

# STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU GESER MURNI DENGAN SENGGANG SAMBUNGAN MEKANIS DAN LAS

Doni Apriadi P., S. Wisnu B.,  
Han Ay Lie<sup>\*)</sup>, Sukamta

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50239,  
Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 7460060

## ABSTRAK

Tulangan geser pada struktur beton bertulang atau sengkang biasanya dibuat dengan cara dikait, yaitu melekatkan dua ujung di salah satu sudut dari tulangan. Proses ini adalah hasil dari lentur mekanik dan diakui secara luas sebagai sambungan mekanis. Selain jenis sambungan mekanis, pengelasan merupakan metode alternatif untuk membuat sambungan pada ujung sengkang. Dalam kasus pengelasan, penempatan sambungan pengelasan dapat berada di sudut, atau pada pertengahan sengkang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sambungan mekanis dibandingkan dengan sambungan las pada sengkang dalam memperkuat geser. Aspek penempatan sambungan dilas juga dipelajari. Selanjutnya, penelitian ini juga berupaya untuk mengetahui berapa koefisien kekuatan geser beton yang diperoleh dari penelitian geser murni yang telah dilakukan sebelumnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis sambungan dan posisi pengelasan, mempengaruhi kuat geser keseluruhan dari spesimen beton. Sengkang yang dilas di sudut menunjukkan kapasitas geser tertinggi. Pengamatan dan analisis juga menyarankan seperti hasil penelitian dikarenakan sambungan las di sudut memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sambungan yang ditempatkan di tengah sengkang. Selanjutnya, hasil tes menunjukkan bahwa koefisien yang didapat pada penelitian ini mendekati dengan koefisien yang didapat dari penelitian geser murni yang sebelumnya. Alasan utama diperolehnya koefisien yang beragam dimungkinkan karena sulitnya menentukan dengan tepat daya tahan beton terhadap tegangan geser murni.

**Kata kunci:** sambungan mekanis, sambungan las, kuat geser beton, geser murni

## ABSTRACT

*Shear reinforcement in reinforced concrete structures or stirrups are customarily fabricated with a hook, attaching the two ends at one of the corners of the member. This process is a result of mechanical bending and widely recognized as a mechanical connection. In addition to this type of connection, welding is an alternate method to fabricate the connection of the stirrups' ends. In the case of welding, the placing of the joint can either be at a corner, or at mid height of the stirrup. This research work objective is to investigate the influence of mechanical connections as compared to welded joints in shear reinforcing stirrups. The placement aspect of the welded connection is also studied. Further, this research work also endeavors to assess as whether the shear strength obtained by pure shear research that has been done before.*

*The study showed that the stirrup's connection type and positioning, affects the overall shear strength of the concrete specimens. Stirrups welded at the corners exhibit the highest*

---

<sup>\*)</sup>Han Ay Lie, Email : hanaylie@indosat.net.id

*shear capacity. Close observation and analysis suggested that this result is due to the higher stiffness of this type of connection, as compared to the joints placed at mid height. Further, the test results showed that the coefficient obtained in this study approached the coefficients obtained from a previous study of pure shear. The main reason for obtaining the coefficients of the various possible because of the difficulty of determining exactly concrete resistance to pure shear.*

**Keywords:** *mechanical joints, welded joint, shear strength concrete, pure shear*

## **PENDAHULUAN**

Tulangan geser pada struktur beton bertulang pada umumnya dipasang dengan cara dibengkokkan dengan *bar bender* pada bagian sudut (sambungan mekanis), tetapi ada alternatif lain yaitu penyambungan dengan las. Namun demikian, perilaku sambungan geser dengan las belum diketahui secara pasti dan kapasitasnya terhadap tulangan geser mekanis juga belum dipelajari secara pasti. Penelitian ini menitikberatkan tentang pengaruh dari berbagai macam jenis sambungan tulangan geser terhadap kekuatan yang dapat ditahan beton itu sendiri dan untuk setiap benda uji direncanakan memiliki mutu beton yang sama.

Parameter pengujian yang diteliti terdiri dari :

1. Uji geser beton bertulang menggunakan mutu beton rencana  $f'c$  25 MPa.
2. Uji geser beton bertulang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh  $f_y$ : 240 Mpa untuk  $\varnothing 6$  dan tegangan leleh  $f_y$ : 400 MPa untuk  $\varnothing 8$ .
3. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur minimal 28 hari.
4. Jenis sambungan tulangan geser yang ditinjau ada tiga, yaitu dengan sambungan mekanis, sambungan las di sudut, dan sambungan las di tengah.
5. Terdapat satu tipe benda uji tanpa sengkang, tiga tipe benda uji dengan satu sengkang, dan tiga tipe benda uji dengan dua sengkang. Tiap tipe benda uji dibuat tiga sampel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Kuat geser maksimal yang mampu ditahan dari jenis sambungan tulangan geser yang sambungannya direncanakan dengan cara sambungan mekanis atau dilas baik di sudut maupun dilas di tengah.
2. Apakah koefisien kuat geser beton dari penelitian ini mendekati dari beberapa penelitian lain tentang keadaan geser murni.

## **STUDI PUSTAKA**

### **Perilaku Mekanik Beton**

Perilaku mekanik beton bisa ditentukan dari kuat tekan yang disumbangkan oleh beton. Semakin tinggi kuat tekan beton, maka semakin baik mutu betonnya. Harus diperhatikan mutu beton yang semakin baik, akan menyebabkan pola keruntuhan secara tiba-tiba (tidak daktail), tetapi beton yang berkekuatan lebih rendah lebih daktail daripada beton berkekuatan lebih tinggi. Artinya, beton-beton yang lebih rendah kuat tekannya akan mengalami regangan yang lebih besar sebelum mengalami kegagalan (McCormac, 2004).

---

<sup>\*</sup>Han Ay Lie, Email : hanaylie@indosat.net.id

## **Kuat Geser Beton**

Kuat geser adalah kapasitas suatu material dalam menahan gaya-gaya lateral. Hampir semua elemen struktur dirancang untuk mampu menerima gaya-gaya luar. Elemen struktur akan memberikan perlawanan terhadap gaya-gaya luar yang terjadi berupa tegangan normal, tegangan lentur, tegangan torsi, dan tegangan geser. Pada balok di atas dua tumpuan, tegangan geser dan lentur timbul di sepanjang bagian balok yang menahan gaya luar yang terjadi di atas permukaan balok. Komposisi tegangan tersebut di suatu tempat akan menyesuaikan diri secara alami dengan membentuk keseimbangan tegangan geser dan tegangan normal, yang kemudian membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok (Asroni, 1997).

## ***Hubungan antara Beton dan Tulangan***

Hubungan antara beton dan tulangan dicirikan dengan 4 tahapan kondisi yang berbeda (Mindess S., 1994):

Tahap I : Beton belum mengalami retak.

Pada tahap ini lekatan antara agregat dengan tulangan banyak dipengaruhi oleh ikatan kimiawi dari proses hidrasi semen. Tegangan yang terjadi untuk meruntuhkan beton masih kecil.

Tahap II : Terjadi retak rambut pada beton.

Tegangan yang terjadi lebih besar dari pada tahap I. Tahap ini sudah terjadi retak rambut terutama pada tonjolan tulangan dan pemisahan material pada beton mengalami pertambahan.

Tahap III : Dimulainya retak memanjang.

*Dowel action* mengakibatkan tegangan melingkar terjadi pada beton. Aksi saling kunci antar agregat merupakan kekuatan utama dari lekatan untuk menahan gaya geser yang terjadi.

Tahap IV: Ikatan antar material beton mulai hilang dan slip membesar.

Tahap I sampai dengan III merupakan perilaku lokal dari pemisahan ikatan antar material pada beton. Pada tahap IV ini merupakan hasil penggabungan perilaku dari masing-masing tahapan sebelumnya dan retak yang terjadi semakin besar akibat gaya luar yang bekerja.

## **Perilaku Geser**

Perpindahan geser lebih besar pada permukaan yang sudah retak dibandingkan sepanjang permukaan yang belum retak, hal ini dibuktikan dengan permukaan kasar yang saling mengunci di sepanjang retak bidang geser. Semakin besar perpindahan geser, massa beton di sisi sebelah retak akan terpisah sehingga lebar retak akan semakin besar. Semakin besar lebar retak, maka akan semakin besar perpindahan geser dan akan semakin kecil gaya maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Penulangan yang melintasi bidang geser dapat menahan lebar retak. Gaya geser yang terjadi ditahan sebagian oleh tulangan yang biasa disebut mekanisme *dowel action*.

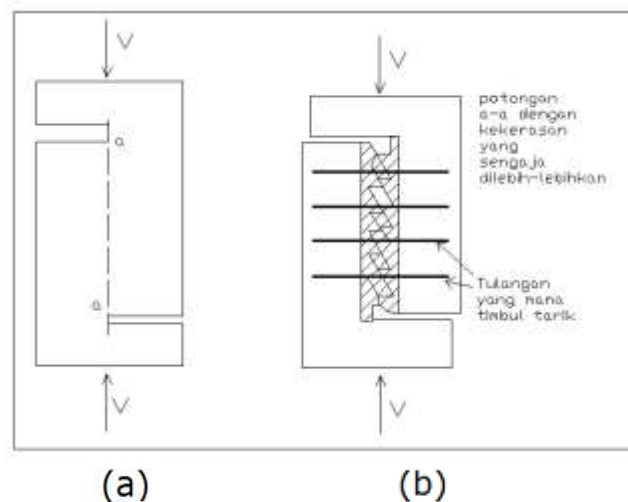
*Interlocking* agregat dan penulangan menahan tegangan yang terjadi di zona retak. Semakin besar tegangan geser yang terjadi, maka akan semakin besar perpindahan yang terjadi. Ketika kekakuan tulangan terlalu rendah karena melelehnya tulangan atau lemahnya ikatan antara semen dengan agregat maka perpindahan geser akan terus bertambah sehingga akan terjadi gagal geser. Penulangan menahan beban geser yang terjadi dengan gaya *dowel*

---

<sup>\*</sup>Han Ay Lie, Email : hanaylie@indosat.net.id

*action*. *Dowel action* paling efektif ketika gaya yang terjadi tegak lurus dengan arah tulangan (Jeroen Willem Ignatius Jozef Frenaij, 1989).

Seperti dalam Gambar 1., gaya geser  $V$  bekerja sedemikian, sehingga menimbulkan retak di sepanjang bidang potensial a-a. Retak yang terjadi akan berbentuk seperti gigi gergaji dan akan menyebabkan aksi saling kunci antar agregat untuk mengurangi perpindahan geser. Tulangan yang dipasang tegak lurus retak akan mengalami tarikan dan menyebabkan tahanan/tekanan pada beton sehingga mengurangi retak. Inilah yang disebut *clamping force* (aksi jepit). ACI-11.7.8 menyatakan “ penulangan gesekan geser harus ditempatkan sedemikian di sepanjang bidang geser dan demi menimbulkan tegangan leleh yang disyaratkan pada kedua sisi, harus diangkerkan dengan penanaman, kaitan, atau pengelasan terhadap alat yang disediakan khusus.

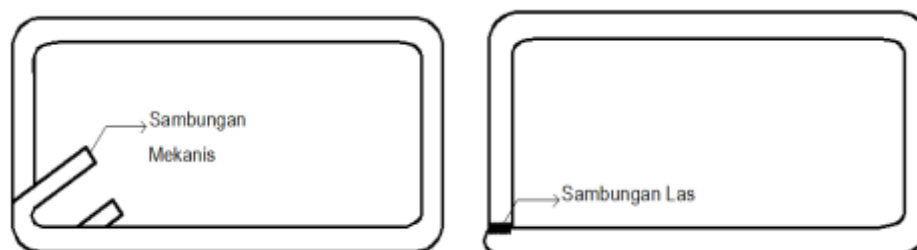


**Gambar 1.** Idealisasi dari konsep gesekan-geser  
(Sumber : Chu Kia Wang dan G.Salmon. 1985)

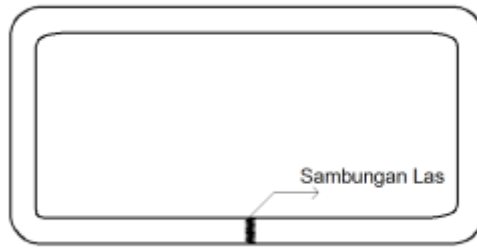
## METODOLOGI DAN PENELITIAN

### Desain Benda Uji

Benda uji direncanakan dengan 3 jenis sambungan seperti gambar 3.1. Bentuk benda uji di rencanakan seperti huruf S berdasarkan referensi dan penelitian-penelitian yang telah di lakukan sebelumnya. Ukuran benda uji di sesuaikan dengan alat pengujian *Compression Testing Machine*.



\*Han Ay Lie, Email : hanaylie@indosat.net.id

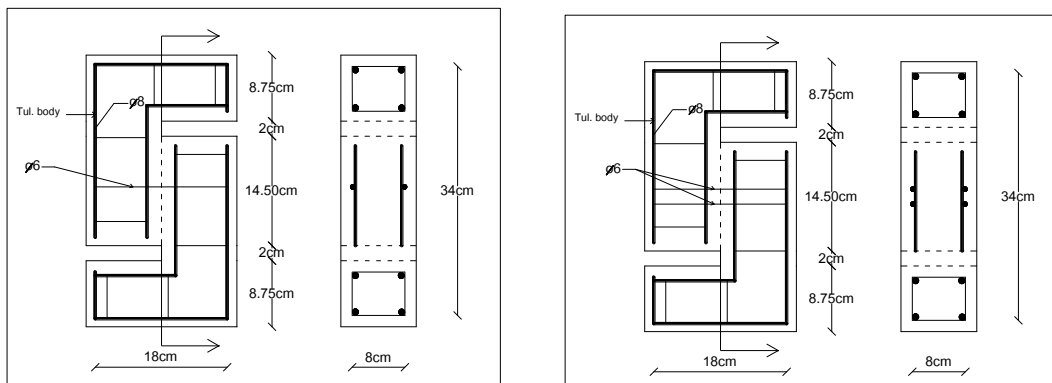


**Gambar 2.** Jenis sambungan yang digunakan dalam percobaan

. Ada 7 tipe benda uji :

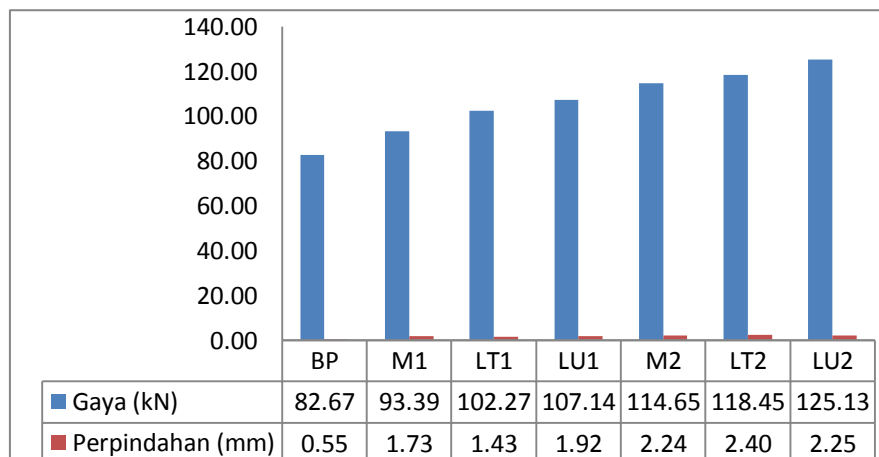
- Benda uji tanpa sengkang (BP)
- Benda uji dengan satu sengkang mekanis (M1)
- Benda uji dengan dua sengkang mekanis (M2)
- Benda uji dengan satu sengkang las di sudut (LU1)
- Benda uji dengan dua sengkang las di sudut (LU2)
- Benda uji dengan satu sengkang las di tengah (LT1)
- Benda uji dengan dua sengkang las di tengah (LT2)

Dari tiap tipe dibuat 3 benda uji sehingga total ada 21 benda uji.



**Gambar 3.** Benda uji dengan satu sengkang dan dua sengkang

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



**Gambar 4.** Hasil penelitian

**Tabel 1.** Kuat geser beton tanpa tulangan

Kode benda uji	Kuat tekan beton (f'c)	Benda uji	Luas bidang geser (Ag)	Gaya Geser Penelitian	Tegangan Geser Beton SNI (vc SNI) $\frac{1}{6}*\sqrt{f'c}$	Tegangan Geser Penelitian (vc pen)
	Mpa		mm <sup>2</sup>	N	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
	1		2	3	4	5= 3:2
Beton polos	29.84	1	14500	97000	0.91	6.69
	29.77	2	14500	84000	0.91	5.79
	26.13	3	14500	67000	0.85	4.62
	28.58	Rata-rata	14500.00	82666.67	0.89	5.70

Koefisien kuat geser beton yang didapat dari penelitian tentang geser murni. adalah 1,066.

$$\circ 97000N = k \sqrt{29,84MPa} \times 145mm \times 100mm$$

$$k = 1,225$$

$$\circ 84000N = k \sqrt{29,77MPa} \times 145mm \times 100mm$$

$$k = 1,062$$

$$\circ 67000N = k \sqrt{26,13MPa} \times 145mm \times 100mm$$

$$k = 0,904$$

$$k_{rata-rata} = \frac{1,225+1,062+0,904}{3} = 1,066$$

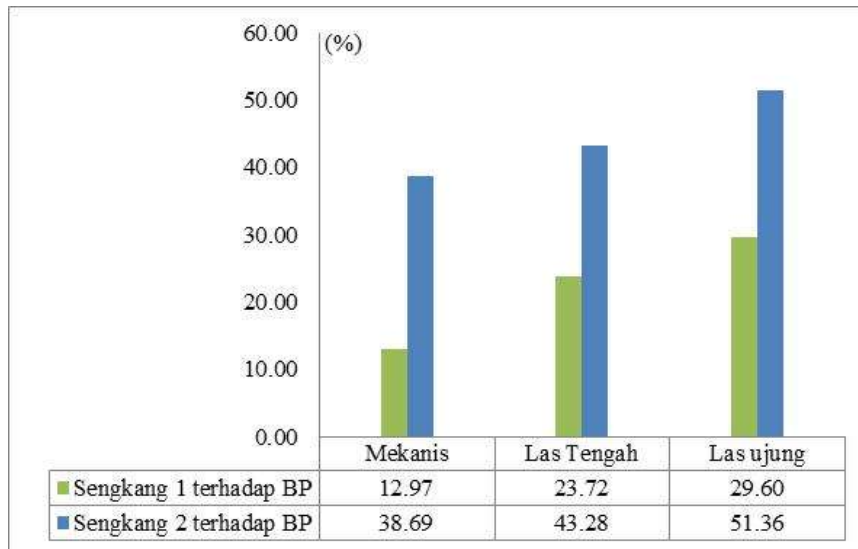
**Tabel 2.** Perbandingan koefisien kuat geser beton dari beberapa penelitian

Penelitian Jessica Sjah	Penelitian Tri Wardaya	Penelitian doni wisnu
0.837	0.596	1.066

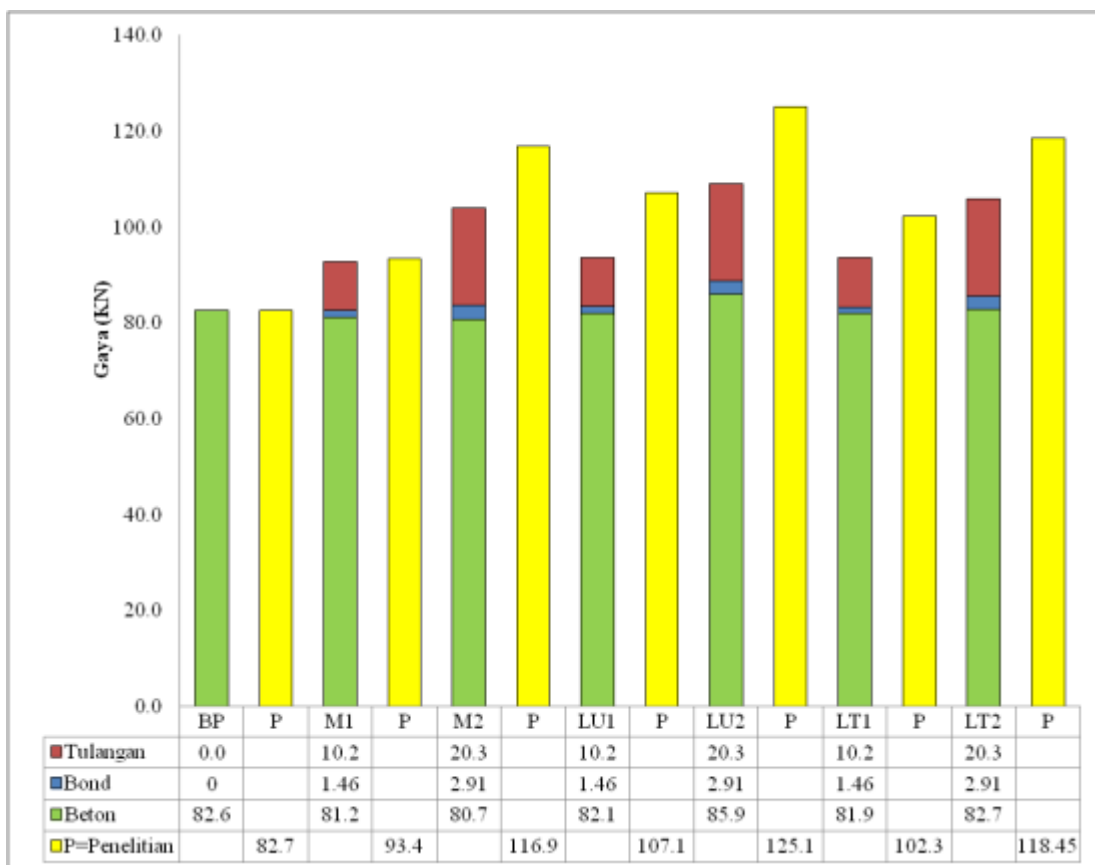
Koefisien-koefisien kuat geser beton yang didapat dari penelitian-penelitian geser murni beton sebelumnya dengan penelitian ini ternyata mendapat koefisien yang berbeda. Hal ini bisa disebabkan sulitnya menentukan dengan tepat daya tahan beton terhadap tegangan geser murni.

Semakin banyak jumlah tulangan terpasang pada bidang geser benda uji, maka semakin besar pula gaya geser dan perpindahan vertikal yang mampu ditahan benda uji. Penambahan jumlah tulangan geser di bidang geser belum tentu akan menambah kekuatan geser secara paralel (gambar 5.) karena antara tulangan geser yang satu dengan yang lain terjadi tegangan, sehingga mengurangi kekuatan tulangan geser seperti pada benda uji LU dan LT yang dimana terdapat penurunan persen kekuatan tulangan geser. Pemasangan tulangan sangat berpengaruh terhadap daktilitas beton bertulang karena beton mempunyai sifat yang getas sedangkan tulangan mempunyai sifat yang elastis. Jadi ketika beton runtuh, tulangan masih mempunyai energi tersimpan untuk menahan gaya yang terjadi. Pemasangan tulangan geser yang terlalu banyak dan tidak memperhatikan jarak minimum antar tulangan yang disyaratkan akan mengakibatkan tidak efektifnya tulangan geser dan bisa menyebabkan keruntuhan beton yang tiba-tiba.

<sup>\*)</sup>Han Ay Lie, Email : hanaylie@indosat.net.id



**Gambar 5.** Persen kenaikan gaya terhadap jumlah tulangan



**Gambar 6.** Perbandingan perhitungan teoritis lekatan pada tulangan dengan penelitian

Gambar 6. menerangkan bahwa pada semua benda uji efek kekangannya sudah bekerja. Efek kekangan pada benda uji M1 sudah terjadi namun belum bekerja secara optimal. Efek kekangan yang terjadi menunjukkan bahwa bagian sudut sengkang telah bekerja, yaitu mengalami suatu gaya tarik. Gambar 6. juga menjelaskan benda uji LU1 dan LU2

<sup>\*)</sup>Han Ay Lie, Email : hanaylie@indosat.net.id

mempunyai kapasitas geser yang paling tinggi karena dimungkinkan memiliki kekakuan yang paling tinggi pada bagian ujungnya dibandingkan dengan sambungan yang lain. Kuatnya sambungan las pada bagian ujung sengkang mengakibatkan semakin besar pula gaya kekangan yang ditimbulkan. Sambungan las tengah mempunyai kuat geser yang lebih kecil daripada las ujung mungkin dikarenakan titik lemahnya berada di pusat bidang geser sehingga lebih berisiko putus di sambungan.

## **KESIMPULAN**

Benda uji dengan jenis sambungan las di sudut memiliki kapasitas geser yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan jenis sambungan mekanis dan las tengah, hal ini dimungkinkan karena sengkang yang di las pada bagian sudutnya memiliki kekakuan yang paling tinggi dibandingkan dengan sengkang yang disambung mekanis dan yang di las bagian tengahnya. Sambungan las di tengah memiliki kapasitas geser yang lebih kecil dibandingkan dengan sambungan las di ujung dikarenakan sambungan las tengah tepat berada pada bidang geser kritis.

Koefisien kuat geser beton pada penelitian ini menghasilkan nilai koefisien yang berbeda dikarenakan sulitnya menentukan dengan tepat daya tahan beton terhadap tegangan geser murni. Pemasangan tulangan geser pada beton bertulang meningkatkan daktilitas bidang geser dan mengurangi resiko keruntuhan beton yang terjadi secara tiba-tiba (getas). Jumlah pemasangan tulangan geser berpengaruh pada kapasitas geser, semakin banyak tulangan geser yang terpasang semakin besar pula kapasitas geser yang dimiliki benda uji. Jarak minimum antar tulangan pada SNI (2,5cm) hanya meminimalkan tegangan kontak tetapi tidak menghilangkan tegangan kontak yang terjadi. Hal ini menyebabkan penambahan satu buah tulangan dimungkinkan tidak memberikan efek yang paralel.

## **DAFTAR REFERENSI**

- ACI Committee 318 *Commentary On Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-11.7) Shear – friction*. Detroit, Michigan: American Concrete-Institute, 1983.
- Jeroen Willem Ignatius Jozef Frenaij, 1989, *Time – Dependent Shear Transfer in Cracked Reinforced Concrete*. ‘Menschliches, Allzumenschliches’, Ein Buch für freie Geister, Band I, Aphorismus N. 625, 1880.
- McCormac, Jack C., 2004, *Desain Beton Bertulang edisi kelima*, Erlangga, Jakarta.
- Wang, C.K. Charles G. Salmon, 1985, *Disain Beton Bertulang*. Universitas Wisconsin-Madison, Erlangga, Jakarta.