

## STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU GESER BALOK PADA SAMBUNGAN BALOK KOLOM BETON BERTULANG

Rita Anggraini<sup>1</sup>, Jafri Tanjung<sup>2</sup>, Jati Sunaryati<sup>3</sup>, Rendy Thamrin<sup>4</sup>, Riza Aryanti<sup>5</sup>

### ABSTRAK

Suatu bangunan memiliki ketahanan yang baik terbuat dari struktur beton bertulang dapat diamati dari struktural bangunan itu sendiri. Salah satu komponen struktural yang paling berpengaruh dalam keruntuhan suatu bangunan adalah sambungan balok-kolom. Keruntuhan bangunan tersebut, khususnya bangunan gedung beton bertulang adalah akibat kerusakan dari sambungan balok-kolom yang merupakan bagian struktur yang terpenting pada bangunan. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi perilaku geser balok pada sambungan balok-kolom beton bertulang dengan 3 variasi rasio tulangan balok BCJ-2 ( $\rho = 0.0067$ ), BCJ-3 ( $\rho = 0.010$ ) dan BCJ-5 ( $\rho = 0.0167$ ) serta mengetahui besarnya beban pada saat retak awal (first crack), dan beban saat runtuh. Dari hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah semakin besar rasio tulangan yang digunakan maka semakin besar beban yang dapat ditahan balok. Pengaruh adanya variasi rasio tulangan dapat meningkatkan kapasitas baloknya, baik pada pakai sengkang maupun tanpa sengkang. Dimana BCJ-S 5 adanya peningkatan kapasitasnya sebesar 25,49% dari BCJ-TS 5, sedangkan BCJ-S 3 dengan BCJ-TS 3 dan BCJ-S 2 dengan BCJ-TS 2 yang tidak begitu menunjukkan peningkatan yang signifikan. Dari keenam benda uji, satu mengalami keruntuhan lentur dan lima mengalami keruntuhan geser.

**Kata kunci :** sambungan balok kolom, rasio tulangan, beban, kapasitas geser, keruntuhan geser.

### 1. PENDAHULUAN

Struktur bangunan adalah komponen utama dari bangunan yang mampu memikul beban secara bersama-sama dan meneruskan beban ke bagian struktur. Kolom, balok dan pelat merupakan komponen utama struktur bangunan yang berperan dalam menahan dan menyalurkan beban. Komponen struktur yang paling berpengaruh dalam menahan kestabilan suatu bangunan selain kolom, balok, dan pelat lantai adalah sambungan balok-kolom.

Pada umumnya kegagalan struktur banyak disebabkan pada sambungan balok-kolom yang diakibatkan adalah karena adanya perubahan peraturan, serta perencanaan tidak ada merencanakan pendetailan terhadap jumlah tulangan pada sambungan balok kolom, sesuai kebutuhan kekuatan dalam menahan beban lentur maupun aksial. Dan juga karena terjadi akibat lemahnya kemampuan menahan geser dan rendahnya daktilitas yang direncanakan. Sambungan balok - kolom merupakan bagian penting pada struktur bangunan gedung bertingkat. Beberapa dekade terakhir, penelitian intensif dalam bidang rekayasa struktur telah memberikan pemahaman yang baik terhadap perilaku struktur khususnya perilaku struktur beton bertulang akibat beban lentur maupun geser. Maka itu diperlukan berbagai teknik untuk memperoleh nilai yang paling mendekati dengan nilai eksaknya.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Pasca Sarjana Teknik Sipil Universitas Andalas,

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, jafri\_tanjung@ft.unand.ac.id

<sup>3</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas,

<sup>4</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas,

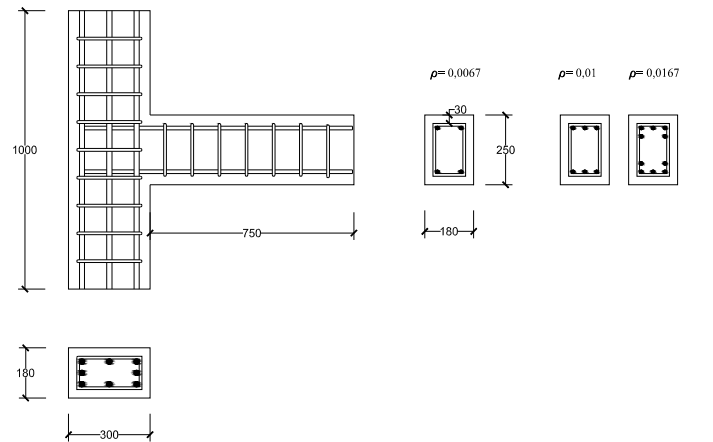
<sup>5</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas,

Dalam hal tersebut seiring dengan studi uji eksperimental. Oleh sebab itu, penelitian ini adalah eksperimental perilaku geser balok pada sambungan balok - kolom beton bertulang yang dilaksanakan di Laboratorium Material dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang.

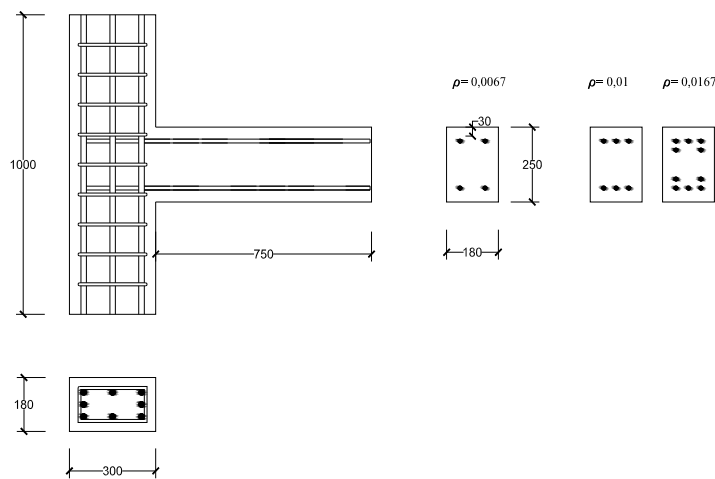
## 2. MODEL EKSPERIMENTAL

### 2.1 Pembuatan Benda Uji

Perencanaan dimensi penampang sambungan balok-kolom beton bertulang pada penelitian ini adalah berdasarkan pendekatan lapangan dan kapasitas alat yang akan digunakan untuk melakukan pengujian. Pembuatan benda uji sambungan balok-kolom nilai kuat tekan sebesar 30 MPa dimana pada balok menggunakan sengkang dan rasio tulangan yang bervariasi. Dimensi yang digunakan yaitu balok dengan ukuran 180 mm x 250 mm x 1050 mm dan untuk kolom digunakan ukuran 180 mm x 300 mm x 1550 mm. Untuk benda uji sendiri digunakan penampang persegi biasa dengan variasi rasio tulangan longitudinal balok yang berbeda. Benda uji ini terdiri dari 6 buah sampel yang bentuknya dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



(a) Pakai Sengkang



(b) Tanpa Pakai Sengkang

Gambar 1. Model Benda Uji

## Studi Perilaku Geser Balok Pada Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang

Untuk lebih jelasnya penamaan dari benda uji pada Gambar 1. diatas, dapat dilihat variabel – variabel yang digunakan, baik pakai sengkang maupun tanpa pakai sengkang pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Data Penulangan Sambungan Balok-Kolom

Benda uji	Tulangan kolom	Tulangan Balok		Tulangan sengkang
		Tulangan tekan	Tulangan lentur	
BCJ - TS 2	8 D 19	2 D 13	2 D 13	-
BCJ - TS 3	8 D 19	3 D 13	3 D 13	-
BCJ - TS 5	8 D 19	5 D 13	5 D 13	-
BCJ - S 2	8 D 19	2 D 13	2 D 13	Ø 10 -100
BCJ - S 3	8 D 19	3 D 13	3 D 13	Ø 10 -100
BCJ - S 5	8 D 19	5 D 13	5 D 13	Ø 10 -100

Material-material yang digunakan:

### a. Beton

Tabel 2 Properties Beton yang Digunakan

No.	Material Beton	Nilai
1.	Poisson's ratio ( $\mu$ )	0,2
2.	Compressive strength ( $f'c$ )	27 Mpa

### b. Baja

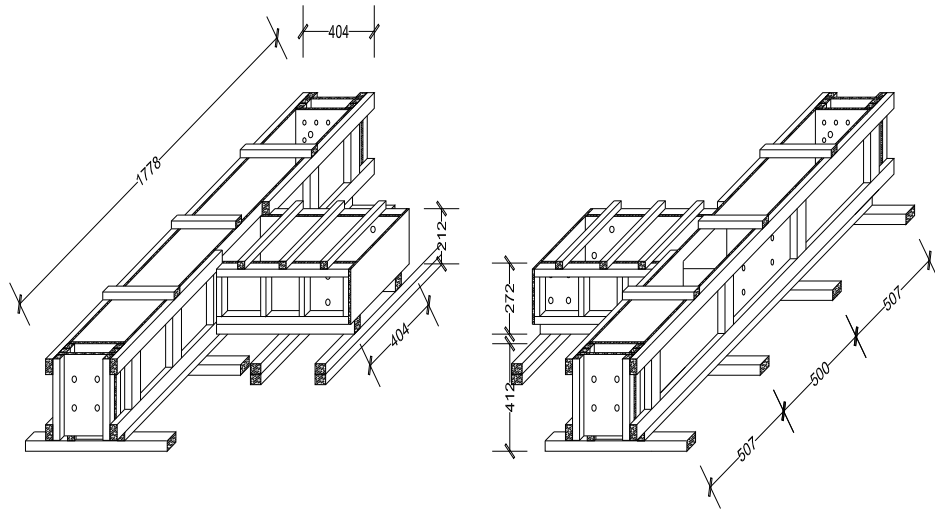
Tabel 3 Properties Baja yang Digunakan

No.	Material Baja	Nilai
1.	Yield strength ( $f_y$ ) balok	417,434 Mpa
2.	Yield strength ( $f_y$ ) kolom	462,960 Mpa
3.	Modulus Elastisitas (E)	200.000 Mpa

## 2.2 Pembuatan cetakan benda uji (bekisting) dan pembesian

Bekisting atau papan cetak merupakan komponen penting dalam pembuatan struktur beton bertulang. Agar diperoleh benda hasil akhir (*finishing*) yang ukurannya presisi maka pembuatan bekisting merupakan sesuatu yang perlu diperhatikan. Kecuali itu, bekisting harus cukup kuat menahan beban akibat menampung beton basah yang relatif berat, termasuk bila ada getaran yang diberikan sebagai bagian tahapan pengecoran.

Sebelum dilakukan pengecoran atau pembuatan benda uji, maka langkah pertama yang harus terlebih dahulu dilakukan adalah pembuatan cetakan benda uji (bekisting). Cetakan benda uji dibuat dengan menggunakan bahan dasar multiplek, multiplek digunakan sebagai bahan dasar cetakan benda uji agar proses perangkaian cetakan benda uji mudah dilaksanakan. Cetakan benda uji dibuat dengan ukuran yaitu 180 mm x 250 mm dengan panjang bentang 1050 mm untuk bagian balok dan 180 mm x 300 mm dengan panjang 1550 mm untuk bagian kolom.



Gambar 2 Cetakan Benda Uji

Cetakan dibuat sebanyak 6 buah, ini dikarenakan perbandingan rasio tulangan yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 macam dengan 2 variasi yaitu 3 buah pakai sengkang dan 3 buah yang tidak pakai sengkang. Setelah bekisting dibuat, selanjutnya dilakukan pemasangan tulangan longitudinal pada setiap cetakan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan lalu pemasangan sengkang pada bagian baloknya. Variasi jumlah tulangan yang dipakai dalam penelitian ini adalah 2 tulangan, 3 tulangan dan 5 tulangan ulir berdiameter 13 mm.



Gambar 3 Cetakan benda uji beserta tulangnya siap untuk dicor

### 2.3 Campuran Beton

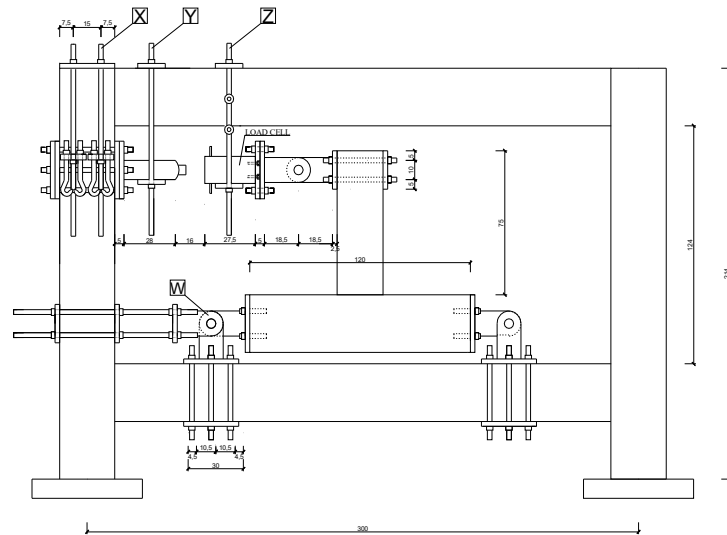
Pembuatan campuran beton dilakukan di PT. IGASAR yang telah dipesan seminggu sebelum mulai pengecoran. Campuran adukan beton yang telah datang ke Laboratorium Material dan Struktur Universitas Andalas dengan mobil Ready Mix dimasukkan kedalam cetakan yang telah dibuat, dapat dilihat pada Gambar 4. Sampel pengujian dibuat sebanyak 6 buah dengan keterangan sebagai berikut:



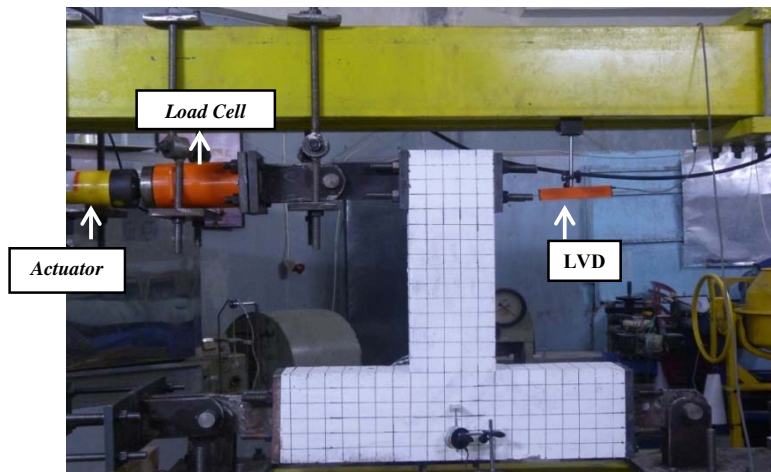
Gambar 4 Benda uji setelah pengecoran

### 3. SET UP PENGUJIAN

*Set up* Pengujian seperti terlihat pada Gambar 5. Benda uji diletakan pada *frame Load* dengan posisi kolom diletakan pada bagian bawah yang kedua ujung kolom di pasangkan 2 buah perletakan dengan pelat tumpuan yang di asumsikan sebagai tumpuan sendi sendi pada kedua ujungnya. Dan posisi balok yang menerima gaya horizontal dari *Actuator* yang diteruskan ke *load cell*. *Load cell* diletakan pada ujung *Actuator* dan ujung yang menekan kepada ujung balok. Pasang alat LVDT (*Lateral Vertical Displacement Transducer*) pada area lentur balok dan kolom. Kemudian pasang *data logger* untuk membantu kita dalam mencatat setiap beban yang diberikan dan lendutan yang terjadi. Pengujian siap dilakukan. Gaya/beban diberikan secara perlahan lahan dan beban dinaikan secara berangsur angsur hingga pada batas tertentu sampai pada tegangan maksimum, sehingga benda uji akan mengalami retak dan lendutan maksimum. Selama proses pembebanan berlangsung, lakukan penggarisan pada setiap retakan yang terjadi. Garis ini bertujuan untuk mempermudah kita dalam melihat pola retak dan jenis keruntuhan yang terjadi. Besarnya beban yang diberikan akan di rekap secara otomatis tercatat melalui *data logger*. Pembebanan akan dihentikan jika benda uji sudah runtuh dan *data logger* yang membaca besarnya beban dari *load cell* tidak bertambah. Setelah balok mengalami keruntuhan, amati pola retak dan jenis keruntuhan yang terjadi pada benda uji.



Gambar 5. Set Up Peralatan dan Bahan Uji Sambungan Balok - Kolom



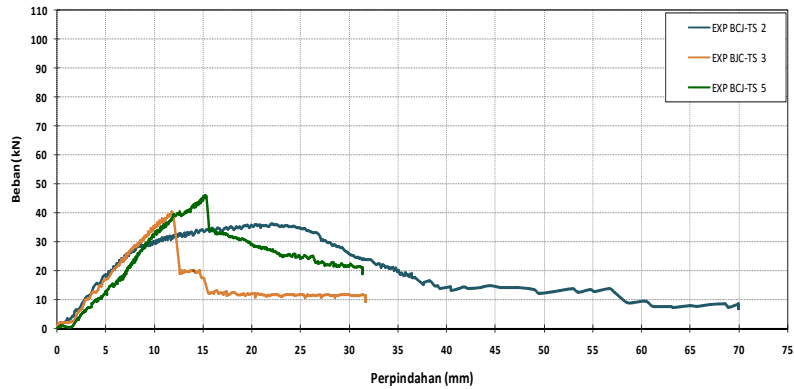
Gambar 6. Bahan uji siap buat diuji

#### 4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Beban vs Perpindahan

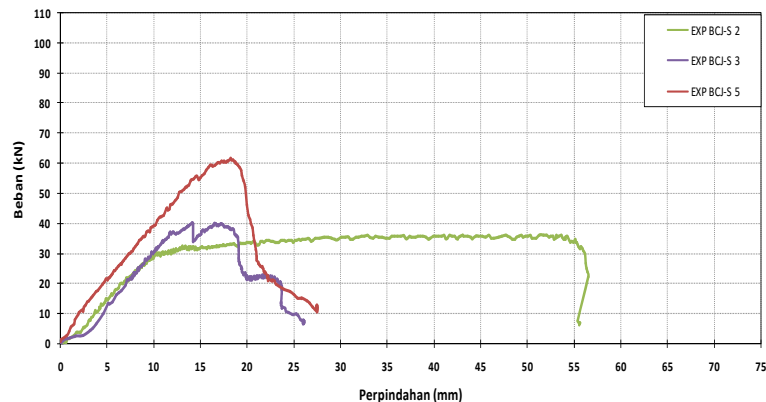
Berdasarkan hasil penelitian eksperimental yang telah dilakukan di Laboratorium Material dan Struktur Universitas Andalas, maka penulis dapat mengevaluasi hasil yang dibaca dari data logger berupa grafik hubungan antara beban dan perpindahan, dapat terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 sebagai berikut :

## Studi Perilaku Geser Balok Pada Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang



Gambar 7. Grafik Beban vs Perpindahan eksperimental tanpa pakai sengkang

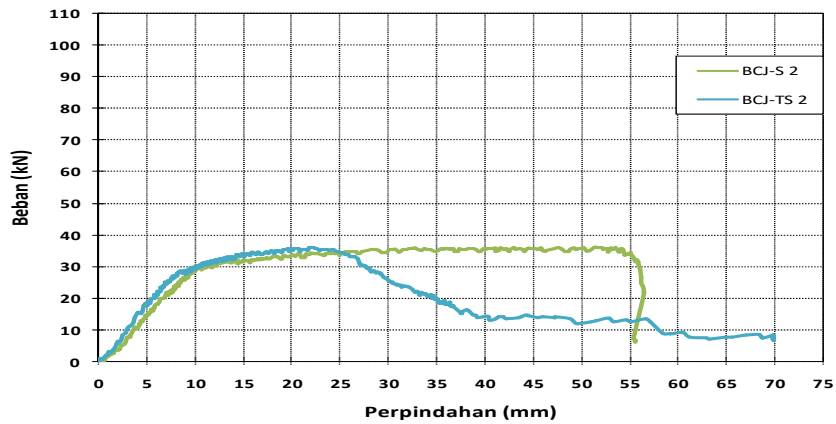
Gambar 4. menunjukkan hasil pada eksperimental yang tidak pakai sengkang (BCJ-TS 2, BCJ-TS 3 dan BCJ-TS 5) yaitu menunjukkan adanya pengaruh variasi jumlah rasio tulangan yang dapat meningkatkan kapasitas balok pada sambungan balok kolom, dimana rasio tulangan yang kecil lebih besar perpindahan yang terjadi daripada rasio tulangan yang besar. Pada BCJ-TS 2 pada daerah tarik dan tekan ( $\rho = 0,0067$ ) dapat dilihat grafiknya lebih daktail, dimana beban maksimum terjadi pada beban 36,1 kN yang mengalami perpindahan sebesar 22,08 mm. Pada BCJ-TS 3 pada daerah tarik dan tekan ( $\rho = 0,010$ ) beban maksimum terjadi pada beban 40,2 kN yang mengalami perpindahan sebesar 11,8 mm serta ditandai dengan keruntuhan. Sedangkan pada BCJ-TS 5 pada daerah tarik dan tekan ( $\rho = 0,0167$ ) beban maksimum terjadi 45,9 kN yang mengalami perpindahan sebesar 15,3 mm yang juga ditandai dengan keruntuhan.



Gambar 8. Grafik Beban vs Perpindahan eksperimental pakai sengkang

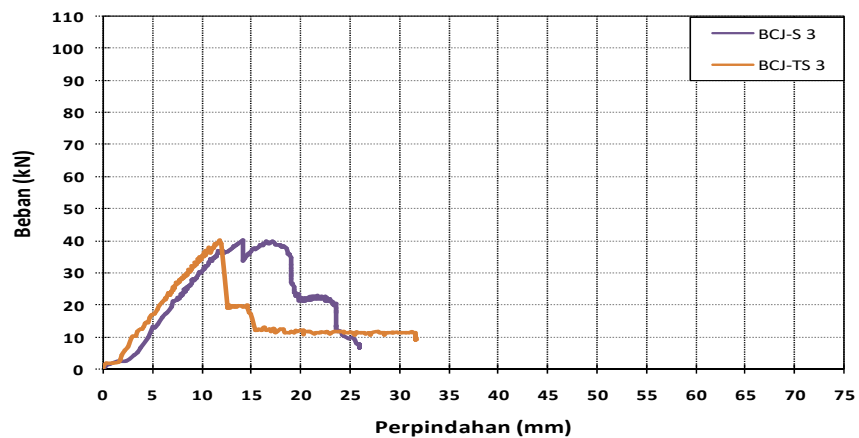
Dari hasil grafik Gambar 5. yang didapatkan dalam pengujian eksperimental yang pakai sengkang (BCJ-S 2, BCJ-S 3 dan BCJ-S 5) yaitu adanya pengaruh variasi jumlah rasio tulangan yang dapat meningkatkan kapasitas balok pada sambungan balok kolom, dimana rasio tulangan yang kecil lebih besar perpindahan yang terjadi daripada rasio tulangan yang besar. Dibuktikan dengan BCJ-S 2 pada daerah tarik dan tekan ( $\rho = 0,0067$ ) pada kondisi beban maksimumnya sebesar 36,2 kN mengalami perpindahan sebesar 51,7 mm dapat dilihat grafiknya lebih daktail; BCJ-S 3 pada daerah tarik dan tekan ( $\rho = 0,010$ ) kondisi beban maksimum sebesar 40,4 kN mengalami perpindahan sebesar 14,14 mm; dan BCJ-S 5 pada daerah tarik dan tekan ( $\rho = 0,0167$ ) kondisi maksimumnya 61,6 kN mengalami perpindahan sebesar 18,18 mm. Pada kondisi pada BCJ-S 2 lebih daktail dibandingkan BCJ-S 3 dan BCJ-S 5, ini disebabkan adanya perlemahan pada daerah pembebanan. Di dalam kekakuannya BCJ-S 5 lebih kaku dibandingkan dengan BCJ-S 3 dan BJC-S 2.

Untuk lebih jelasnya antara benda uji yang pakai sengkang dan tanpa pakai sengkang, dapat dilihat perbedaannya pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11. sebagai berikut.



Gambar 9. Grafik beban vs perpindahan perbandingan antara BCJ-S 2 dan BCJ-TS 2

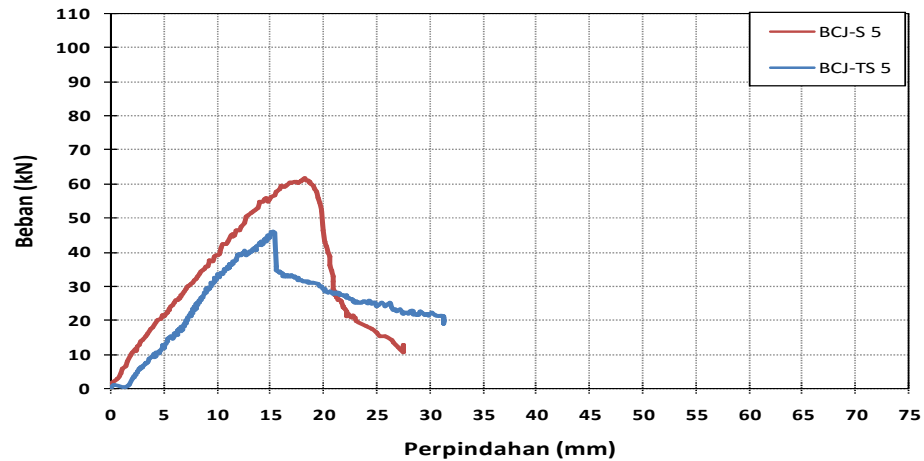
Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa sengkang memiliki pengaruh, dapat dilihat pada benda uji BCJ-S 2 lebih duktail dibandingkan BCJ-TS 2 yang adanya penahan dari penggunaan sengkang, Sedangkan pada BCJ-TS 2 pada perpindahan 22,08 mm beban mengalami sudah penurunan, berbeda dengan perilaku BCJ-S 2.



Gambar 10. Grafik Beban vs Perpindahan Perbandingan antara BCJ-S 3 dan BCJ-TS 3

Gambar 7. menunjukkan bahwa sengkang memiliki pengaruh besar, dapat dilihat pada specimen BCJ-S 3 dibandingkan BCJ-TS 3, sedangkan pada BCJ-TS 3 pada perpindahan 11,8 mm beban mengalami penurunan beban secara drastis, berbeda dengan perilaku BCJ-S 3 mengalami penahan dari sengkang, hanya saja pada eksperimen BCJ-S 3 terjadinya keruntuhan terlebih dahulu pada daerah perlemahan pemberian beban yang menyebabkan balok mengalami keruntuhan.



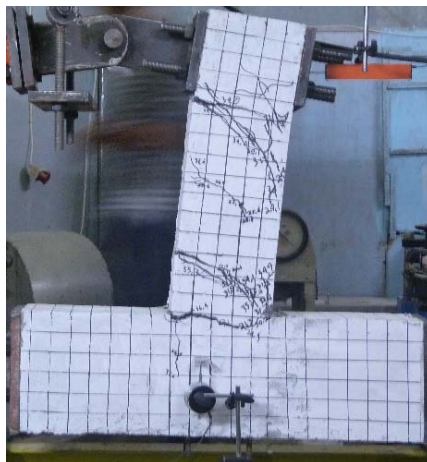


Gambar 11. Grafik Beban vs Perpindahan Perbandingan antara BCJ-S 5 dan BCJ-TS 5

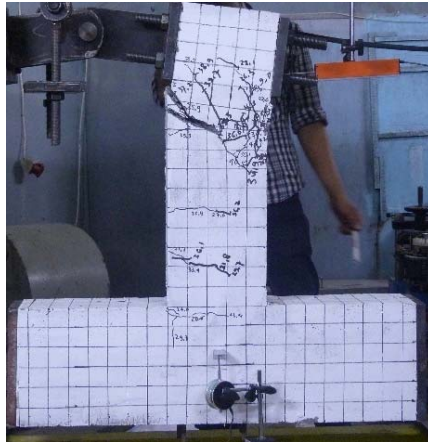
Gambar 11. menunjukkan bahwa sengkang memiliki pengaruh besar, dapat dilihat pada specimen BCJ-S 5 dibandingkan BCJ-TS 5, dimana kapasitas geser BCJ-S 5 mengalami peningkatan sebesar 25,49%. Sedangkan pada BCJ-TS 5 pada perpindahan 15,3 mm beban mengalami penurunan beban secara drastis, berbeda dengan perilaku BCJ-S 5 mengalami penahan dari sengkang. Sama dengan kasus BCJ-S 3, benda uji BCJ-S 5 juga mengalami perlemahan pemberian beban yang menyebabkan balok mengalami keruntuhan.

#### 4.2 Pola Keruntuhan

Pola keruntuhan yang terjadi pada balok benda uji sambungan balok-kolom beton bertulang ini adalah keruntuhan geser, dimana pola retaknya mengalami pola retak diagonal. Pengamatan pola keruntuhan terhadap benda uji selama pengujian dapat dilihat pada gambar 12, 13, 14, 15, 16 dan 17 dibawah ini.



Gambar 12. Pola Keruntuhan pada Benda Uji S – 2



Gambar 13. Pola Keruntuhan pada Benda Uji S - 3



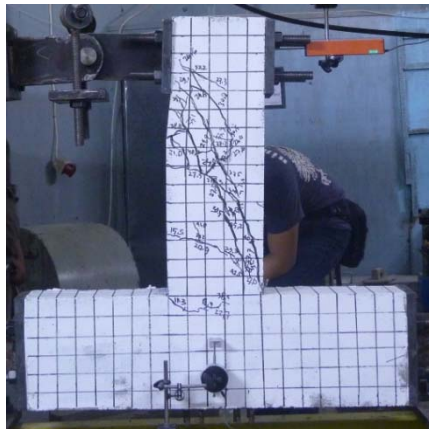
Gambar 14. Pola Keruntuhan pada Benda Uji S - 5



Gambar 15. Pola Keruntuhan pada Benda Uji TS - 2



Gambar 16. Pola Retak pada Benda Uji TS - 3



Gambar 17. Pola Keruntuhan pada Benda Uji TS - 5

#### 4.3 Secara Analitik

SNI-03-2847-2002 ketentuan kekuatan tegangan geser beton ( $V_c$ ) untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur :

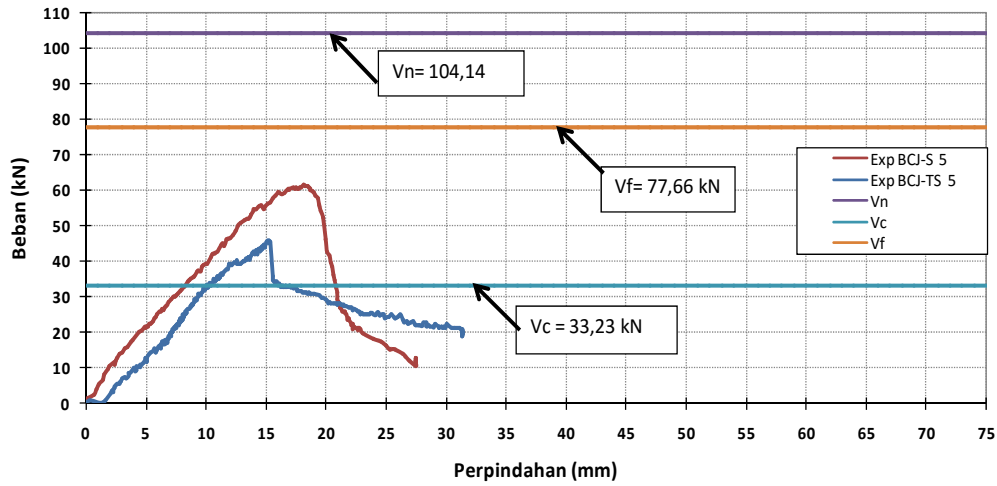
$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana :  $f_c'$  = Kuat tekan beton (Mpa),  $b_w$  = Lebar balok (mm),  $d$  = Tinggi efektif balok.

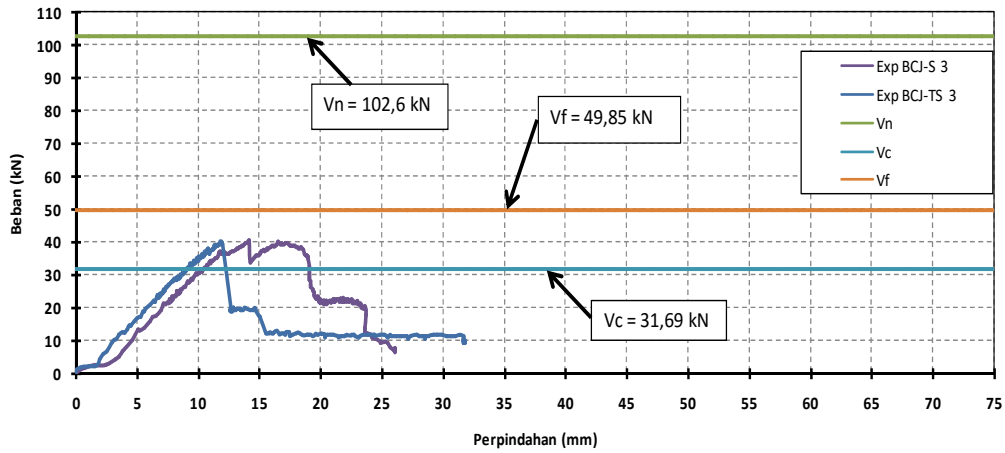
Atau dengan menggunakan persamaan yang lebih terperinci sebagai berikut:

$$V_c = (\sqrt{f_c'} + 120 \cdot \rho_w \cdot \frac{d}{a}) \frac{b_w \cdot d}{7}$$

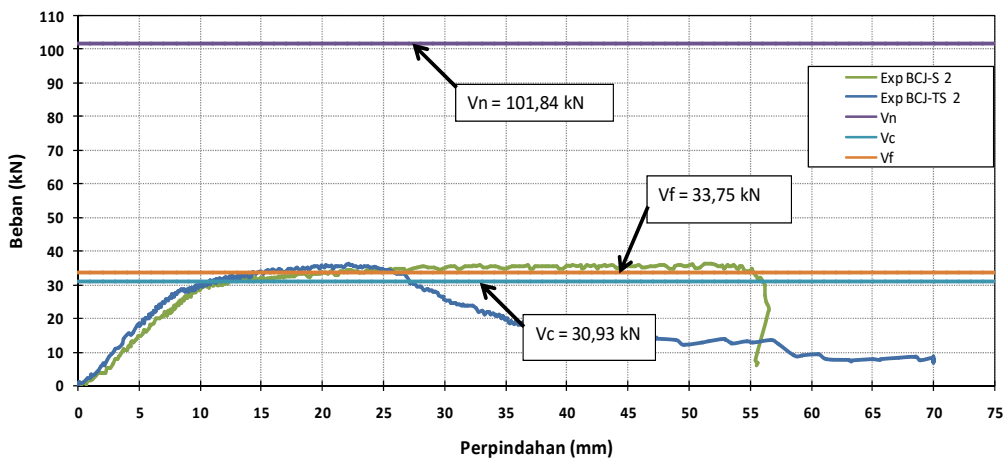
Dimana :  $V_c$  = gaya geser (N),  $f_c'$  = kuat tekan beton ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),  $b_w$  = lebar efektif penampang balok (mm),  $\rho_w$  = rasio tulangan lentur dengan luas penampang balok,  $a$  = jarak beban ke perletakan (mm).



Gambar 18 Perbandingan Grafik Beban vs Perpindahan BCJ-S 5 dan BCJ-TS 5



Gambar 19 Perbandingan Grafik Beban vs Perpindahan BCJ-S 3 dan BCJ-TS 3



Gambar 20 Perbandingan Grafik Beban vs Perpindahan BCJ-S 2 dan BCJ-TS 2

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan yang telah dibahas pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh adanya variasi rasio tulangan dapat meningkatkan kapasitas baloknya, baik pada pakai sengkang maupun tanpa sengkang. Dimana BCJ-S 5 adanya peningkatan kapasitasnya sebesar 25,49% dari BCJ-TS 5, sedangkan BCJ-S 3 dengan BCJ-TS 3 dan BCJ-S 2 dengan BCJ-TS 2 yang tidak begitu menunjukkan peningkatan yang signifikan.
2. Balok tanpa sengkang tidak mencapai kapasitas lentur penampangnya, karena balok terlebih dahulu mengalami keruntuhan geser. Keruntuhan geser terjadi pada balok tanpa sengkang yang ditandai oleh terbentuknya retak diagonal yang dominan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Dept. PU. 1991. "SK SNI T-15-1991-03: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung". Yayasan LPMB. Bandung.
- Dept. PU. 2002. "SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung". Yayasan LPMB. Bandung.
- Ekaputri, M., 2012, "Studi Analitik Tentang Kekuatan Geser Sambungan Balok-Kolom Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Monotonik dengan Metode Elemen Hingga Nonlinier (ATENA)". Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Kaku, T. and Asakusa, H., 1991, "Ductility Estimation of Exterior Beam-Column subassemblages in RC Frames, "Design of Beam – Column Joints For Seismic Resistance, SP-123, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., pp 379-400.
- Morita, S., and Kaku, T. 1984, "Slippage of Reinforcement in Beam – Column Joint of Reinforced Concrete Frame, "Proceedings of the eighth. World Conference on Earthquake Engineering, Vol. VI, pp. 477-484.
- MacGregor, J.G., "Reinforced Concrete Mechanics and Design ", Prentice-Hall 1997
- McCormac, Jack C., 2004, Desain Beton Bertulang (Diterjemahkan Oleh Sumargo, PhD), Erlangga, Jakarta.
- Nawy, Edward G (1998), Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar. PT Refika Aditama. Bandung.
- Park, R., Paulay, T., (1975), "Reinforced Concrete Structure", John Wiley & Sons, New York.
- Thamrin, R. et.all. 2011. "Eksperimental Study on Diagonal Shear Cracks of Concrete Beams without Stirrups Longitudinally Reinforced with GFRP Bars". fib Symposium Prague, Juni. ISBN 978-80-87158-29-6
- [www.detiknews.com/read/2009/09/30/174632/1212113/10/usgs-catat-kekuatan-gempa-79-sr](http://www.detiknews.com/read/2009/09/30/174632/1212113/10/usgs-catat-kekuatan-gempa-79-sr)
- [www.lauwtjunji.weebly.com/besi-tulangan--parameter.html](http://www.lauwtjunji.weebly.com/besi-tulangan--parameter.html)
- [www.perjalananharianku.blogspot.com](http://www.perjalananharianku.blogspot.com)