

PENGARUH VARIASI LETAK TULANGAN HORIZONTAL GANDA TERHADAP POLA RETAK DAN MOMEN KAPASITAS PADA DINDING GESER DENGAN PEMBEBANAN SEMI SIKLIK

Yehuda Keyzia Randha^{*1}, Ari Wibowo², Ming Narto²

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

Korespondensi : yehudakeyzia@gmail.com

Abstrak

Dinding geser dirancang agar mampu menahan beban-beban lateral dengan efektif seperti gempa dan beban angin. Karenanya dibutuhkan perkuatan agar dinding geser menjadi kaku. Maka dari itu dinding geser menjadi sangat tinggi dalam hal pembiayaan. Dalam penelitian ini tulangan horizontal dipasang ganda dan divariasikan letaknya, dengan begitu dengan biaya yang sama dinding geser yang divariasikan diharap dapat memperoleh kekuatan yang lebih besar dari pada biasanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan pola retak yang terjadi pada dinding geser tanpa variasi dengan dinding geser variasi serta momen kapasitas yang dimiliki antara keduanya. Penelitian ini menggunakan tiga buah benda uji yaitu dinding geser tanpa variasi dengan konfigurasi tulangan horizontal berdiameter 8 mm dengan jarak 150mm, kemudian dinding geser dengan variasi tulangan horizontal ganda berdiameter masing-masing 8 mm dengan jarak 300mm, dan dinding geser dengan variasi tulangan horizontal ganda diameter 8mm masing-masing dengan jarak 150mm. Dalam penelitian ini dinding geser dibebani secara semi siklik. Pembebanan lateral pada ujung bagian atas dinding geser diberikan sampai *drift* yang diinginkan capai. *Drift* yang dimaksud mulai dari 0% sampai dengan 5%. Pada *drift* 0% sampai 1% pembebanan dihentikan setiap *drift* mencapai 0,25%. Selanjutnya *drift* 1% sampai 3% *drift* dihentikan setiap mencapai 0,5%. Kemudian *drift* 3% sampai 5% setiap 1% pembebanan dihentikan. Pada saat pembebanan dihentikan setiap *drift*nya dinding geser diamati dan ditandai pola retaknya, serta beban yang diterima pada saat itu dicatat. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah dinding geser tanpa variasi lebih kuat dari pada dinding geser dengan variasi tulangan horizontal ganda berjarak 300mm, namun tidak lebih kuat dari pada variasi salah satunya. Pola retak yang terjadi pada ketiga benda uji sama, pertama kali retak yang muncul adalah retak lentur kemudian selang beban bertambah muncul retak geser.

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

Abstract

Shear wall is designed to hold lateral load effectively like earthquake and wind load. Because of it needed reinforcement for shearwall become stiff. So shearwall can be very high in cost to create. In this research horizontal reinforcement is double configured and be varied the space, with that configuration hopefully with same cost shearwall can be more powerful than ordinary configuration. This research have purpose to know crack pattern that occur on shearwall without various configuration to shearwall with configuration and moment capacity among both shearwall. This research use three samples are shearwall without various configuration horizontal reinforcement with diameter 8 mm range 150 mm, then shearwall with double horizontal reinforcement with 8 mm each and range 300 mm, and shearwall with double horizontal reinforcement configuration with 8 mm each and range 150 mm. On this research shearwall is under semi cyclic loading. Lateral loading on the upper point of shearwall given until wanted drift. The drift is start from 0% until 5%. On 0% drift loading is stopped when reach 0,25% each. Then 1% drift to 3% drift loading is stopped every 0,5%. And then 3% drift to 5% drift loading is stopped every 1%. When loading was stopped every drift, shearwall was been observed and tagged the crack pattern, and the load received by the shear wall is written. The result obtained from this research is shearwall without configuration is more stronger than shearwall with double horizontal reinforcement with range 300 mm, but more weak than another. Crack pattern occur on the three samples are same, first crack that occur is flexural crack then heavier load give are appear shear crack.

Keyword : Shear wall, drift, moment ultimate, moment crack, crack pattern

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang posisi geografisnya pada sepanjang pegunungan dan pertemuan tiga lempeng tektonik besar, Indonesia dituntut dapat beradaptasi dengan kondisi tersebut mulai dari struktur bangunan yang ada di Indonesia. Bangunan harus didesign sedemikian rupa agar tahan terhadap gempa. Dalam SNI 1726-2012 telah menjelaskan dengan detail mengenai perencanaan struktur tahan gempa berupa pondasi, kolom, dan juga dinding geser.

Dinding geser merupakan suatu sistem yang direncanakan sebagai sistem ketahanan lateral yang efektif dalam menahan beban gempa dan beban angin. Pada saat beban lateral diterapkan pada dinding geser, dengan adanya struktur dinding geser yang kuat dan kaku sehingga pelat yang ada di atasnya dapat ditahan, sehingga keruntuhan terjadi secara bertahap dan dapat dilakukan evakuasi terhadap pengguna bangunan sesuai dalam perencanaan bangunan tahan gempa karena runtuh yang terjadi secara bertahap sehingga memberikan waktu yang cukup.

Untuk mendapatkan dinding geser yang kaku maka perencanaan dinding geser pun memerlukan jumlah dan tulangan semakin besar, sehingga biaya untuk membuat dinding geser pun menjadi terpengaruh. Untuk mengatasi hal tersebut, dinding geser dibuat dengan variasi jumlah dan diameter tulangnya agar didapatkan kekuatan yang maksimal dan tetap efisien. Pada penelitian ini lebih ditekankan pada pengaruh variasi tulangan horizontal ganda terhadap pola retak dan momen kapasitas dari dinding geser.

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan momen kapasitas antara dinding geser dengan

variasi letak tulangan horizontal ganda dengan dinding geser tanpa variasi.

2. Mengetahui perbedaan pola retak antara dinding geser dengan variasi letak tulangan horizontal ganda dengan dinding geser tanpa variasi

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Geser

2.1.1. Pengertian

Menurut SNI 03-2847-2002 dinding geser adalah komponen struktur yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral. Dinding vertikal yang kaku dari sebuah struktural yang dirancang secara efisien dapat menahan beban lateral seperti beban gempa yang disebut sebagai dinding geser. Dinding geser direncanakan dapat memikul beban lateral kemudian diserap dan diteruskan oleh dinding geser dari elevasi yang paling atas hingga paling bawah kemudian sampai ke pondasi dan diteruskan ke tanah.

Dalam memperhitungkan perencanaan dinding geser harus cermat agar bangunan tahan gempa yang diinginkan dapat tercapai, salah satunya penulangan dinding geser harus dikontrol. Mengontrol banyaknya tulangan pada dinding geser dapat memberikan pengaruh pada daktilitas dinding geser. Hal tersebut harus diperhatikan karena dalam suatu kerangka bangunan yang mempunyai fungsi sebagai bangunan tahan gempa, dinding geser mempunyai posisi yang penting.

2.1.2. Jenis Dinding Geser

Dinding geser yang dapat mendukung sebagian besar dari beban gravitasi disebut bearing walls. Jika beban gravitasi berasal dari frame beton disebut juga frame walls. Untuk dinding geser yang diletakkan pada wilayah pusat gedung dinamakan core walls.

2.1.3. Parameter

Kekuatan-deformasi dinding geser dapat dipengaruhi oleh parameter sebagai berikut:

1. Rasio beban aksial
Perbandingan antara beban aksial terhadap kapasitas beban aksial:

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

Keterangan:

P = Beban aksial

A_g = Luas bruto penampang

f'_c = kuat tekan beton

2. Aspek Ratio
Tinggi penampang dinding geser dibandingkan dengan panjang dinding geser

$$a = \frac{L}{D}$$

Keterangan :

D = tinggi dari dinding geser

L = panjang dari dinding geser

3. Rasio Tulangan Horizontal
Rasio antara luas dari penampang beton yang tidak lurus dengan arah beban lateral dengan luas tulangan horizontal

$$A_{v.min} = \frac{0.35 b_v s}{f_{sy}}$$

Keterangan:

b_v = lebar efektif pada web untuk geser ($b_w - \sum d_d$)

$\sum d_d$ = jumlah dari diameter saluran grouting, jika ada, sepanjang bidang horizontal web

4. Rasio Tulangan Vertikal
Luas efektif yang dimiliki beton dibandingkan dengan total luasan dari tulangan vertikal.

$$\rho_v = \frac{A_s}{b D}$$

Keterangan:

A_s = luas total tulangan vertikal

b = lebar dinding geser

D = tinggi penampang dinding geser

2.2 Beban Siklik

Beban berulang yang diterima oleh suatu struktur disebut beban siklik. Beban aksial yang terjadi merupakan representatif dari berat sendiri struktur dan beban luar yang dialami secara berulang oleh struktur merupakan beban siklik, seperti beban gempa. Beban siklik dan aksial ini akan

dialami secara serentak pada suatu struktur.

2.3 Retak

Penurunan yang terjadi secara tidak seragam, bertukar arahnya beban, susut, adanya perbedaan pada unsur kimia, dan bedanya suhu dapat mengakibatkan retak. Mulainya retak yaitu dari retak pada permukaan yang secara kasat mata tidak dapat dilihat.

Tegangan lentur, tarik dan geser diakibatkan dari retak struktural yang disebabkan oleh pembebanan. Retak struktural terdiri dari retak geser terjadinya pola diagonal retak yang membentuk sudut 45 derajat, retak lentur munculnya garis lurus searah gaya yang dibebankan.

2.4 Keruntuhan Struktur Beton Bertulang

Pemberian beban secara bertahap pada sebuah elemen struktur dapat mencapai keruntuhan, tahapan sebelum elemen itu mengalami keruntuhan ada tiga: tanpa retak apabila modulus keruntuhan masih lebih tinggi daripada tegangan tarik yang dialami, beton mulai retak apabila modulus keruntuhan sama dengan tegangan tarik yang dialami pada bagian dasar beton, beton runtuh apabila pemberian beban semakin besar hingga tegangan tekan dari beton lebih besar dari setengah f'_c .

Beberapa tipe keruntuhan yang terjadi pada struktur ada dua tipe: keruntuhan lentur tergantung pada kondisi yang berbeda yaitu tarik, tekan dan balanced, kemudian keruntuhan geser terjadi karena terlampuinya mekanisme momen lentur dan gaya geser akibat transfer beban secara bersamaan.

2.4.1. Momen Kapasitas

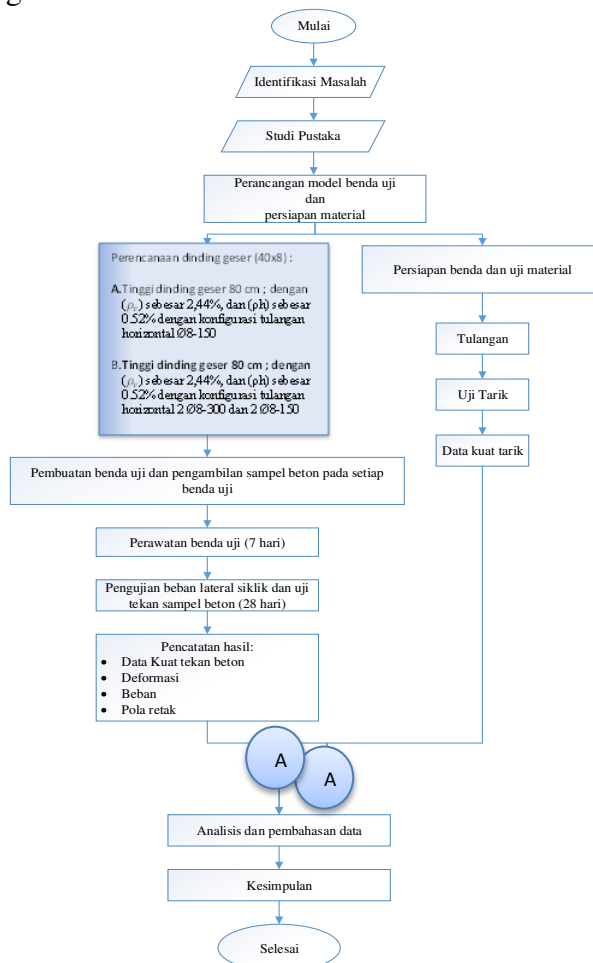
Pembebanan dengan mengkombinasikan tekan, lateral dan momen secara teorinya dapat memberikan momen kapasitas pada dinding geser yaitu: momen retak besarnya dapat dihitung dengan membandingkan kuat retak dikalikan dengan inersia bruto dinding geser dengan serat bawah dinding geser,

momen ultimate adalah baras runtuhnya suatu struktur dan dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$Mu = 0,85 \cdot f'c \cdot ab \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \cdot f's(d - d')$$

3. METODOLOGI

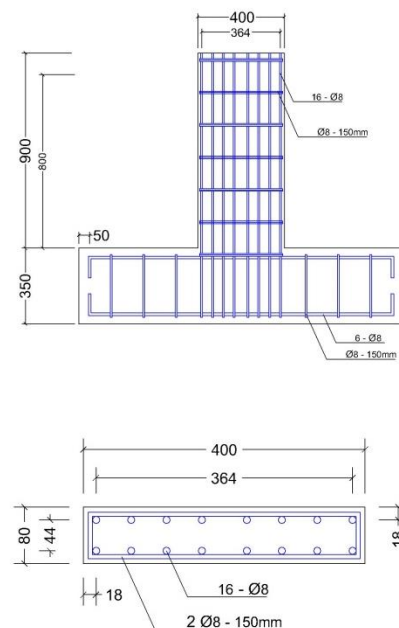
Metode yang dipakai dalam penelitian skripsi ini merupakan metode eksperimental, yaitu dengan melakukan percobaan pada suatu objek untuk didaparkannya data yang akan digabungkan untuk menyelidiki suatu variabel. Pada penelitian ini menggunakan objek yang berupa dinding geser tanpa variasi konfigurasi tulangan horizontal dibandingkan dengan dinding geser dengan variasi konfigurasi tulangan horizontal ganda. Penelitian ini memiliki diagram alir seperti berikut dijelaskan dengan **Gambar 1**.



Variabel yang diteliti pada penelitian ini adalah:

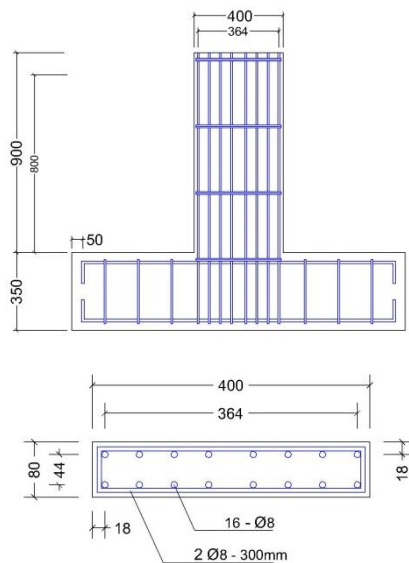
- Variabel Bebas
 - 3 jenis dari benda uji, dinding geser tanpa variasi dengan tulangan horizontal diameter 8 mm jarak 150 mm, dinding geser dengan variasi tulangan horizontal ganda berdiameter masing-masing 8 mm dengan jarak 300 mm, dan dinding geser dengan variasi tulangan horizontal ganda berdiameter masing-masing 8 mm dengan jarak 150 mm.
- Variabel terikat
 - Besar beban lateral
 - Drift
 - Pola Retak

Benda uji berupa dinding geser berdimensi 400×800×80 mm. Diameter tulangan 8 mm. Tulangan vertikal yang digunakan sebanyak 16 buah dengan diameter 8 mm. Untuk masing masing variasi tersedia 1 benda uji untuk diteliti. Total dari benda uji berjumlah 3 buah.



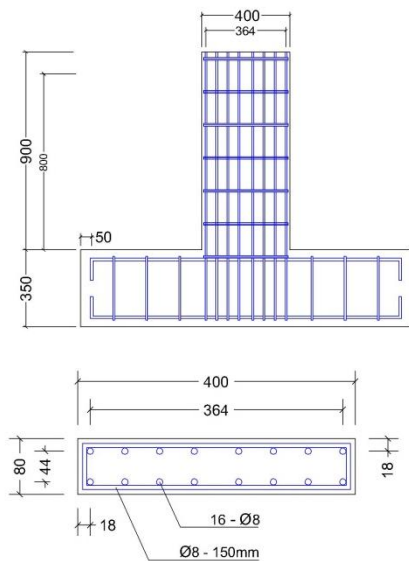
Dinding Geser SD-150

Gambar 2 Detail dinding geser tanpa variasi



Dinding Geser SD-300

Gambar 3 Detail dinding geser dengan variasi tulangan horional ganda jarak 300 mm



Dinding Geser SW-50

Gambar 4 Detail dinding geser dengan variasi tulangan horional ganda jarak 150 mm

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Beton Segar

Untuk penelitian ini menggunakan beton yang direncanakan memiliki kuat tekan 20 Mpa pada hari ke 28. Dari perencanaan menghasilkan perbandingan aktual semen : air : agregat halus : agregat kasar sebesar 1: 0,6 : 2,13 : 2,60.

Pengecoran untuk sebuah benda uji memerlukan tiga kali pembuatan beton dengan moleh. Untuk setiap pembuatan dilakukan uji slump. Bertujuan untuk mengetahui work ability dan kekentalan pada beton setiap molennya. Beton dimasukkan ke dalam cetakan kerucut besi setiap sepertiga bagian kemudian menusuknya sebanyak 25 kali. Dibawah ini adalah hasil pengujian slump:

Tabel 1 Hasil Uji Slump

BENDA UJI	Slump (cm)
SW50	9,5
	19
	17
SD-300	12
	14,5
	11
SD-150	15
	17
	18

Berdasarkan PBI 1971 hasil slump tersebut tidak memenuhi syarat untuk struktur dinding geser.

4.2 Pengujian Tarik Tulangan Baja

Pengujian tarik dilakukan pada tulangan yang dipakai untuk memperkuat dinding geser. Tulangan berdiameter 8 mm diambil 3 sampel dari tulangan yang berbeda. Setiap sampel digunakan sepanjang 20 cm.



Gambar 5 Uji Tarik Baja Tulangan

Dari pengujian yang telah dilakukan kuat tarik baja yang didapat rata-rata untuk ketiga sampel adalah sebesar 378,86 MPa.

4.3 Kapasitas Dinding Geser

Untuk mengetahui nilai beban lateral maksimum yang dapat ditahan dinding geser dilakukan perhitungan secara teoritis. Perhitungan juga dilakukan untuk mengetahui nilai dari momen nominal yang terjadi dengan beban sebesar 3000 kg. Untuk dinding geser tanpa variasi dapat menahan beban lateral hingga 5439 kg, untuk dinding geser dengan variasi tulangan horizontal ganda berjarak 300 mm dapat menahan beban lateral hingga 5930 kg, dan untuk dinding geser dengan variasi tulangan horizontal ganda berjarak 150 mm dapat menahan beban lateral hingga 5937 kg.

4.4 Hasil Pengujian Semi Siklik

Pengujian semi siklik dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik dengan dua beban lateral dan satu beban aksial. Dinding geser yang berukuran 400×80×800 mm yang kemudian diletakkan di atas frame kemudian dibebani secara berulang setiap *drift* yang ingin dicapai. Kemudian beban dicatat setiap *drift* telah tercapai beban lateral yang terjadi dan ditandai pola retak yang terjadi pada dinding geser.

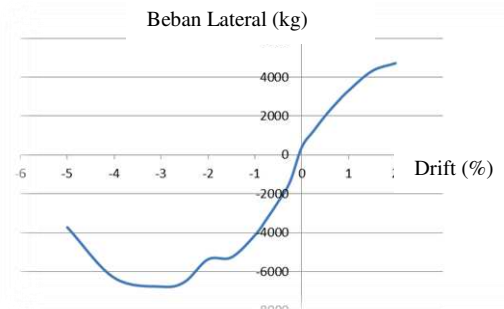
4.4.1. Benda Uji SW-50

Benda uji tanpa variasi dengan tulangan horizontal berdiameter 8 mm dengan jara 150 mm. Memiliki momen retak sebesar 2000 kg.m. untuk beban lateral maksimum yang dapat dipikul oleh dinding geser ini adalah sebesar 6780 kg sehingga memiliki momen ultimit yang sebesar 5424 kg.m.

Tahapan retak yang terjadi pada dinding geser ini pertama kali terjadi pada *drift* 0,5% dengan beban yang dipikul dinding geser sebesar 2200 kg. Pola retak yang pertama kali muncul pada dinding geser ini adalah retak lentur. Kemudian semakin besar pembebanan yang terjadi semakin banyak retak lentur yang muncul. Pada *drift* 1% retak geser mulai muncul pada dinding geser. Kemudian pada

sambungan antara dinding geser dan pondasi juga mulai terdapat gap. Pada akhir pengujian terdapat retak karena kompresi hanya dari salah satu sisi dinding geser.

Berikut envelope *P-Drift* Spesimen SW-50 :



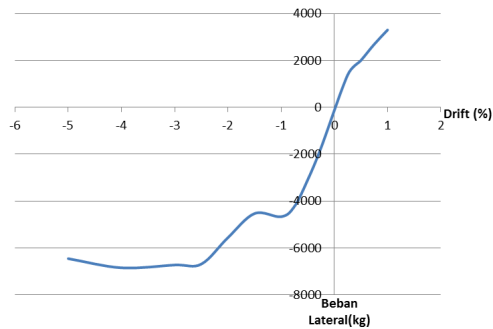
Gambar 6 Envelope *P-Drift* Spesimen SW-50

4.4.2. Benda Uji SD-300

Benda uji dengan tulangan horizontal ganda berdiameter 8 mm dengan jarak 300 mm. Memiliki momen retak sebesar 1104 kg.m. untuk beban lateral maksimum yang dapat dipikul oleh dinding geser ini adalah sebesar 6501 kg sehingga memiliki momen ultimit yang sebesar 5424 kg.m.

Tahapan retak yang terjadi pada dinding geser ini pertama kali terjadi pada *drift* 0,5% dengan beban yang dipikul dinding geser sebesar 1380 kg. Pola retak yang pertama kali muncul pada dinding geser ini adalah retak lentur. Kemudian semakin besar pembebanan yang terjadi semakin banyak retak lentur yang muncul. Pada *drift* 2% retak geser mulai muncul pada dinding geser. Kemudian pada sambungan antara dinding geser dan pondasi juga mulai terdapat gap. Pada akhir pengujian terdapat retak karena kompresi hanya dari salah satu sisi dinding geser.

Berikut envelope *P-Drift* Spesimen SD-300 :



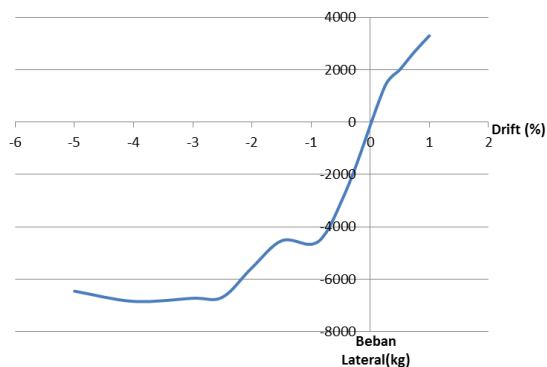
Gambar 7 Envelope P-Drift Spesimen SD-300

4.4.3. Benda Uji SD-150

Benda uji dengan tulangan horizontal ganda berdiameter 8 mm dengan jarak 150 mm. Memiliki momen retak sebesar 2000 kg.m. untuk beban lateral maksimum yang dapat dipikul oleh dinding geser ini adalah sebesar 7080 kg sehingga memiliki momen ultimit yang sebesar 5664 kg.m.

Tahapan retak yang terjadi pada dinding geser ini pertama kali terjadi pada drift 0,75% dengan beban yang dipikul dinding geser sebesar 2500 kg. Pola retak yang pertama kali muncul pada dinding geser ini adalah retak lentur. Kemudian semakin besar pembebanan yang terjadi semakin banyak retak lentur yang muncul. Pada drift 1% retak geser mulai muncul pada dinding geser. Kemudian pada sambungan antara dinding geser dan pondasi juga mulai terdapat gap. Pada akhir pengujian terdapat retak karena kompresi hanya dari salah satu sisi dinding geser.

Berikut envelope P-Drift Spesimen SD-150 :

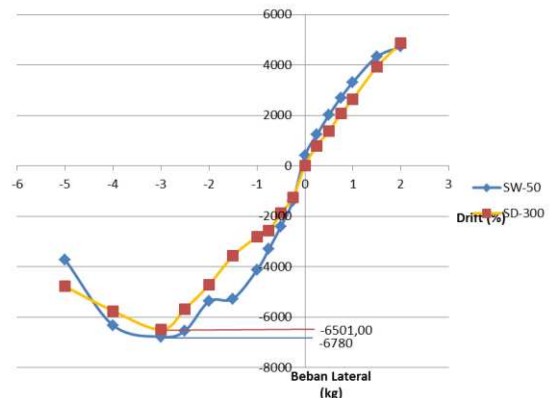


Gambar 8 Envelope P-Drift Spesimen SD-150

4.5 Pembahasan Perbandingan antar Benda Uji

4.5.1. Benda Uji SW-50 dengan SD-300

Pada benda uji SW-50 beban lateral yang dapat dipikul adalah 6780 kg sedangkan SD-300 hanya dapat menahan 6501 kg. Momen ultimit yang dimiliki kedua benda uji juga berbeda SW-50 5424 kg.m sedangkan SD-300 hanya 5200 kg.m.

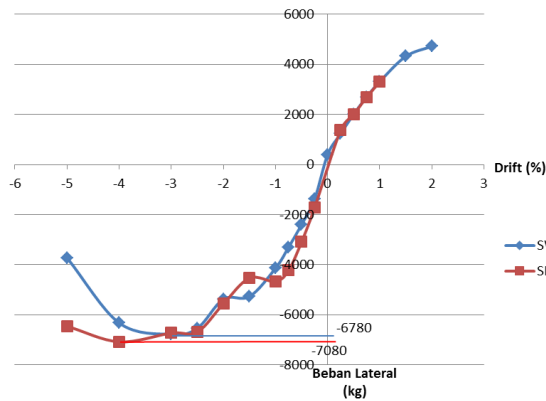


Gambar 9 Envelope P- Drift Spesimen SW-50 dan SD-300

Untuk pola retak pertama yang terjadi antara kedua benda uji sama yaitu pada drift 0,5%. Pada benda uji SW-50 retak terjadi pada daerah grid ke-3 dan ke-10, retak geser SW-50 terfokus pada bagian bawah dinding geser sampai grid ke-6, sedangkan SD-300 pola retak menyebar pada grid ke-3, ke-5, ke-7, ke-10, ke-12 dan ke-16. Pola retak yang terjadi sama yaitu diawali dengan retak lentur kemudian mulai muncul retak geser pada perpanjangan retak lentur.

4.5.2. Benda Uji SW-50 dengan SD-150

Pada benda uji SW-50 beban lateral yang dapat dipikul adalah 6780 kg sedangkan SD-150 dapat menahan lebih besar yaitu 7080 kg. Momen ultimit yang dimiliki kedua benda uji juga berbeda SW-50 5424 kg.m sedangkan SD-150 5664 kg.m.



Gambar 10 Envelope P- Drift Spesimen SW-50 dan SD-150

Untuk pola retak pertama yang terjadi pada SW-50 yaitu pada drift 0,5%, sedangkan SD-150 pada drift 0,75%. Pada benda uji SW-50 retak terjadi pada daerah grid ke-3 dan ke-10, retak geser SW-50 terfokus pada bagian bawah dinding geser sampai grid ke-6, sedangkan SD-150 pola retak menyebar pada grid ke-2, ke-4 dan kemudian retak terjadi pada bagian bawah dinding hingga ketinggian kurang lebih 40 cm. Pola retak yang terjadi sama yaitu diawali dengan retak lentur kemudian mulai muncul retak geser pada perpanjangan retak lentur.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Momen retak yang terjadi pada SD-150 pada saat pengujian adalah sebesar 2000 kg.m pada saat dibebani dari sisi kiri dan 2662,4 kg.m pada saat dibebani dari sisi kanan. Dan beban lateral maksimum yang dapat ditahan oleh SD-150 sebesar 7080 kg. Pada benda uji SD-300 momen retak yang terjadi pada saat pengujian sebesar 1104 kg.m pada saat dibebani dari sisi kiri dan 1836,8 kg.m pada saat dibebani dari sisi kanan. Beban lateral maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji SD-300 pada saat pengujian sebesar 6501 kg. Dan untuk benda uji SW-50 momen retak yang terjadi adalah sebesar 2000 kg.m pada saat dibebani dari sisi kiri dinding dan 1760

kg.m pada saat dibebani dari sisi kanan dinding. Untuk beban lateral maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji SW-50 adalah sebesar 6780 kg. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa benda uji SD-150 memiliki momen retak yang lebih besar dari pada SW-50 dan SD-300. Namun untuk SD-300 tidak lebih besar dari pada SW-50. Dengan rasio tulangan vertikal dan horizontal yang sama dengan variasi pemasangan tulangan horizontal didobel ternyata tidak memberikan kekuatan yang lebih besar dari konfigurasi tulangan normal yang tersebar merata. Momen ultimate yang mampu ditahan oleh SD-150 adalah sebesar 5664 kg.m. Untuk benda uji SD-300 momen ultimate yang dicapai adalah 5200,8 kg.m. Dan untuk benda uji SW-50 momen ultimate yang dicapai oleh benda uji adalah sebesar 5424 kg.m. Dari hasil momen ultimate yang dicapai pada saat pengujian dapat disimpulkan bahwa momen ultimate yang terjadi pada setiap benda uji adalah berbeda. Namun perbedaan yang terjadi tidak terlalu jauh. Perbedaan momen ultimate yang terjadi di bawah kisaran 223,2 kg.m sampai 463,2 kg.m.

2. Pola retak yang terjadi pada ketiga benda uji tidak berbeda yaitu dimulai dengan retak lentur kemudian terjadi retak geser dan pada akhir pengujian terjadi retak kompresi.

5.1 Saran

Dalam penelitian ini peneliti menyadari masih banyak kekurangan. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai harapan pada saat *mix design* lebih baik *didesign* lebih besar daripada ekspektasi.
2. Pada saat proses pencampuran semen, air, pasir, dan kerikil agar diperhatikan

dengan baik sehingga hasil yang didapatkan dapat sesuai dengan harapan.

3. Ukuran pondasi dari benda uji sebaiknya diperkecil agar berat dari benda uji sendiri tidak terlalu berlebihan.
4. Dalam mendesign benda uji diharap mengukur terlebih dahulu frame yang akan digunakan untuk meletakkan benda uji agar dapat diuji dengan tepat.
5. Perhatikan kekakuan *frame* agar pada saat pembebanan tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan atau terganggu.
6. Pastikan peralatan yang ada di laboratorium dalam keadaan baik sebelum digunakan

6. DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002. Jakarta.
- Dini, Restian. 2008. *Analisis Pengaruh Dimensi Balok dan Kolom Portal Terhadap Lebar Retak Pada Bangunan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- FEMA-273. 1997. *NEHRP Guideline for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington DC : Federal Emergency Management Agency.
- Fernandes, Dede. 2012. *Pola Retak dan Lebar Retak balok dalam Kondisi Gempa Akibat Pengaruh dari Variasi Prosentase Luas Tulangan Tekan Terhadap Tulangan Tarik Pada Tumpuan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Nawy, Edward. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT Refika Aditama.
- Paulay dan Priestley. 1994. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: Wiley Interscience
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Buildings* (Ph.D). Victoria : Swinburne University of Technology.
- Wibowo, A., Wilson, J., Lam, N., & Gad, E. (2013). *Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes*. *Magazine Of Concrete Research*, 65(13), 809-828. <http://dx.doi.org/10.1680/mac.13.00021>
- Wibowo, A., Wilson, J., Lam, N., Gad, E., Lu, Y., & Henry, R. (2014). Discussion: *Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes*. *Magazine Of Concrete Research*, 66(20), 1073-1074. <http://dx.doi.org/10.1680/mac.14.00049>
- Wilson, J., Wibowo, A., Lam, N., & Gad, E. (2015). *Drift Behavior of Lightly Reinforced Concrete Columns and Structural Walls for Seismic Design Applications*. *Australian Journal of Structural Engineering*, 16(1). <http://dx.doi.org/10.7158/s14-002.2015.16.1>