

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

Jogi Silalahi<sup>1</sup>, Ari Wibowo<sup>2</sup>, Lilya Susanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa / Program Sarjana / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Dosen / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur  
Korespondensi : [jogiecivil@gmail.com](mailto:jogiecivil@gmail.com)

Dinding geser adalah dinding yang dirancang untuk menahan gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Sehingga diperlukan suatu perencanaan yang baik agar bangunan tinggi dapat menahan gaya-gaya lateral yang disebabkan oleh angin dan gempa. Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding geser sebagai penahan gaya geser yang besar akibat gempa yaitu bahwa dinding geser tidak boleh runtuh akibat gaya geser. Dengan adanya variasi jarak sengkang dapat juga memberikan dampak pada penulangan yang efisien dengan syarat harus tercapai kekuatan rencana pada dinding geser. Di mana diharapkan dinding geser memiliki nilai momen kapasitas yang kuat untuk menahan gaya gempa yang terjadi dengan adanya pengaruh tulangan horizontal dan kekangan. Tinjauan ini ditujukan terhadap biaya struktur. Penelitian ini melakukan percobaan terhadap pembebanan siklik pada dinding geser. Di mana mutu beton sebesar 20 Mpa. Jumlah benda uji untuk penelitian ini sebanyak tiga dengan menggunakan tulangan baja polos Ø8 mm. Adapun perbedaan dari ketiga benda uji tersebut berada pada variasi jarak tulangan horizontal dan kekangan. Ketiga dinding geser tersebut adalah SW-50, DGK-75 dan DGK-150. Dinding geser SW-50 memiliki jarak antar tulangan longitudinal sebesar 50 mm dan jarak antara sengkang sebesar 150 mm tanpa adanya kekangan. Dinding geser DGK-75 memiliki jarak antar tulangan horizontal sebesar 75 mm dengan kekangan di sisi dinding. Dinding geser DGK-150 memiliki jarak antar tulangan horizontal sebesar 150 mm dengan kekangan di sisi dinding. Benda uji tersebut dilakukan pembebanan siklik sampai rasio drift sebesar 5%. Beban aksial dilakukan konstan sebesar 3 ton. Kontrol perpindahan dilakukan dengan rasio drift untuk mendapat beban lateral yang diterima dinding geser. Dari hasil penelitian ini, dapat menunjukkan bahwa dinding geser yang memiliki jarak tulangan horizontal yang lebih rapat memberikan peningkatan kekuatan terhadap momen kapasitas dinding geser. Di mana DGK-75 memiliki nilai  $M_u = 5222.4$  kgm dan  $M_{cr} = 1753$  kgm berbeda dengan DGK-150 yang memiliki nilai  $M_u = 5028.8$  kgm dan  $M_{cr} = 1536$  kgm dengan adanya kekangan pada sisi dinding. Untuk dinding SW-50 memiliki nilai  $M_u = 5424$  kgm dan nilai  $M_{cr} = 1760$  kgm. Jika ditinjau dinding geser yang memiliki jarak tulangan horizontal yang sama tanpa kekangan hanya memiliki sedikit perbedaan yang tidak signifikan. Selisih persentase nilai  $M_u$  antara SW-50 dan DGK-150 adalah 6-10% dan nilai  $M_{cr}$  memiliki selisih sebesar 3-8%. Jarak antar retak benda uji yang kekangan rapat terlihat saling berdekatan. Daerah retak benda uji yang tanpa kekangan lebih terlihat jelas pada sambungan pondasi dengan dinding di mana adanya retak kompresi dan spalling. Juga panjang retak maksimum terjadi pada benda uji yang jarak sengkang dengan kekangan-nya rapat.

**Kata kunci** : dinding geser, horizontal , % drift, pola retak, momen kapasitas, beban siklik, kekangan, momen retak( $M_{cr}$ ), momen ultimit ( $M_u$ )

## ***ABSTRACT***

The shear wall are walls that are designed to withstand lateral sliding style, style due to the earthquake. So it takes a good planning so that tall buildings can withstand the lateral forces induced by wind and earthquake. Things to consider in planning the shear wall as retaining large shear style due to the earthquake which is that shear wall should not be collapsed due to shear style. With a variation of distance the stirrup reinforcement can also give impact on the efficient manufacture of reinforcement with the terms should be achieved the power plan on the wall slide. Where shear wall value expected moment capacity is strong to withstand earthquake style that goes with the presence of the influence of horizontal reinforcement and confinement. This review is aimed towards the cost of the structure. This research experiment against imposition of shear walls on the cyclic. Where the test object the planning quality of concrete of 20 Mpa. The number of test objects for this research as many as three objects test by using plain steel reinforcement Ø8 mm for walls and the foundation. As for the difference of the three objects of the test on a variation of the distance of horizontal reinforcement and confinement. But for the reinforcement longitudinalnya have the same distance between the three test objects. The ratio of the longitudinal reinforcement value (pv) of 2.44%. The third of shear wall is SW-50, DGK-DGK-75 and 150. Shear wall-50 (SW-50) has the distance between the longitudinal reinforcement of 50 mm and the distance between stirrup reinforcement amounting to 150 mm without any confinement. Shear wall combination-75 (DGK-75) has the distance between the horizontal reinforcement of 75 mm with the confinement on the side wall. Shear wall combination-150 (DGK-150) has a horizontal reinforcement spacing of 150 mm with the confinement on the side wall. The test object do the cyclic loading to drift ratio of 5%. The axial load is done at a constant of 3 tons. Control transfer is done with a ratio of drift to get a load of the lateral shear wall received. From the results of this experiment, it can be shown that the shear wall which have a distance of horizontal reinforcement more closer provides increased strength against the moment capacity of the shear wall. Where DGK-75 has a value of  $M_u = 5222.4$  kgm kgm  $M_{cr} = 1753$  and different with DGK-150 that has a value of  $M_u = 5028.8$  kgm kgm and  $M_{cr} = 1536$  with the confinement on the side wall. SW-50 has a value of  $M_u = 5424$  28.2 and  $M_{cr} = 1760$  kgm. If the shear wall that have reviewed the distance the same horizontal reinforcement without the confinement had few differences are not significant. The difference in percentage of the value of  $M_u$  between SW-50 and DGK-150 are 6-10% and the value of the  $M_{cr}$  has a difference of 3-8%. The distance between the cracks of objects test confinement more closer looks to each other. The area of the crack test unfettered objects more clearly visible on the connection with the foundation wall where the presence of cracks and spalling compression. The maximum crack length also occur at the test object of distance between the horizontal reinforcement with confinement more closer.

Keywords : shear wall, horizontal reinforcement, % drift, crack pattern, moment capacity, cyclic load, confinement, crack moment ( $M_{cr}$ ), ultimate moment ( $M_u$ )

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dari waktu ke waktu semakin menunjukkan peningkatan di daerah perkotaan. Hal ini memberikan dampak terhadap perlunya bangunan bertingkat yang akan digunakan sebagai solusi permasalahan dari minimnya area untuk bangunan dan mahalnya tanah di perkotaan. Juga perlunya modernisasi kota yang lebih tertata dan terorganisir dalam perubahan wajah dari bangunan konstruksi di daerah perkotaan.

Berdasarkan dasar permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu perencanaan yang baik agar bangunan tinggi dapat menahan gaya-gaya lateral yang disebabkan oleh angin dan gempa. Jika bangunan tinggi tersebut tidak didesain secara benar terhadap gaya-gaya ini, dapat timbul tegangan yang sangat tinggi, serta getaran dan goyangan ke samping ketika gaya-gaya tersebut terjadi. Akibatnya, tidak hanya menimbulkan kerusakan parah pada bangunan tersebut tetapi juga mengakibatkan ketidaknyamanan pada penghuni.

Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding geser sebagai penahan gaya geser yang besar akibat gempa yaitu bahwa dinding geser tidak boleh runtuh akibat gaya geser. Apabila dinding geser runtuh akibat gaya geser itu sendiri maka otomatis keseluruhan struktur akan runtuh karena sudah tidak ada lagi yang menahan gaya geser tersebut.

Semakin kaku suatu struktur maka semakin besar juga diameter dan jumlah penulangan pada struktur tersebut yang berarti semakin mahalnya struktur tersebut. Pengaruh variasi jarak sengkang dapat juga memberikan dampak pada penulangan yang efisien dengan syarat harus tercapai kekuatan rencana pada dinding geser tersebut.

Sehingga sengkang (stirrup) sangat berperan penting dalam menahan posisi

tulangan vertikal sehingga tidak akan terjadi kegagalan dalam perencanaan dinding geser.

Dilihat dari ukuran tulangan sengkang, jarak sengkang, dan letak tulangan sengkang sangat mempengaruhi di dalam mendapatkan kekuatan rencana. Karena manfaat yang diberikan dinding geser, maka dinding geser dirancang kaku yang kemudian tidak terlepas dari penulangan pada beton.

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- (1) Mengetahui pola retak pada dinding geser akibat beban lateral siklik dengan variasi jarak sengkang dan kekangan
- (2) Untuk mengetahui momen kapasitas pada dinding geser akibat beban lateral siklik dengan variasi jarak sengkang dan kekangan

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dinding Geser

Dinding geser merupakan suatu rancangan yang bertujuan untuk menahan gaya-gaya lateral dan geser yang terjadi akibat gempa bumi. Juga merupakan elemen-elemen vertikal yang berfungsi sebagai system penahan gaya horizontal

Apabila beban-beban horizontal yang bekerja merupakan beban yang berat seperti misalnya beban-beban yang dihasilkan oleh suatu gempa bumi, maka perlu dipakai dinding-dinding geser yang terbuat dari beton bertulang. Dinding ini dibuat semata-mata untuk memikul gaya-gaya horizontal atau dinding-dinding beton yang dibuat mengelilingi sebuah struktur dapat berfungsi sebagai dinding geser.

Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. Dinding ini menggunakan tulangan baja seperti penulangan plat ataupun kolom.

## 2.2 Beton

Pada umumnya, beton disusun dari beberapa macam campuran yang mengalami pengerasan antara lain seperti semen, agregat kasar (batu pecah ataupun kerikil), agregat halus (pasir), dan air. Untuk setiap komposisi memiliki syarat tertentu untuk memperoleh mutu beton yang baik antara lain ukuran, jenis, kadar air, dan jenis kandungan yang terdapat pada bahan penyusun tersebut. Sebab, kualitas beton sangat ditentukan oleh kualitas bahan penyusunnya. Setelah dilakukan proses pencampuran bahan tersebut (dicor), harus dilakukan perawatan (*curing*) agar dapat mempercepat proses hidrasi bahan penyusun yang membuat terjadi pengerasan beton.

## 2.3 Sengkang

Suatu struktur bangunan dikategorikan daktil apabila dilakukan proses pendetailan pengekanan yang baik dan terencana. Sengkang merupakan tulangan horizontal yang berfungsi sebagai pengekang tulangan vertikal. Sengkang juga berfungsi untuk meminimalisir terjadinya pecah beton (*splitting*) di mana dapat mempengaruhi dari daktilitas penampang beton bertulang. Hal ini memberikan penampang dapat memberikan kemampuan dalam menahan gaya aksial ataupun geser yang terjadi. Semakin pendek jarak sengkang pada suatu penampang maka semakin besar kekuatan pada penampang tersebut.

## 2.4 Beban Siklik

Beban siklik adalah suatu beban yang diterima oleh suatu struktur secara bolak-balik dan berulang. Suatu struktur dapat mengalami kegagalan apabila adanya pembebanan dilakukan secara berulang sampai melebihi kapasitas kekuatannya seperti kejadian gempa bumi. Kegagalan *fatigue* ini merupakan fenomena di mana beton pecah ketika mengalami beban berulang. Beban aksial dan siklik ini akan bekerja secara bersamaan pada struktur kolom ataupun dinding geser vertikal.

## 2.5 Momen Retak ( $M_{cr}$ )

Pada saat mengalami retak, momen kapasitas retak dapat dianalisis dari momen retak penampang benda uji tersebut. Ketika tegangan tarik pada bagian bawah beton sama dengan modulus keruntuhan, terbentuklah momen retak ( $M_{cr}$ ). Besarnya momen retak dihitung dengan persamaan berikut :

$$M_{retak} = \frac{f_r \cdot I_g}{Y_b} \quad (2.1)$$

$$f_r = 0,75 \sqrt{f_c'} \quad (2.2)$$

$$I_b = \frac{1}{12} b h^3 \quad (2.3)$$

$$Q_{max} = \frac{M_{retak}}{l_n} \quad (2.4)$$

Di mana :

$f_r$  = Modulus keruntuhan (MPa)

$f_c'$  = kuat tekan beton (MPa)

$I_b$  = Momen Inersia ( $\text{cm}^4$ )

$I_g$  = Momen Inersia gross ( $\text{cm}^4$ )

$Y_b$  = jarak ke titik berat penampang

## 2.6 Momen Ultimate ( $M_u$ )

Momen Ultimita merupakan momen batas keruntuhan dari elemen struktur.

$$M_u = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s' \cdot s (d - d') \quad (2.5)$$

Di mana  $f_c'$  = kuat tekan beton (MPa)

$c$  = letak garis netral (cm)

$a$  = tinggi tekan beton (cm)

$d'$  = selimut beton (cm)

$A_s'$  = luas tulangan tarik ( $\text{cm}^2$ )

## 2.7 Retak

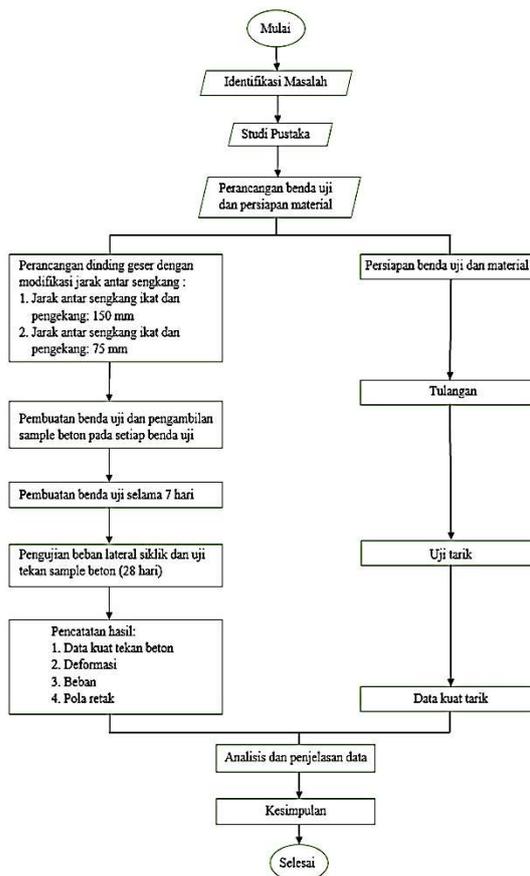
Retak terjadi saat sebuah penampang diberikan suatu beban secara bertahap sampai melebihi modulus keruntuhan beton penampang tersebut. Besar beban aksial dan lateral sangat mempengaruhi arah perambatan retak dan saat terjadinya retak. Retak pada struktur dinding terbagi dua yakni retak lentur dan retak geser.

### 3 METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Gambaran Umum

Penelitian yang dilakukan pada skripsi ini adalah metode eksperimental. Proses pembuatan dan pengujian dilakukan di dalam ruang lingkup laboratorium. Objek penelitian adalah dinding geser dengan variasi jarak tulangan horizontal dan kekangan dibandingkan dengan dinding geser tanpa variasi jarak tulangan horizontal dan kekangan.

Benda uji berupa dinding geser tinggi ( $H_w$ ) 800 mm, tinggi *bottom* 350 mm, tinggi *top* 100 mm, lebar dinding geser ( $L_w$ ) 400 mm, tebal dinding geser ( $t_w$ ) 80 mm dengan rasio badan ( $a$ ) sebesar 2, rasio pembebanan ( $n$ ) sebesar 0.05 serta rasio tulangan vertical ( $\rho_v$ ) sebesar 2.44 %. Benda uji diasumsikan terjepit penuh pada bagian bawah antara sambungan dinding dengan pondasi. Adapun kuat tekan beton ( $f'_c$ ) yang direncanakan sebesar 20 MPa.

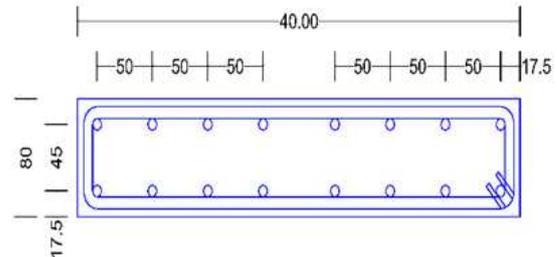


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

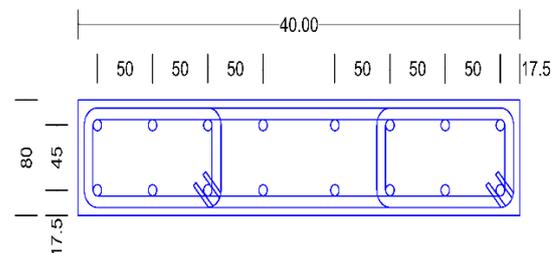
#### 3.2 Rancangan Penelitian

Jumlah benda uji dalam penelitian ini adalah 3 (tiga) buah yang terdiri dari sebagai berikut :

1. Dinding geser dengan dimensi 80 mm x 400 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal sebesar  $\varnothing 8-50$  mm dengan variasi jarak tulangan sengkang seragam tanpa pengekang yakni  $\varnothing 8-150$  mm. (SW-50)
2. Dinding geser dengan dimensi 80 mm x 400 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal sebesar  $\varnothing 8-50$  mm dengan variasi jarak tulangan sengkang dengan pengekang yakni  $\varnothing 8-75$  mm. (DGK-75)
3. Dinding geser dengan dimensi 80 mm x 400 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal sebesar  $\varnothing 8-50$  mm dengan variasi jarak tulangan sengkang dengan pengekang yakni  $\varnothing 8-150$  mm. (DGK-150)



Gambar 3.2. Benda Uji SW - 50 (Tampak Atas)



Gambar 3.3 Benda Uji DGK - 75 & DGK - 150 (Tampak Atas)



Pengujian dinding geser dilakukan setelah benda uji berumur di atas 28 hari. Hal ini terkait dengan kesiapan alat pengujian yang akan digunakan serta kondisi beton. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dinding geser diberi beban kecil untuk mengontrol bahwa *dial gauge* dan *load cell* yang akan digunakan berfungsi seperti yang direncanakan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban aksial sebesar 1%-2% dari beban aksial ultimit yang bernilai tetap selama pengujian dilakukan dan beban lateral yang dikenakan sesuai dengan siklus lateral *drift* tanpa melebihi beban lateral maksimum yang diijinkan, yaitu  $\mu/0,8$ .

Beban aksial yang digunakan adalah 5% dari beban aksial tekan sentris rencana ( $P_n$ ). Namun pada penelitian menggunakan aksial 3000 kg. Sedangkan beban lateral maksimum yang digunakan didapat dari nilai  $\mu/h$ . Rasio drift rencana penelitian sampai mencapai 5%.

Pembacaan beban dan perpindahan dilakukan secara bertahap, mulai pembebanan nol sampai terjadi kegagalan dinding geser dengan asumsi keadaan ultimit dicapai ketika terjadi penurunan beban 20% dari beban lateral maksimum. Kontrol perpindahan dilakukan dengan rasio drift untuk mendapat beban lateral yang diterima dinding geser.

Selama pengujian, seluruh data dicatat dan direkam untuk dilakukan analisa. Termasuk di dalamnya adalah fenomena yang terjadi selama pengujian seperti retak awal, leleh tulangan longitudinal, perpanjangan retak, *spalling*, dan beban untuk setiap perpindahan.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton yang digunakan direncanakan memiliki kekuatan tekan  $f'_c = 20$  Mpa pada hari ke 28. Perencanaan beton dilakukan dengan *mix design* dan

menghasilkan perbandingan aktual semen : air : agregat halus : agregat kasar adalah sebesar 1 : 0,60 : 2,12 : 2,60. Pengecoran satu benda uji dinding geser membutuhkan 3 kali pembuatan dengan molen. Pengujian mutu beton dilakukan dengan menggunakan uji silinder dan *analog hammer test*.

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Kuat Tekan Beton

<i>Dinding Geser</i>	<i>Analog Hammer Test (MPa)</i>	<i>Uji Tekan Silinder (MPa)</i>
SW - 50	29.47	<b>13.35</b>
DGK - 75	23.30	<b>23.30</b>
DGK - 150	21.42	<b>14.35</b>

**Sumber :** Hasil Pengujian dan Perhitungan

Pembacaan *analog hammer test* mengambil nilai tengah di setiap pembacaan. Di mana banyak faktor yang mempengaruhi ketepatan data kuat tekan. Pengaruh sudut pengambilan, jarak antara titik pengambilan, dan kalibrasi alat uji perlu diperhitungkan. Sehingga mutu beton yang digunakan adalah hasil dari pengujian kuat tekan silinder. Mutu beton yang digunakan adalah kondisi aktual pada benda uji setelah 28 hari.

### 4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian tarik baja dilakukan untuk tulangan longitudinal dan tulangan transversal pada dinding geser. Pemeriksaan uji tarik dilakukan untuk mengetahui tegangan leleh ( $f_y$ ) pada setiap tulangan yang digunakan di benda uji dinding geser yang diperoleh dari pembacaan uji tarik.



**Gambar 4.1.** Uji Tarik Tulangan

Pengujian pada tulangan Ø8 dilakukan dengan mengambil tiga *sample* secara acak pada tulangan yang digunakan pada benda uji percobaan. Berikut adalah rekapitulasi hasil uji tarik tulangan pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Uji Tarik Tulangan

No Tulangan	Diameter (mm)	Diameter Aktual (mm2)	A (mm2)	P (N)	fy (Mpa)
1	Ø8	7.88	48.744	16406	336.57
2	Ø8	7.88	48.744	19660	403.33
3	Ø8	7.88	48.744	19335	396.66
<b>Fy</b>					<b>378.86</b>

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

### 4.3 Analisa Kekuatan Dinding Geser Teoritis

Perhitungan kekuatan dinding geser secara teoritis bertujuan untuk mencari nilai beban lateral maksimum ( $P_h$ ) dan momen ultimit ( $M_u$ ) yang terjadi dengan beban aksial sebesar 0.05  $P_u$ . Perhitungan dilakukan untuk rasio tulangan longitudinal ( $\rho_v$ ) 2.44% dengan  $f'_c$  sesuai hasil pembacaan uji kuat tekan silinder masing-masing benda uji pada percobaan. kolom persegi empat bertulangan 2 sisi dengan asumsi tumpuan jepit. Hasil perhitungan dinding geser teoritis ditunjukkan oleh **Tabel 4.3** berikut.

**Tabel 4.3** Kekuatan Dinding Geser Teoritis

Dinding Geser	0.05 Pno (kg)	Mno (kgm)	Pn (kg)	Mn (kgm)	Ph (kg)
SW - 50 DGK - 75	2634.75	4331.61	3000	4350.98	5438.72
DGK - 150	2740.82	4393.50	3000	4412.85	5516.07

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

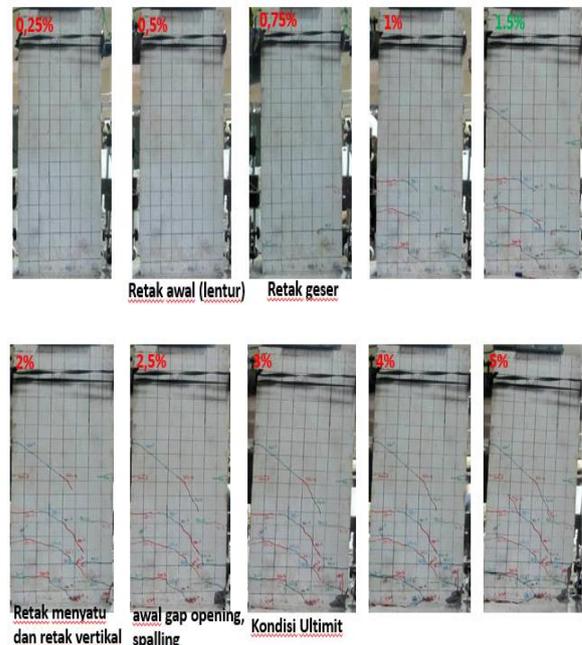
Dari **Tabel 4.3**, terlihat bahwa perbedaan jarak sengkang dan letak sengkang memberikan perbedaan pada nilai momen ultimit ( $M_{no}$ ) dan beban lateral maksimum ( $P_h$ ) untuk ukuran tulangan longitudinal yang sama. Di mana jarak dan letak sengkang semakin rapat ke ujung maka semakin besar nilai momen nominal dan beban lateral. Sedangkan perbedaan rasio tulangan longitudinal dapat mempengaruhi nilai momen nominal ( $M_n$ ) dan beban lateral maksimum ( $P_h$ ).

### 4.4 Pola Retak Dinding Geser

Data yang didapat dari pengujian beban siklik berupa data beban lateral yang terjadi saat nilai displacement total yang telah ditentukan setiap siklusnya tercapai dengan batasan control beban aksial sebesar 0.05 dari beban aksial ultimate perencanaan dinding geser. Di mana juga adanya batasan rasio drift sampai 5%. Adanya pengamatan pola retak terhadap retak lentur dan geser pada saat setelah pengujian.

#### 4.4.1 Visualisasi Pengujian Lateral Siklik

##### 4.4.1.1 Benda Uji DGK - 75

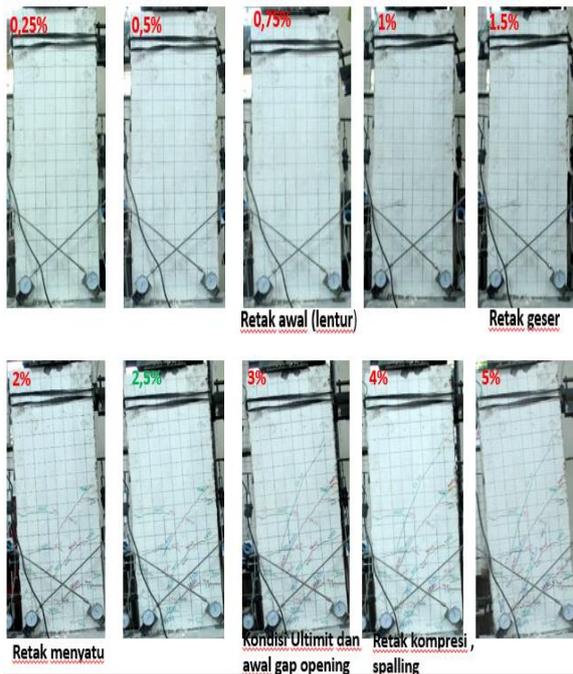


Gambar 4.2 Proses Retak DGK-150

Jarak antar retak yang terjadi pada benda uji ini lebih rapat pengaruh adanya kekangan. Dominan retak geser yang terjadi pada daerah dekat pondasi sampai grid ke-8 dari pondasi dan tidak terlihat retak kompresi dan spalling pada bagian bawah dinding dikarenakan pengaruh kekangan.

Pada dinding geser ini tercapai beban ultimate pada saat pembebanan ke-60 dengan rasio drift sebesar 3% pada sisi pull (-). Pada rasio drift ini dinding mengalami perpindahan sebesar 24 mm dengan beban lateral 6528 kg.

#### 4.4.1.2 Benda Uji DGK – 150



Gambar 4.3 Proses Retak DGK-150

Jarak antar retak yang terjadi pada benda uji ini lebih rapat pengaruh adanya kekangan. Dominan retak geser yang terjadi pada daerah dekat pondasi sampai grid ke-8 dari pondasi dan tidak terlihat retak kompresi dan spalling pada bagian bawah dinding dikarenakan pengaruh kekangan .

Pada dinding geser ini tercapai beban ultimate pada saat pembebanan ke-60 dengan rasio drift sebesar 3% pada sisi pull (-). Pada rasio drift ini dinding mengalami perpindahan sebesar 24 mm dengan beban lateral 6460 kg.

#### 4.4.1.3 Benda Uji SW-50



Gambar 4.4 Proses Retak SW-50

Di mana jarak antar retak yang terjadi lebih renggang menunjukkan retak lentur lebih dominan terjadi. Daerah retak lebih terpusat di daerah dekat pondasi.

Bagian sisi kiri dinding mulai terjadi retak akibat kompresi dengan arah vertikal yang mulai perlahan-lahan terkelupas. Hal ini dikarenakan tidak adanya pengaruh kekangan yang memberikan efek tambahan dalam menahan beban yang terjadi.

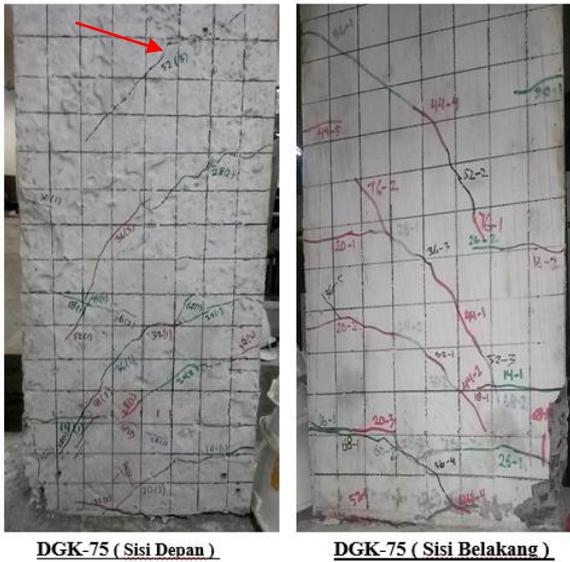
Pada dinding geser ini tercapai beban ultimate pada saat pembebanan ke-60 dengan rasio drift sebesar 3% pada sisi pull (-) dan adanya proses awal *gap opening*. Pada rasio drift ini dinding mengalami perpindahan sebesar 24 mm dengan beban lateral 6780 kg.

#### 4.4.2. Panjang Retak

Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui proses terjadinya retak dalam menentukan perilaku retak yang terjadi pada dinding geser. Saat pengujian berlangsung, dilakukan pengamatan retak pada setiap peningkatan drift terjadi dengan memberikan beban lateral yang berbeda.

Tidak adanya pengukuran langsung terhadap panjang retak saat dilakukan pengujian. Hal ini dikarenakan pola retak masih terjadi sampai terjadi beban lateral ultimate dan batasan peningkatan drift tercapai pada angka 5%. Analisa ini hanya dibatasi pada panjang retak yang memiliki nilai dominan pada setiap siklus drift yg terjadi retak.

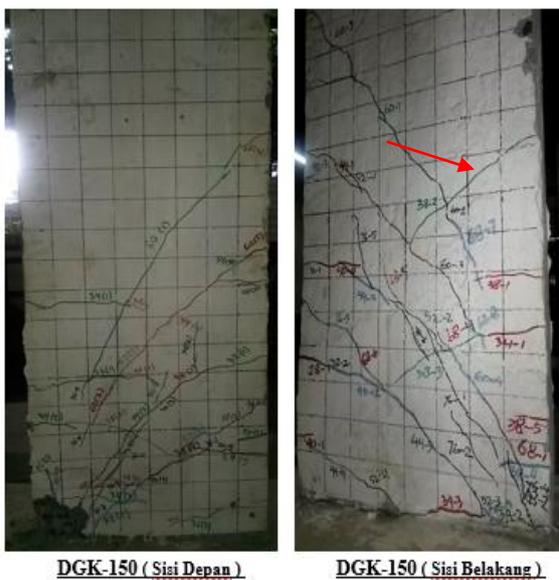
#### 4.4.2.1. Panjang Retak DGK-75



Gambar 4.5 Panjang retak DGK-75

Perpanjangan retak yang terjadi hanya terjadi di daerah dekat sambungan antara dinding dengan pondasi dengan jarak sampai 35 cm dari bawah dinding. Panjang retak maksimum yakni sebesar 37.68 cm terjadi saat drift 2.5% dengan beban 6414 kg. Pola retak yang terjadi pada dinding geser dominan adalah retak lentur diikuti dengan retak geser dan pengamatan hanya satu arah.

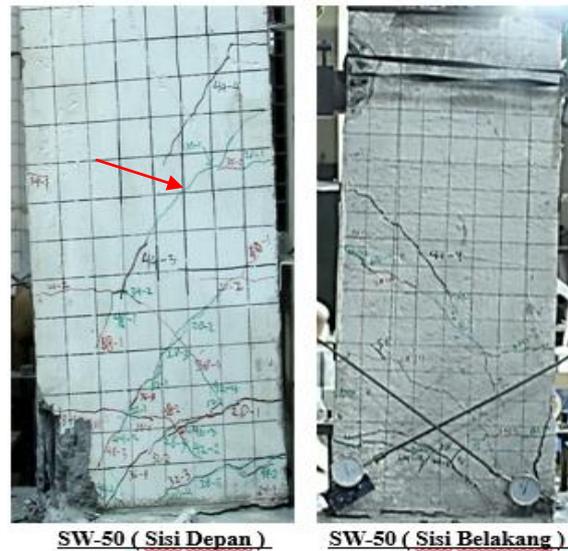
#### 4.4.2.2. Panjang Retak DGK-150



Gambar 4.6 Panjang retak DGK-150

Perpanjangan retak yang terjadi dominan terjadi di daerah dekat sambungan antara dinding dengan pondasi dengan jarak sampai 30 cm dari bawah dinding. Panjang retak maksimum yakni sebesar 31.40 cm terjadi saat drift 2% dengan beban 5320 kg. Pola retak yang terjadi pada dinding geser dominan adalah retak lentur diikuti dengan retak geser dan pengamatan hanya satu arah.

#### 4.4.2.3. Panjang Retak SW-50



Gambar 4.7 Panjang retak DGK-75

Perpanjangan retak yang terjadi dominan terjadi di daerah dekat sambungan antara dinding dengan pondasi dengan jarak sampai 30 cm dari bawah dinding. Panjang retak maksimum yakni sebesar 29.02 cm terjadi saat drift 1.5% dengan beban 5302 kg. Pola retak yang terjadi pada dinding geser dominan adalah retak lentur diikuti dengan retak geser dan pengamatan hanya satu arah.

#### 4.5. Momen Kapasitas

Pada penelitian dinding geser ini hanya dibatasi pada analisa kapasitas momen terbagi dua, yaitu momen ultimate dan momen retak. . Di mana keduanya tersebut dilakukan pengamatan terhadap kondisi teoritis dan eksperimental. Dengan adanya pengamatan tersebut, kita dapat memahami kekuatan kapasitas dari momen tersebut dalam menahan beban lateral dalam ruang lingkup penelitian.

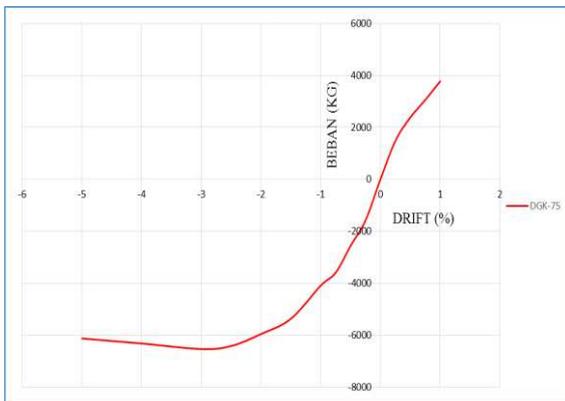
#### 4.5.1. Momen Kapasitas DGK-75

Pada dinding geser ini diketahui retak awal terjadi pada saat rasio drift 0.5%. Sehingga, hasil ekperimental didapatkan Pcr sebesar 2191 kg dan Mcr sebesar 1753 kgm. Saat dinding geser diberi beban awal selanjutnya dilakukan penambahan beban pada setiap simpangan tertentu maka beban tersebut akan mencapai ultimate dari modulus keruntuhan beton saat drift mencapai 3%. Besarnya nilai Mu pada eksperimental sebesar 5222.4 kgm dan nilai Ph sebesar 6528 kg.

**Tabel 4.4** Rekapitulasi  $M_u$  &  $M_{cr}$  DGK-75

Data	Arah	Mu	Ph	Mcr	Pcr
		(kg.m)	(kg)	(kg.m)	(kg)
Teoritis	+/-	4847.2	6058.99	1965.3	2456.62
Ekperiment	+	-	-	-	-
	-	5222.4	6528	1753	2191
Selisih (%)		7.18	7.18	10.80	10.80

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan



**Gambar 4.8** Grafik Envelope DGK-75

#### 4.5.2. Momen Kapasitas DGK- 150

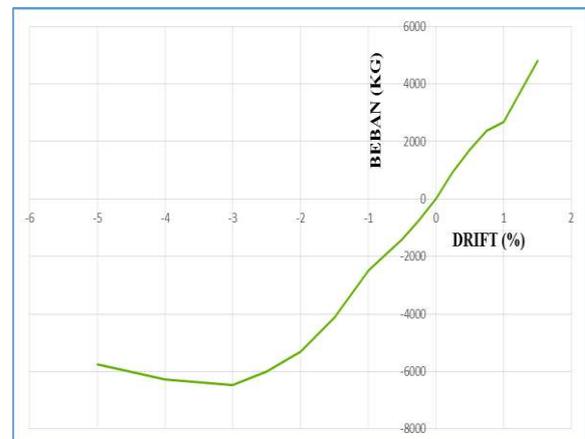
Pada dinding geser ini diketahui retak awal terjadi pada saat rasio drift 0.75%. Sehingga, hasil ekperimental didapatkan Pcr sebesar 1920 kg dan Mcr sebesar 1536 kgm. Saat dinding geser diberi beban awal selanjutnya dilakukan penambahan beban pada setiap simpangan tertentu maka beban tersebut akan mencapai ultimate dari modulus keruntuhan beton saat drift mencapai 3%. Besarnya nilai Mu pada

eksperimental sebesar 5028.8(-) kgm dan nilai Ph sebesar 6286(-) kg.

**Tabel 4.5** Rekapitulasi  $M_u$  &  $M_{cr}$  DGK-150

Data	Arah	Mu	Ph	Mcr	Pcr
		(kg.m)	(kg)	(kg.m)	(kg)
Teoritis	+/-	4412.85	5516.07	1753.34	2169.18
Ekperiment	+	-	-	-	-
	-	5028.8	6286	1536	1920
Selisih (%)		13.96	13.96	11.49	11.49

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan



**Gambar 4.9** Grafik Envelope DGK-150

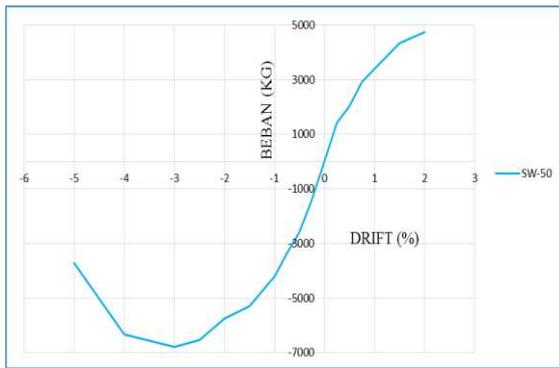
#### 4.5.3. Momen Kapasitas SW- 50

Pada dinding geser ini diketahui retak awal terjadi pada saat rasio drift 0.5%. Sehingga, hasil ekperimental didapatkan Pcr sebesar 2200 kg dan Mcr sebesar 1760 kgm. Saat dinding geser diberi beban awal selanjutnya dilakukan penambahan beban pada setiap simpangan tertentu maka beban tersebut akan mencapai ultimate dari modulus keruntuhan beton saat drift mencapai 3%. Besarnya nilai Mu pada eksperimental sebesar 5424 kgm dan nilai Ph sebesar 6780 kg.

**Tabel 4.6** Rekapitulasi  $M_u$  &  $M_{cr}$  SW-50

Data	Arah	Mu	Ph	Mcr	Pcr
		(kg.m)	(kg)	(kg.m)	(kg)
Teoritis	+/-	4350.98	5438.72	1705.34	2131.67
Eksperiment	+	-	-	-	-
	-	5424	6780	1760	2200
Selisih (%)		24.66	24.66	3.11	3.11

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan



Gambar 4.10 Grafik Envelope SW-50

## 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil pengamatan dari penelitian untuk dinding geser adalah berupa analisis data secara teoritis dan eksperimental serta pembahasan data. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui pengaruh variasi tulangan horizontal dengan pengekang dinding geser terhadap pola retak dan momen kapasitas dengan pembebanan siklik (*quasi-statis*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pola retak antara ketiga benda uji memiliki pola yang sama. Di mana diawali dengan retak lentur kemudian dilanjutkan dengan retak geser. Kerapatan jarak sengkang memberikan dampak terhadap daerah retak yang terjadi di daerah sambungan antara dinding dengan pondasi. Semakin renggang jarak sengkang dengan pengekang maka retak kompresi dan spalling terlihat lebih jelas. Retak geser lebih terlihat jelas pada dinding geser yang memiliki jarak sengkang rapat dengan pengekang berbeda dengan jarak renggang tanpa pengekang di mana daerah retak lentur lebih terlihat jelas. Jarak sengkang yang lebih rapat (7.5 cm) memberikan panjang retak yang maksimum daripada jarak sengkang yang tidak rapat (15 cm). Jarak antar retak

menunjukkan berdekatan pada jarak sengkang dengan pengekang yang rapat.

2. Momen kapasitas yang terjadi pada benda uji dinding geser memiliki batasan kekuatan pada saat ultimit dan retak. Terlihat dinding geser dengan jarak sengkang lebih rapat (DGK-75) memberikan nilai momen kapasitas terhadap ultimate dan retak lebih besar dibandingkan dengan dinding yang tidak rapat (DGK-150) di mana dengan pengekang dan mutu beton yang berbeda. Kekangan normal pada SW-50 memiliki kapasitas momen lebih besar jika dibandingkan dengan kekangan hanya pada sisi dinding (DGK-150) apabila ditinjau dengan jarak yang sama dan mutu beton berbeda. Selisih persentase kedua benda uji tersebut tidak signifikan. Untuk kapasitas momen ultimate berkisar 6-10 % sedangkan kapasitas momen retak berkisar 3-8%.

### 5.2 Saran

Berdasarkan pengamatan dari penelitian terhadap pengaruh variasi jarak sengkang dan kekangan terhadap pola retak dan momen kapasitas dengan pembebanan siklik (*quasi-statis*) terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya, yakni :

Pada saat pengecoran berlangsung dalam pembuatan benda uji dilakukan *controlling* kuantitas dan kualitas sehingga akan membuat benda uji akan tercapai sesuai perencanaan *mix design*.

1. Dalam pembuatan benda uji silinder beton, pada saat waktu memasukkan agregat campuran ke tabung silinder harus secara acak dalam arti tidak selektif dalam menentukan kondisi agregat yang awal dan akhir di mana akan berpengaruh terhadap penurunan mutu beton. Silinder

harus ada yang sisa pada saat pengujian benda uji untuk dilakukan uji kuat tekan dengan umur yang sama.

2. Pada saat dilakukan pengujian hammer test secara manual di mana sebaiknya lebih dari 10 pukulan agar memperoleh data mutu beton yang lebih tepat serta memperhatikan parameter prosedur pengujian. Metode ini dapat dijadikan perbandingan apabila pelaksanaan di lapangan sesuai dengan tercapainya mutu beton. Tetapi, lebih baik digunakan digital hammer test daripada analog hammer test jika membutuhkan suatu perbandingan.
3. Proporsi ukuran benda uji harus dilakukan perencanaan secara matang sehingga dapat dilakukan pengoptimalan agar mempermudah teknis pengujian di laboratorium dari tinjauan waktu dan tenaga.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Buildings*. Victoria : Swinburne University of Technology.

Anonim, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia* (PBI 1971), Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya

Asroni, Ali.2010 “Balok dan Pelat Beton Bertulang”, Graha Ilmu, Yogyakarta.

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.

Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes*. ICE Magazine of Concrete Research. Australia: ICE Publishing.

Dipohusodo, Istimawan, 1994, “Struktur Beton Bertulang”, Gramedia. Jakarta.

Paulay dan Priestley. 1994. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: Wiley Interscience

. Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002. Jakarta.

Watanabe, K, Niwa, J, Yokota, H and Iwanami, M. 2004. *Sress-Strain Relationship for the Localized Compressive Failure Zone of Concrete under Cyclicinic Loading*. Japan

Nawy, Edward. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT Refika Aditama