton bertulang adalah retak geser atau retak diagonal dan retak lentur atau retak horisontal.

Besar lebarnya retak juga memiliki batasan, dimana lebar retak yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan dan korosi pada baja tulangan.

2.4 Momen Kapasitas

Pada saat suatu struktur seperti kolom atau dinding geser diberi beban dengan kombinasi beban tekan, lateral dan momen lentur, secara teoritis terdapat tiga jenis momen kapasitas yaitu: Momen retak, momen leleh dan momen ultimit atau momen maksimum sebelum terjadi keruntuhan struktur.

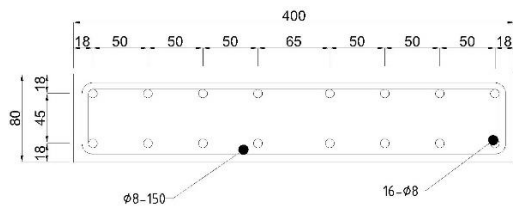
3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental dimana dilakukan percobaan untuk mendapatkan data yang akan digabung dengan variabel yang diteliti. Objek dari penelitian ini adalah dinding geser dengan variasi jarak tulangan vertikal, kemudian dibandingkan dengan dinding geser tanpa variasi jarak tulangan vertikal.

Kuat tekan beton rencana sebesar $f'_c = 20$ MPa. Benda uji adalah dinding berdimensi

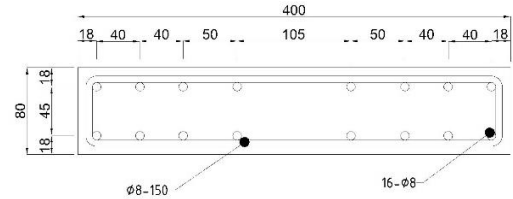
(400x80x800) mm, menggunakan diameter tulangan horisontal $\varnothing 8$ -150 mm dengan rasio tulangan vertikal 2,44% dan rasio tulangan horisontal 0,91% untuk semua benda uji dan variasi tulangan vertikal:

1. 16- $\varnothing 8$, jarak antara tulangan vertikal 50 mm, spasi bagian tengah 65 mm (SW-50)



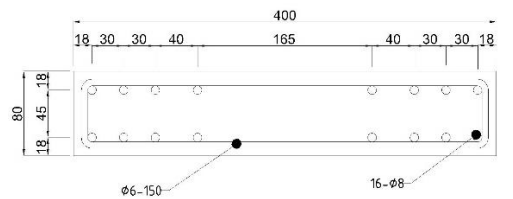
Gambar 1. Potongan memanjang SW-50 (65 mm)

- 16-Ø8, jarak antara tulangan vertikal 50-40 mm, spasi bagian tengah 105 mm (SW-40)



Gambar 2. Potongan memanjang SW-40 (105 mm)

- 16-Ø8, jarak antara tulangan vertikal 40-30 mm, spasi bagian tengah 165 mm (SW-30)



Gambar 3. Potongan memanjang SW-30 (165 mm)

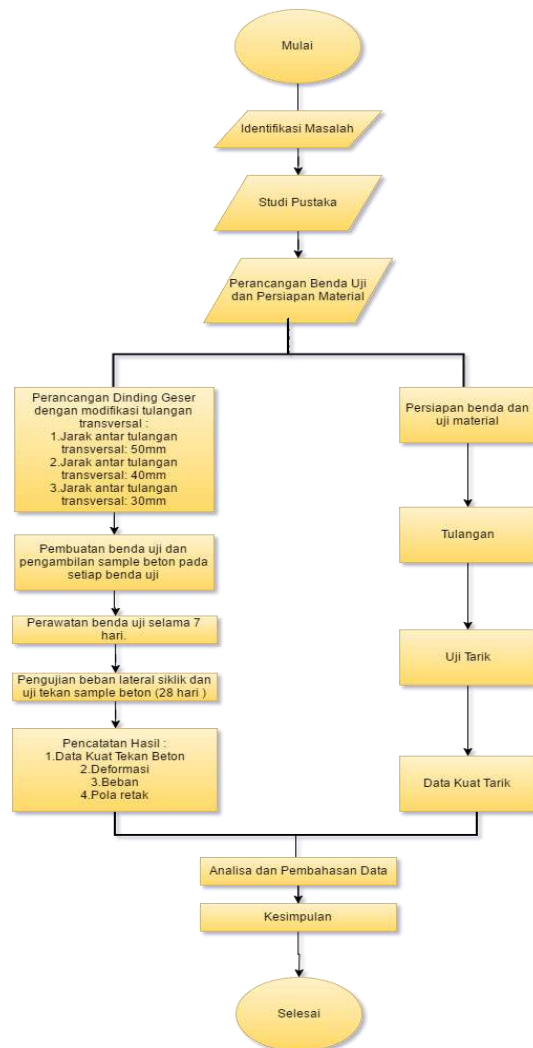
Diagram alir penelitian dijelaskan pada **Gambar 4.**

4. PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan Dinding Geser

Dilakukan tiga macam pengujian pada bahan penyusun dinding geser yaitu:

- Uji Beton Segar
Beton direncanakan dengan *mix design*, menghasilkan perbandingan air : aktual semen : agregat kasar : agregat halus sebesar 0,6 : 1 : 2,6 : 2,13 dengan nilai slump berkisar 9,5 – 19 cm.
- Uji Tekan Beton



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Variabel pada penelitian ini adalah:

- Variabel Bebas, pada penelitian ini variabel bebasnya adalah jarak antara tulangan vertikal.
- Variabel Terikat, variabel terikat dari penelitian ini adalah beban lateral, momen kapasitas, dan pola retak.

Pengujian ini dilakukan pada hari ke-28. Berikut ini adalah hasil kuat tekan beton.

Tabel 1. Hasil uji tekan silinder

Benda Uji	Uji Tekan Silinder
	Mpa
SW-50	13.35
SW-40	21.44
SW-30	17.61

Penyebab dari kuat tekan beton yang bervariasi adalah faktor air semen, dimana terjadi kelebihan atau kekurangan dari jumlah air yang dibutuhkan.

- Uji Tarik Tul. Baja

Pada uji tarik tulangan baja diambil tiga sample tulangan secara acak berdiameter 8 mm dan dipotong berdasarkan $20x d \geq 20\text{cm}$. Berikut ini merupakan hasil tegangan leleh baja dari perhitungan kuat tarik tulangan baja.

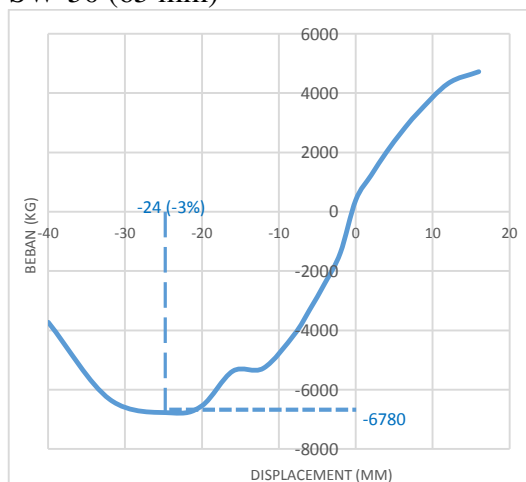
4.3 Hasil Pengujian Siklik

Pengujian siklik dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan sebesar 5% Pu dan beban lateral siklik pada tinggi dinding 80 cm dengan nilai *drift* yang telah ditentukan. Dilakukan *Displacement Control* pada pengujian ini, yaitu dengan kenaikan *drift* 0,25% sampai *drift* mencapai 1% dan selanjutnya dengan penambahan

4.3.1 Momen Kapasitas Dinding Geser

Pada penelitian ini momen kapasitas dinding geser terdiri dari momen ultimit dan momen retak. Fase retak pada saat dinding geser diberi beban awal dan dilanjutkan pembebanan hingga melewati modulus keruntuhan beton, hal ini akan menyebabkan terjadinya retak. Momen ultimit adalah momen yang terjadi pada batas keruntuhan dari elemen struktur. Berikut adalah momen kapasitas dan momen retak dari benda uji:

- SW-50 (65 mm)



Gambar 5. Grafik *Envelope* Beban-*Displacement* SW-50 (65 mm)

Tabel 2. Tegangan Leleh Tulangan Dinding Geser

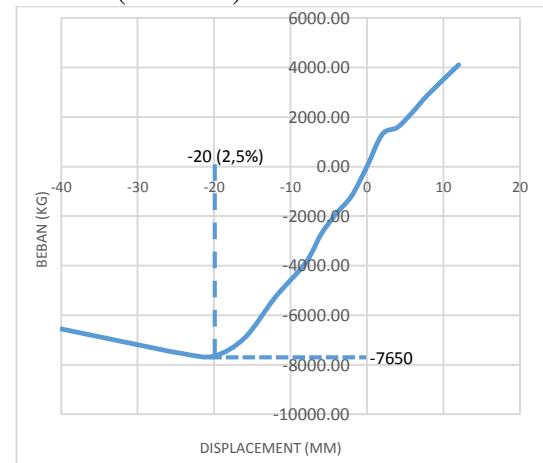
No Tulangan	Diameter (mm)	Diameter Aktual (mm ²)	A (mm ²)	P (N)	fy (MPa)
1	Ø8	7.88	48.7	16406	336.57
2	Ø8	7.88	48.7	19660	403.33
3	Ø8	7.88	48.7	19335	396.66
					fy 378.86

Tegangan leleh diperoleh dari rata-rata ketiga tulangan tersebut.

drift sebesar 0,5% sampai benda uji mengalami keruntuhan atau tercapai batas kemampuan alat. Karena *load cell* pada sisi kiri hanya mampu menahan 5 ton dibandingkan dengan sisi kanan sebesar 10 ton, maka jika telah mencapai batas, hanya akan dilakukan pembebanan lateral pada sisi kanan.

Berdasarkan hasil eksperimen didapatkan beban lateral ketika terjadi retak (P_{cr}) adalah 2200 kg dengan momen retak (M_{cr}) adalah 1760 kgm. Untuk perhitungan teoritis didapatkan M_{cr} sebesar 1541 kgm dan P_{cr} sebesar 1925,65 kg. Hasil analisis teoritis didapatkan M_u sebesar 4351 kgm dan P_u sebesar 5439 kg. Hasil eksperimen didapatkan P_u pada SW-50 (65 mm) sebesar 6780 kg dan M_u pada SW-50 (65 mm) sebesar 5424 kgm.

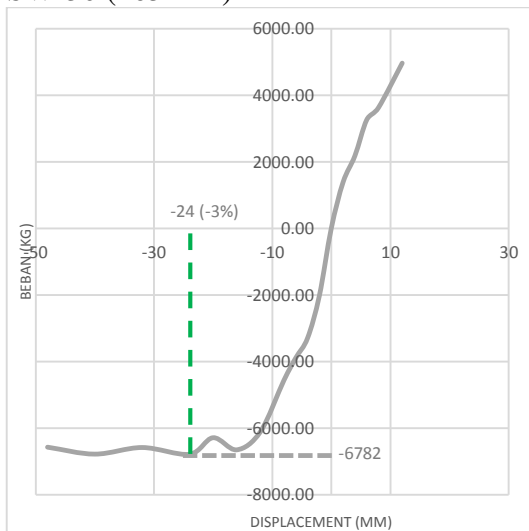
- SW-40 (105 mm)



Gambar 6. Grafik *Envelope* Beban-*Displacement* SW-40 (65 mm)

Berdasarkan hasil eksperimen didapatkan beban lateral ketika terjadi retak (Pcr) adalah 3648 kg dengan momen retak (Mcr) adalah 2918 kgm. Untuk perhitungan teoritis didapatkan Mcr sebesar 1786 kgm dan Pcr sebesar 2233,03 kg. Hasil analitis teoritis didapatkan Mu sebesar 4796 kgm dan Pu sebesar 5995 kg. Hasil eksperimen didapatkan Pu pada SW-40 (105 mm) sebesar 7650 kg dan Mu pada SW-40 (105 mm) sebesar 6120 kgm.

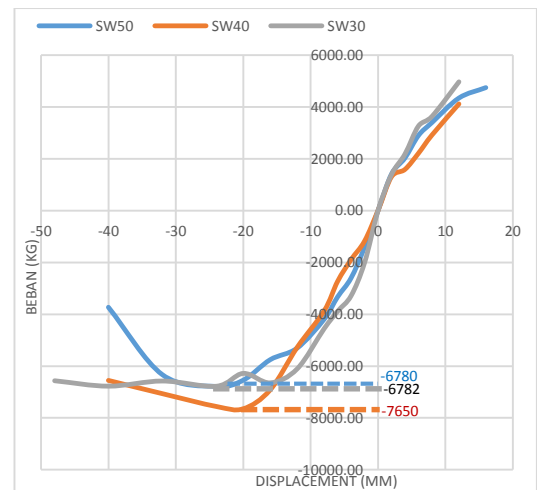
- SW-30 (165 mm)



Gambar 7. Grafik *Envelope* Beban-Displacement SW-30 (165 mm)

Berdasarkan hasil eksperimen didapatkan beban lateral ketika terjadi retak (Pcr) adalah 3232 kg dengan momen retak (Mcr) adalah 2585,6 kgm. Untuk perhitungan teoritis didapatkan Mcr sebesar 1677.2 kgm dan Pcr sebesar 2096,54 kg. Hasil analitis teoritis didapatkan Mu sebesar 5000 kgm dan Pu sebesar 6250 kg. Hasil eksperimen didapatkan Pu pada SW-30 (165 mm) sebesar 6782 kg dan Mu pada SW-30 (165 mm) sebesar 5425,6 kgm.

- Spesimen Gabungan SW-50 (65 mm), SW-40 (105 mm) dan SW-30 (165 mm)



Gambar 8. Grafik *Envelope* Beban-Displacement SW-50 (65 mm), SW-40 (105 mm), SW-30 (165 mm).

Tabel 3. Rekapitulasi Momen Kapasitas SW-50 (65 mm), SW-40 (105 mm), SW-30 (165 mm).

Benda Uji	Arah	Mcr (kgm)		Selisih (%)	Mu (kgm)		Selisih (%)
		Experimental	Teoritis		Experimental	Teoritis	
SW-50	+	-	1541	-	-	4351	-
	-	1760	1541	14.25	5424	4351	24.66
SW-40	+	-	1786	-	-	4796	-
	-	2918	1786	38.79	6120	4796	27.61
SW-30	+	-	1677	-	-	5000	-
	-	2586	1677	35.13	5426	5000	8.51

Keterangan:

(+) = Dorong

(-) = Tekan

Dapat dilihat dari **Gambar 8** bahwa pengaruh variasi tulangan vertikal tidak memberikan pengaruh pada kapasitas dinding geser secara signifikan, walaupun terjadi kenaikan kapasitas dinding geser pada variasi tulangan vertikal yang lebih rapat.

Pada **Tabel 3** dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan nilai momen kapasitas pada benda uji dari perhitungan eksperimental dan juga teoritis dimana hasil teoritis lebih besar dari eksperimental. Hal ini disebabkan karena pada saat melakukan pengujian, beban aksial yang diberikan tidak selalu konstan dan cenderung lebih besar daripada beban aksial yang telah ditentukan (3000 kg).

Kenaikan beban aksial mempengaruhi beban lateral secara tidak langsung yang berpengaruh terhadap besarnya momen kapasitas. Pada saat beban lateral diberikan pada sisi kiri atau kanan, dinding geser pasti akan mengalami perpindahan arah horisontal, tapi secara tidak langsung dinding geser juga akan sedikit mengalami perpindahan ke arah vertikal (ke atas). Beban aksial yang diberikan pada sisi atas dinding geser akan menahan perpindahan vertikal

(ke atas) yang disebabkan oleh beban lateral. Sehingga jika beban aksial tidak terkontrol atau cenderung lebih besar maka akan menyebabkan kenaikan pada beban lateral, sedangkan pada perhitungan teoritis mengasumsikan bahwa beban aksial yang diberikan adalah selalu konstan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan teoritis lebih kecil daripada hasil ekperimental.

4.3.2 Pola Retak, Panjang Retak dan Lebar Retak Dinding Geser

Pengamatan ini dilakukan secara langsung untuk setiap siklus. Panjang retak diukur menggunakan autocad dengan foto yang sudah diskala. Untuk lebar retak dilakukan pengukuran pada badan dinding saat kondisi *unloading*.

- SW-50 (65 mm)

Pada benda uji SW-50 (65 mm) pola retak yang terjadi pertama kali adalah retak lentur dengan pola horisontal kemudian diikuti retak geser dengan pola diagonal. Retak kompresi dan *gap opening* terjadi pada pembebanan akhir dari benda uji.



Gambar 9. Retak Awal dan Akhir SW-50 (65 mm)

- SW-40 (105 mm)

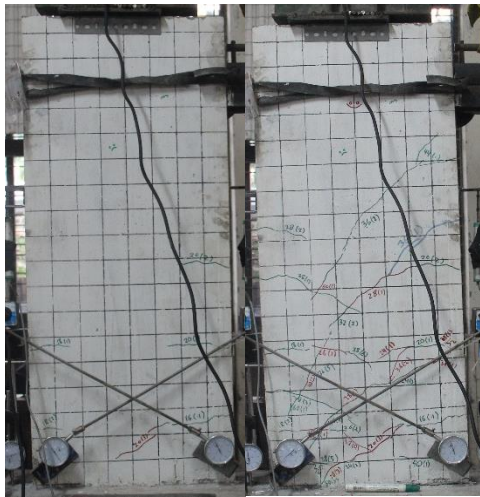
Pada benda uji SW-40 (105 mm) pola retak yang terjadi pertama kali adalah retak lentur dengan pola horisontal kemudian diikuti retak geser dengan pola diagonal. Retak kompresi dan *gap opening* terjadi pada pembebanan akhir dari benda uji.



Gambar 10. Retak Awal dan Akhir SW-50 (105 mm)

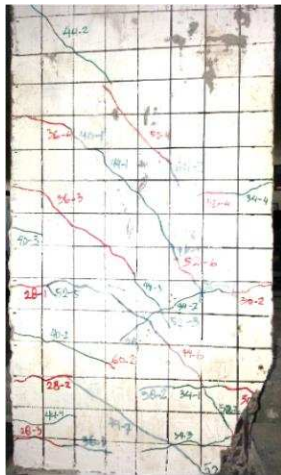
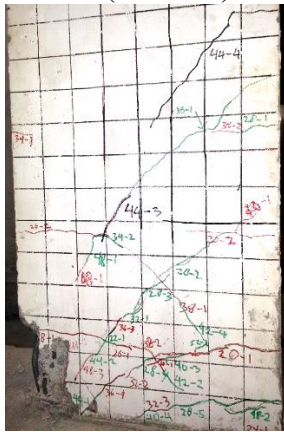
- SW-30 (165 mm)

Pada benda uji SW-30 (165 mm) pola retak yang terjadi pertama kali adalah retak lentur dengan pola horisontal kemudian diikuti retak geser dengan pola diagonal. Retak kompresi dan *gap opening* terjadi pada pembebanan akhir dari benda uji.

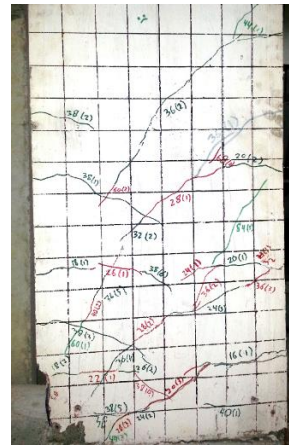


Gambar 11. Retak Awal dan Akhir SW-30 (165 mm)

- Spesimen Gabungan SW-50 (65 mm), SW-40 (105 mm) dan SW-30 (165 mm)



Gambar 12. Retak Akhir SW-50 dan SW-40



Gambar 13. Retak Akhir SW-30

Untuk Benda Uji tanpa variasi tulangan vertikal (SW-50) retak yang terjadi, lebih terpusat pada bagian dasar dinding geser atau cenderung terjadi retak lentur. Untuk benda uji SW-40 dan SW-30 adalah retak geser yang penyebaran retaknya cenderung lebih merata ke seluruh bagian dinding geser.

Tabel 4. Rekapitulasi Panjang Retak, Jumlah Retak dan Lebar Retak Benda Uji (*unloading*)

Benda Uji	Panjang Retak Maksimum (cm)	Panjang Retak Rata-Rata (cm)	Lebar Retak Maksimum (mm)	Lebar Retak Ijin (mm)
SW-50 (65 mm)	29.02	7.372	1.5	0.263
SW-40 (105 mm)	26.3	9.683	0.2	0.226
SW-30 (165 mm)	38.52	10.140	2.6	0.118

Pada **Tabel 4** dapat dilihat bahwa semakin rapat tulangan vertikal pada dinding geser, maka panjang retak yang terjadi semakin panjang dan sebaliknya. **Tabel 4** juga menunjukkan bahwa, semakin rapat tulangan vertikal maka semakin kecil lebar retak yang diperbolehkan. Lebar retak maksimum yang diukur adalah pada kondisi *unloading*, untuk mendapatkan lebar retak pada kondisi *loading* maka dilakukan pendekatan dengan mengalikan lebar retak maksimum dengan perbandingan antara beban lateral saat terjadi retak dengan beban ultimit.

Tabel 5. Lebar Retak Maksimum Benda Uji pada Kondisi *Loading*.

Benda Uji	Lebar Retak Maksimum (mm)	Lebar Retak Izin (mm)
SW-50 (65 mm)	0.736	0.263
SW-40 (105 mm)	0.095	0.226
SW-30 (165 mm)	1.239	0.118

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban lateral puncak benda uji SW-40 (spasi tulangan di tengah 105 mm) dan SW-30 (spasi tulangan di tengah 165 mm) lebih besar dibandingkan dengan benda uji SW-50 (spasi tulangan di tengah 65 mm) (tanpa variasi tulangan vertikal), walaupun tidak terjadi kenaikan yang signifikan untuk benda uji SW-30 (spasi tulangan di tengah 165 mm). Hal ini disebabkan oleh faktor lain seperti mutu beton. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan jarak tulangan vertikal yang lebih rapat, dapat menghasilkan momen kapasitas yang lebih besar.
2. Mekanisme retak yang terjadi adalah sama untuk ketiga benda uji. Pola retak yang terjadi pertama kali adalah horisontal atau retak lentur kemudian diikuti retak diagonal atau retak geser. Dengan variasi letak tulangan vertikal yang lebih rapat (SW-30 dengan spasi tulangan di tengah 165 mm dan SW-40 dengan spasi tulangan di tengah 105

Pada **Tabel 5** terlihat bahwa lebar retak yang terjadi pada benda uji SW-50 (65 mm) dan SW-30 (165 mm) telah melebihi batas lebar retak izin. Untuk benda uji SW-40 (105 mm) lebar retak yang terjadi masih di bawah batas lebar retak izin. Dari hasil penelitian lebar retak, tidak menunjukkan hubungan antara variasi jarak tulangan vertikal dengan lebar retak yang terjadi pada badan dinding geser. Hal ini mungkin karena tidak dilakukan pengamatan secara langsung pada kondisi *existing* atau pada saat benda uji diberikan beban, sehingga tidak mendapatkan hasil yang akurat.

mm) akan menghasilkan retak yang lebih panjang daripada tulangan vertikal yang jaraknya renggang (SW-50 dengan spasi tulangan di tengah 65 mm). Hal ini terjadi karena adanya spasi dibagian sisi tengah yang lebih besar dari benda uji dengan variasi jarak tulangan (SW-30 dengan spasi tulangan di tengah 165 mm dan SW-40 dengan spasi tulangan di tengah 105 mm) yang tidak terdapat tulangan vertikal, sehingga hanya sengkanglah yang berfungsi menahan beton.

5.2 Saran

1. Perlu diperhatikan penakaran dari hasil *mix design* pada waktu pengecoran sehingga tercapai mutu beton sesuai yang telah direncanakan.
2. Perlu dilakukan pengontrolan beban aksial agar tetap konstan dan pergerakan roll yang berfungsi mentransfer beban aksial sehingga pergerakannya lebih *smooth*.
3. Perhatikan desain ukuran benda uji agar sesuai dengan ukuran *frame* pengujian yang tersedia di laboratorium.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Allen, H.G dan P.S. Bulson. 1980. *Background to Buckling*. McGraw Hill Book Company, U.K.
- ACI 318. 2002. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*. Michigan: American Concrete Institute.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI-03-1726-2002. Jakarta.
- Paulay dan Priestley. 1994. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: Wiley Interscience.
- Watanabe, K, Niwa, J, Yokota, H and Iwanami, M. 2004. *Stress-Strain Relationship for the Localized Compressive Failure Zone of Concrete under Cyclinic Loading*. Japan.
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Buildings*. Victoria: Swinburne University of Technology.
- Wibowo, Ari. 2013. *Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes*. ICE Megazine of Concrete Research. Australia: ICE Publishing.
- Zhao, Qiuhong dan A. Astaneh-Asl. 2004. *Cyclic Behavior of an Innovative Steel Shear Wall System. Proceedings of the 13th World Conferences on Earthquake Engineering*. Vancouver, Canada.