



ANALISIS PERLAKUAN JOINT BALOK KOLOM TERHADAP BEBAN SIKLIK DENGAN PENAMBAHAN SENGGANG PADA JOINT SESUAI SK SNI T-15-1991-03

M. Zardan Araby*, Samsul Rizal, Mochammad Afifuddin, Abdullah Abdullah

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: zardan_araby@unsyiah.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article History:</i> Received 30 November 2020 Accepted 25 March 2021 Online 29 June 2021 <i>Keywords:</i> Beam-column joint Cyclic load Ductility	Joint beam-columns are the main structural components that function to support other structural loads. The beam-column relationship area is a critical area that needs to be designed to be truly accurate so that it can dissipate energy properly well in the event of an earthquake happen. As a structural component with the role and function, column joint beams occupy important positions in the building. The ability of column joint beams to deform cyclic loads in the inelastic region provides a good structure, so as to minimize damage caused by earthquake shaking. The failure of column joint beams directly affects other structural components associated with it. The purpose of this study was to study the ability of building structures on concrete column beam joint elements to resist cyclic load with reinforcement reinforcement in accordance with SK SNI T-15-1991. Test specimens amounted to 1 (one) with a concrete quality of 19.17 MPa. The beam measuring 120 x 30 x 40 cm, column measuring 30 x 30 x 200 cm using reinforcement 8, 13.4 mm with a melting voltage (fy) 310,03 MPa and stirrup reinforcement Ø9.8-100 mm with melting stress (fy) 374,59 MPa. The test was carried out by giving a cyclic load to the end of the beam with 0.75 mm, 1.5 mm, 3 mm, 6 mm, 12 mm, 24 mm and monotonic loading, until the specimen was destroyed. The results achieved in this study are the use of reinforcement reinforcement according to SK SNI T-15-1991-03 the capacity of the cyclic load produced is higher, namely 6,97 tf (press) and 5.09 tf (tensile).

©2021 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Joint balok kolom merupakan komponen struktur utama yang berfungsi mengikat beban-beban struktur lainnya yang merupakan beban siklik terhadap *joint* balok kolom tersebut. Sebagai komponen struktur dengan peran dan fungsi tersebut *joint* balok kolom menempati posisi penting dalam bangunan. Kegagalan pada *joint* balok kolom akan berpengaruh langsung pada komponen struktur lain yang berhubungan dengannya. Perencanaan struktur *joint* balok kolom harus dilakukan secara cermat agar dapat memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi untuk komponen struktur lainnya, sehingga jika terjadi kerusakan pada suatu bangunan diharapkan kolom masih dapat menyangga komponen struktur lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kemampuan struktur bangunan pada elemen *joint* balok kolom beton bertulang dalam menahan beban siklik dengan konfigurasi tulangan sesuai dengan SK SNI T-15-1991. Hasil dari penelitian ini dapat diaplikasikan pada bangunan-bangunan lama yang

menggunakan peraturan SK SNI T-15-1991 yang telah mengalami kerusakan pada *joint* dapat ditemukan solusi terbaik untuk diperbaiki tanpa harus menghancurkan bangunan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Daktilitas

Faktor daktilitas terkait dengan besarnya *displacement* sebelum keruntuhan (*failure*) terjadi, suatu faktor penting untuk perencanaan struktur dengan pembebanan tak terduga atau sukar di prediksi seperti gempa atau angin. Daktilitas diperlukan pada elemen beton bertulang untuk menciptakan struktur yang relatif kuat menahan beban gempa tetapi ekonomis (*earthquake resistant building*) (Pawirodikromo, 2013). Daktilitas menunjukkan kemampuan struktur dalam menahan pengaruh deformasi akibat kondisi pembebanan yang berlebihan.

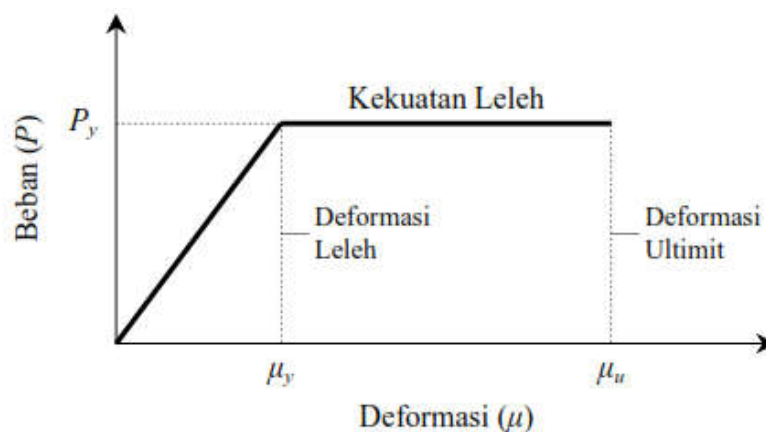
Menurut Paulay dan Priestly (1975), daktilitas merupakan kemampuan struktur atau sub-struktur untuk menahan respon inelastik yang dominan dalam memikul beban agar tidak runtuh. Secara matematis, nilai daktilitas (μ) struktur didefinisikan sebagai perbandingan antara suatu parameter deformasi rencana maksimum struktur (μ_u) dengan deformasi pada saat terjadinya leleh pertama pada struktur yang ditinjau (μ_y). Gambar 1 menunjukkan parameter deformasi yang umum dikenal adalah kurvatur (*curvature*), putaran sudut (*rotational*), regangan (*strain*) dan perpindahan (*displacement*). Besarnya daktilitas diidentifikasi sebagai *displacement ductility* faktor μ , dan perhitungannya menggunakan persamaannya berikut:

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (1)$$

Menurut Paulay dan Priestly (1975), macam-macam daktilitas antara lain adalah:

- Daktilitas regangan (*strain ductility*, μ), merupakan perbandingan regangan maksimum dengan regangan saat leleh, pada balok yang mengalami pembebanan aksial tarik atau tekan.

$$\mu_\epsilon = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y} \quad (2)$$



Gambar 1. Definisi μ dari Daktilitas

Sumber: Oscar (2009)

- Daktilitas kelengkungan (*curvature ductility*) merupakan perbandingan sudut lengkungan (*angle of curvature*) maksimum dengan sudut kelengkungan leleh elemen struktur akibat momen lentur.

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} \quad (3)$$

- Daktilitas rotasi (*rotational ductility*), merupakan perbandingan antara putaran sudut maksimum sendi plastis terhadap putaran sudut leleh.

$$\mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y} \quad (4)$$

- d. Daktilitas perpindahan (*displacement ductility*), merupakan perbandingan perpindahan (deformasi) maksimum struktur (arah lateral) dalam kondisi *post-elastic* terhadap perpindahan (deformasi) struktur saat leleh.

$$\mu_{\delta} = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (5)$$

2.2 Balok

Menurut Ristanto dkk (2016), balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Balok juga merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Menurut Pawirodikromo (2013), beton memiliki sifat rangkai yang terjadi apabila beton dibebani secara tetap dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu, pada balok beton dikenal adanya istilah *short-term (immediate) deflection* dan *long-term deflection* yang membuat lendutan.

2.3 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. SK-SNI-T15-1991-03 (1991) mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi *lateral* terkecil.

2.4 Perencanaan Desain Tulangan Geser Balok dan Kolom Menurut SK-SNI-T15-1991

Perencanaan desain menurut SK-SNI-T15-1991-03 (1991) menggunakan metode kuat batas (*ultimate strength design*). Penampang struktur direncanakan dengan mempertimbangkan kondisi regangan inelastis saat mencapai kondisi batasnya (kondisi struktur yang stabil saat sebelum runtuh). Pada perencanaan ini beban yang bekerja dikalikan faktor beban yang disebut beban terfaktor. dari beban terfaktor ini, dimensi struktur direncanakan sedemikian rupa sehingga didapat penampang yang pada saat runtuh besarnya lebih kecil sedikit dari kuat batas runtuh sesungguhnya. Kekuatan pada saat runtuh disebut kuat batas ultimit dan beban yang bekerja disebut beban ultimit. Kuat rencana penampang diperoleh dari perkalian kuat nominal/teoritis dengan faktor kapasitas.

2.5 Perencanaan Tulangan Geser Balok

Menurut SK-SNI-T15-1991-03 (1991), penulangan geser adalah usaha untuk menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mampu mencegah bukaan retak lebih lanjut. Untuk komponen struktur yang menahan geser, kemampuan beton untuk menahan gaya geser dihitung dengan Persamaan sebagai berikut:

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_w \cdot d \quad (6)$$

Batas faktor pengali dan V_c dihitung dengan Persamaan:

$$V_c \leq \left(0.30 \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_w \cdot d \quad (7)$$

Kuat geser yang disediakan oleh tegangan geser dihitung dengan Persamaan:

$$V_s \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (8)$$

$$V_s \leq 0.66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (9)$$

Dasar-dasar perencanaan tulangan geser adalah sebagai berikut:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (10)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (11)$$

$$V_u \leq \phi (V_c + V_s) \quad (12)$$

Jarak spasi tulangan geser dihitung dengan dengan persamaan:

$$\text{Untuk sengkang vertikal} = S_{\text{perlu}} = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (13)$$

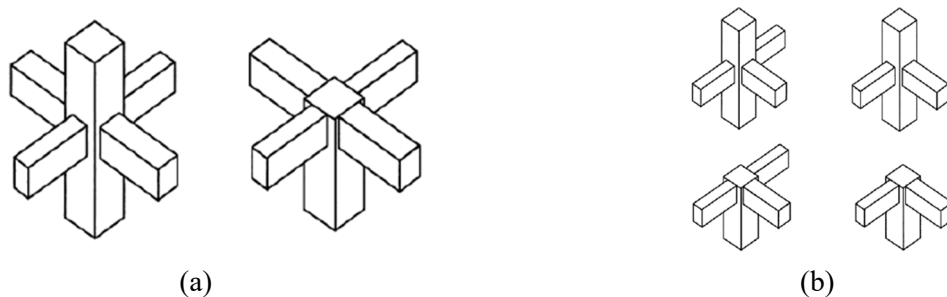
$$\text{Untuk sengkang vertikal} = S_{\text{perlu}} = (1.414) \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (14)$$

2.6 Perencanaan tulangan geser kolom

Menurut SK-SNI-T15-1991-03 (1991), jarak spasi tulangan sengkang tidak lebih dari 16 kali diameter tulangan pokok memanjang, 48 kali diameter tulangan sengkang, dan dimensi terkecil kolom. Tulangan sengkang harus dipasang dan diatur sedemikian rupa sehingga sudut-sudutnya tidak bengkok dengan sudut lebih besar dari 135° . Diameter tulangan geser minimum 10 mm.

2.7 Syarat-Syarat Pengikatan (Bond Requirement)

Wang dan Salmon (2002), Gaya lentur yang terjadi pada balok dan kolom menyebabkan gaya tensi ataupun gaya tekan pada tulangan longitudinal melalui joint. Pada sendi plastis, besarnya gaya tensile disalurkan melalui ikatan. Terdapat dua jenis yang bisa digunakan untuk menggambarkan ikatan antara kolom dan balok seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Interior Joint; (b) Eksterior Joint

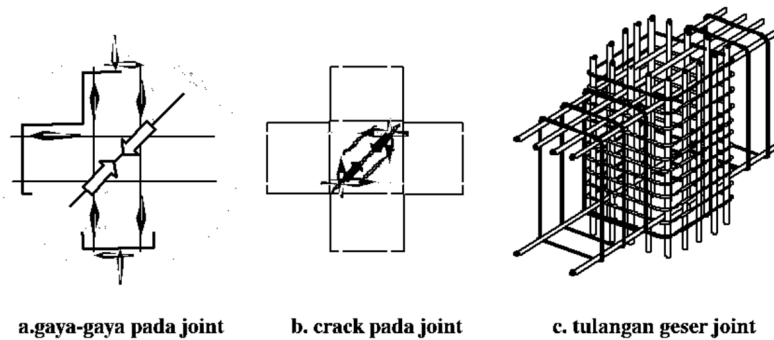
Sumber: Wang dan Salmon, 2002

2.8 Perilaku Balok dan Kolom Beton Mutu Normal Yang Diberi Beban Eksentrik

Kajian literatur menunjukkan bahwa sebagian besar pengetahuan tentang perilaku kekuatan dan daktilitas balok dan kolom beton mutu normal diketahui melalui eksperimen kolom yang dibebani secara konsentrik, sedangkan perilaku kolom bila diberi beban eksentrik belum banyak diketahui. Beban eksentrik memiliki karakter yang sangat berbeda dengan beban konsentrik, karena beban eksentrik memberikan tambahan momen atau meningkatkan strain gradient ada komponen struktur yang dikekang, sehingga sangat mempengaruhi kinerja atau perilaku kekuatan dan daktilitas penampang tersebut.

2.9 Kegagalan Joint Kolom – Balok

Menurut Widyawati (2009), retak awal (*first crack*) hubungan balok kolom terjadi pada saat beton telah melampaui regangan tarik maksimumnya akibat pembebanan. Setelah terjadi retak awal, maka kuat tarik beton maupun kuat geser beton akan bernilai nol, sehingga tulangan longitudinal maupun tulangan sengkang akan mengambil alih tugas beton untuk menahan gaya tarik maupun gaya gesernya. Pola kegagalan hubungan balok-kolom dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 3. Pola Retak Hubungan Balok-Kolom
Sumber: Ristanto, dkk (2016)

Berdasarkan Gambar 3 pola retak awal untuk benda uji hubungan balok kolom beton dimulai dengan retak rambut pada *joint*, kemudian retak geser mulai menyerang *joint*. Kerusakan cenderung terjadi pada *joint* sehingga terjadi kegagalan struktur pada *joint* itu sendiri. Oleh sebab itu perlu adanya pengekanan yang sesuai pada daerah *joint* hubungan tersebut.

Indonesia adalah daerah yang rentan terhadap bencana gempa bumi; oleh karena itu, bangunan tahan gempa adalah diperlukan untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan. Salah satu ciri bangunan tahan gempa adalah memiliki desain yang memadai pada sambungan balok-kolom. Secara umum, ketika kekuatan besar terjadi selama gempa bumi, sambungan rusak parah. Sambungan kolom-balok harus dirancang untuk menahan efek gempa. Oleh karena itu anggota lentur yang berdekatan (balok dan kolom) dapat mengembangkan kapasitas tidak elastis untuk mengurangi energi seismik tinggi.

Desain seismik berfokus pada keuletan suatu kerangka sebagai struktur utama untuk menahan gaya lateral. Kondisi ini ditentukan oleh bagian struktural, terutama balok dan kolom. Karena itu, sambungannya harus daktail sampai balok dan kolom mencapai beban kapasitas. Selama deformasi balok inelastis dan kolom elastis, deformasi besar akan terjadi yang mengakibatkan kerusakan. Kekuatan ini efeknya disebut sendi plastik. Rotasi inelastik menyebar di area tertentu. Ketika sendi mengalami inelastis rotasi, kapasitas daktilitas ditransfer ke sambungan sehingga kerusakan pada sambungan akan terjadi secara substansial dan harus dihindari. Pembentukan sendi plastik diharapkan, jika ada kerusakan struktural terjadi. Dengan demikian, sangat penting dalam desain seismik bahwa kerusakan sendi plastik terjadi pada balok daripada di kolom.

Selama gempa bumi horizontal, momen dan gaya geser yang bekerja pada balok dan kolom bangunan rangka menghasilkan gaya internal-vertikal dan horizontal pada permukaan inti sambungan. Gaya internal menghasilkan resultan yang bekerja pada inti sambungan, baik tegangan tarik diagonal atau tekan. Tegangan tarik diagonal dangaya tekan menghasilkan retak dan hancurnya inti beton. Jika tahan geser pada inti sambungan adalah tidak cukup, akan ada kegagalan di sepanjang diagonal inti sambungan. Desain sambungan balok - kolom geser baja beton bertulang (SRC) berkontribusi banyak pada desain sambungan di bawah beban seismik.

Penggunaan penampang H di Kolom SRC menghasilkan kekuatan yang jauh lebih besar bila dibandingkan dengan penampang flensa yang lebar. Ketika dibandingkan dengan sambungan beton bertulang konvensional, kekuatan sambungan SRC lebih signifikan dan menghasilkan lebih besar isipasi energi. Dengan menggunakan teknik superposisi, kekuatan geser sambungan balok-kolom SRC adalah a kontribusi kekuatan geser longitudinal pada web, flens arah longitudinal, dan beton bertulang.

2.10 Bebab Siklik

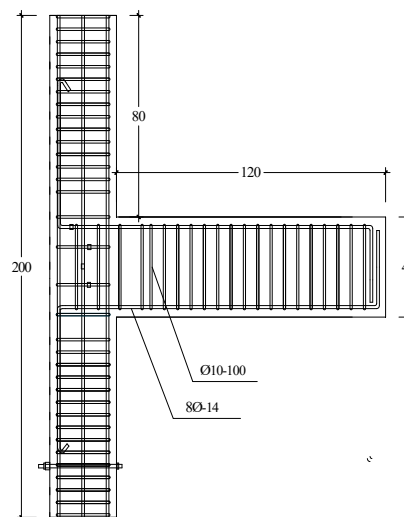
Akibat beban siklik (bolak balik) yang terus menerus akan terjadi penurunan kapasitas daya tekan batang yang bisa mencapai 50% dari kapasitas awalnya bahkan cukup hanya dengan sebuah beban siklik

kuat saja. Beban siklik atau *cyclic load* adalah pembebanan berulang, seperti tekanan berulang yang teratur pada suatu bagian, yang kadang-kadang menyebabkan fraktur kelelahan (*fatigue*). Beban siklik dapat di artikan sebagai beban gempa yang bekerja pada gedung bertingkat secara bolak balik (2 arah). Karena dalam kondisi nyata sebagian besar sistem struktur bersifat non linear sampai taraf tertentu. Sehingga, dalam analisa beban siklik dilakukan dengan Analisa dinamik non linear.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Detail Benda Uji Joint Balok dan Kolom

Benda uji yang akan direncanakan adalah elemen balok dan kolom beton bertulang berdasarkan pada peraturan PBI-1971, SK SNI T-15-1991 dan SNI-2847-2013 dengan kolom berukuran 30 x 30 x 200 cm dan 30 x 40 x 120 cm untuk balok. Benda uji dibuat berdasarkan kebutuhan penelitian, yaitu benda uji untuk pengujian kapasitas beban siklik pada *joint* balok kolom beton bertulang. Benda uji yang direncanakan terdiri dari beton bertulang normal dengan agregat halus, agregat kasar, besi tulangan dan air. Tulangan utama yang digunakan 8Ø14. Tulangan Senggang menggunakan baja Ø10-100 mm. Lebih jelas bentuk dan detail benda uji *joint* balok kolom dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Penampang Benda Uji

3.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

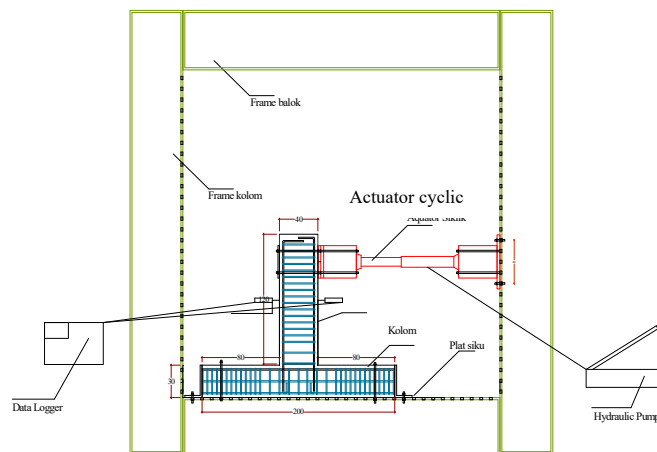
Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan detail benda uji yang telah direncanakan. Agregat maksimum yang digunakan berdiameter 19,1 mm yang telah dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisis berupa analisa saringan, berat jenis, berat volume dan penyerapan air. Benda uji dihubungkan dengan plat besi berukuran 30 x 30 x 1,5 cm. Plat besi ini diikat dengan baut ke balok *frame* dan tumpuan lain menahan beban dari *load cell*. Benda uji yang telah dirangkai selanjutnya ditempatkan pada bekisting yang telah dipersiapkan untuk selanjutnya dicor. Setiap pengecoran benda uji juga dibuat benda uji silinder sebanyak 3 (tiga) sampel untuk kontrol mutu perencanaan. Selama pengecoran dilakukan, beton segar yang telah dituang ke dalam bekisting digunakan *vibrator* supaya beton segar terdistribusi secara merata dan padat. Setelah 24 jam pengecoran, bekisting dibuka dan dilakukan perawatan dengan goni basah sampai beton berumur 28 hari.

3.3 Prosedur Pengujian Benda Uji Joint Balok Kolom

Pengujian dilakukan saat benda uji berumur 28 hari. Pengujian benda uji balok kolom dilakukan bersamaan dengan benda uji silinder. Kapasitas beban siklik yang akan diperhitungkan adalah kuat tekan beban yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan benda uji silinder. Sebelum dilakukan pengujian,

permukaan benda uji di cat warna putih dan digambar *grid* terlebih dahulu, agar memudahkan menggambar pola retak yang dihasilkan. Benda uji dipasang secara kaku pada balok *frame*. Pada permukaan ujung bidang balok dipasangkan plat baja dua arah, yang dihubungkan dengan baut, plat diikat ke *load cell* untuk selanjutnya diberi beban siklik yang diinginkan. Beban diberikan horizontal terhadap ujung balok. Beban horizontal diberikan oleh dongkrak hidran (*hydraulic jack*) yang terhubung dengan *load cell* dan diteruskan ke benda uji balok kolom. Beban yang diberikan dikontrol dengan membaca *dial* pada data *logger*. Perbebanan dilakukan secara siklus dan setiap siklus dibaca beban serta digambarkan pola retak yang timbul. Beban diberikan hingga benda uji hancur. Pada sisi samping balok dipasang *transducer* untuk membaca defleksi dalam arah lateral.

Regangan yang terjadi pada *joint* balok kolom dibaca oleh *Portable Data Logger* yang telah dihubungkan pada *strain gauge*. Pembebanan dihentikan pada saat beban tidak lagi meningkat akibat benda uji tidak mampu menerima beban sehingga benda uji mengalami retak dan hancur. Pola perkembangan retak dimonitor pada setiap saat dengan membuat gambar retak yang terjadi pada kolom sesuai dengan besar beban yang diberikan. Rangkaian alat tes dan pemasangan benda uji pada rangka baja (*frame*) secara detail disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Set Up Pengujian Benda Uji *Joint* Balok Kolom

3.4 Pengolahan Data

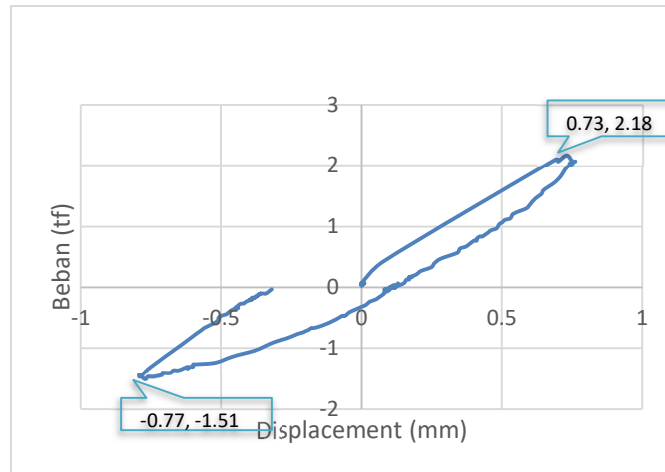
Pengolahan data dilakukan berdasarkan dari hasil pengujian beban siklik *Joint* balok kolom bertulang. Data yang diolah berupa pola retak *joint* balok kolom, kapasitas beban siklik *joint* balok kolom, *displacement* dan regangan beton, regangan tulangan utama pada daerah *joint* balok kolom dan tulangan sengkang. Data yang dihasilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Berdasarkan data tersebut diharapkan dapat diambil suatu kesimpulan kapasitas yang dihasilkan *joint* balok kolom jika diberikan beban siklik, sehingga dapat direncanakan perbaikan jika kapasitas tidak mencukupi atau terjadi kerusakan, tanpa harus merobohkan bangunan tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Beban Siklik

Beban maksimum yang dicapai oleh benda uji *joint* balok kolom adalah sebesar 6,97 tf beban tekan terjadi pada *displacement* 24 mm dan beban tarik sebesar 5,09 tf. Data tersebut dijadikan grafik beban siklik yang terjadi pada benda uji tersebut. Grafik beban siklik yang terjadi pada perpindahan 0,75 mm, 1,5 mm, 3 mm, 6 mm, 12 mm, 24 mm, dan monotonik diperlihatkan Gambar 6.

Pada grafik Gambar 5 diperlihatkan bahwa beban terus bertambah seiring dengan bertambahnya *displacement*. Saat kondisi maksimum terjadi kehancuran patah dan retak pada daerah *joint* yang mengakibatkan beban berkurang selama bertambahnya *displacement*.



Gambar 6. Grafik Pembebanan balokm kolom berdasarkan SK-SNI-T15-1991

4.2 Pola Retak Joint Balok Kolom

Pengujian terhadap benda uji *joint* balok kolom memperlihatkan pola retak yang relatif berbentuk horizontal pada tumpuan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7 dan 8 berikut.



Gambar 7. Pola Retak beban Tekan (-), 24



Gambar 8. Pola Retak beban Tarik (+), 24 mm

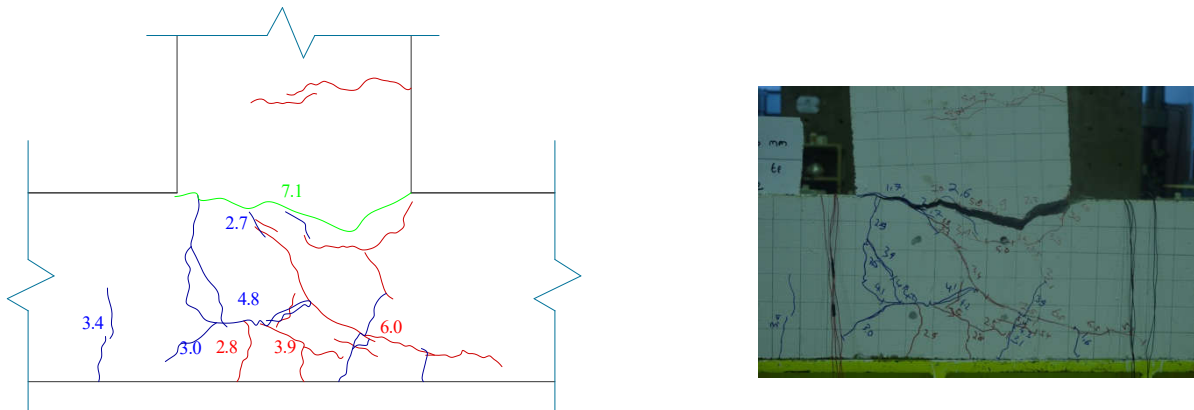
4.3 Pembebana Monotonik

Pada pembebanan monotonik, retak terjadi pada daerah sekitaran *joint* balok kolom, yaitu terjadi terus semakin melebar. Retakan terbesar terjadi pada daerah tumpuan balok yang telah menyatu dan terus membesar seiring dilakukannya pembebanan Untuk lebih jelas ragam pola retak yang terjadi pada pembebanan monotonik adalah pada Gambar 9.

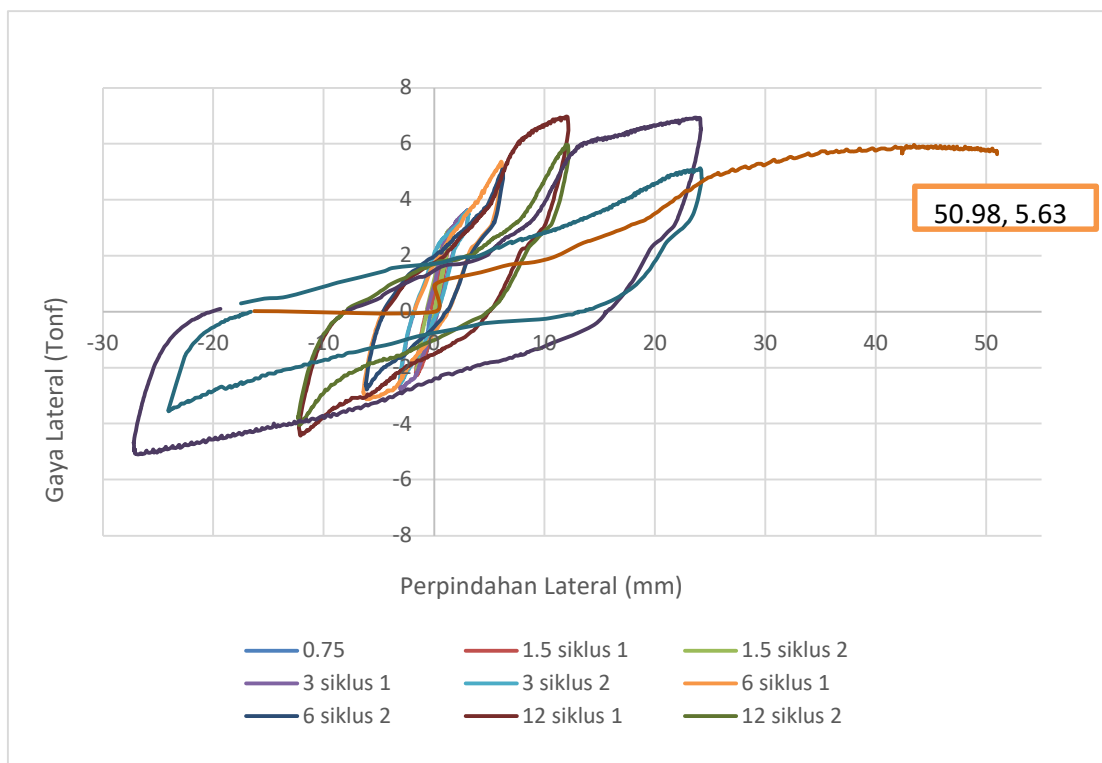
Retakan yang lebih besar terjadi pada titik sambungan balok dengan kolom. Hal ini disebabkan kapasitas geser balok kolom dan sambungan sudah diperkuat dengan Sengkang sehingga yang menjadi titik lemah adalah kapasitas lentur.

4.4 Beban dan Perpindahan Lateral Benda Uji Balok dan Kolom

Grafik hubungan beban dan perpindahan didapatkan dari data beban dan perpindahan hasil pengujian lateral siklik pada joint. Nilai perpindahan lateral maksimum pada benda uji yaitu sebesar 50,98 mm didapatkan dari LVDT 1 yang terletak di tengah-tengah sisi kiri balok. Grafik perilaku struktur terhadap beban siklik dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Pola Retak Pembebanan Monotonik.

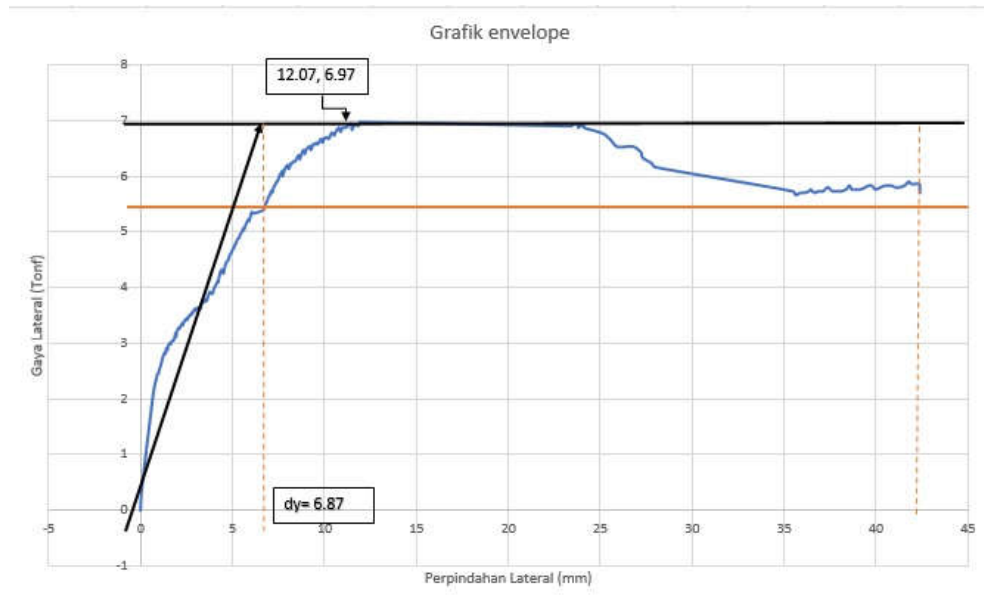


Gambar 10. Kurva Histeritik Perilaku Struktur Terhadap Beban Siklik

4.5 Daktilitas Struktur

Daktilitas struktur diperoleh dari envelope grafik hubungan beban dan perpindahan. Daktilitas struktur dihitung berdasarkan Persamaan 1 s.d 5. Grafik envelope beban dan perpindahan dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11 menunjukkan perpindahan ultimit (du) sebesar 50,99 mm. Nilai perpindahan leleh (dy) berdasarkan grafik envelope beban dan perpindahan sebesar 6,87 mm. Nilai Daktilitas pada Benda Uji dapat dilihat pada table 1.



Gambar 11. Grafik *envelope* beban dan perpindahan

Tabel 1. Nilai Daktilitas pada Benda Uji

Benda Uji	Disp Maks d_{maks} (mm)	Disp Ultimit d_u (mm)	Disp Yield d_y (mm)	Daktilitas d_u / d_y
SNI91	50,99	50,99	12,07	4,22

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan tulangan sengkang daerah *joint* balok kolom dapat meningkatkan nilai kapasitas beban siklik.
2. Kapasitas beban siklik yang diperoleh pada saat beban maksimum sebesar 6,97 tf (tolak), 5,09 tf (tarik).
3. *Displacement* yang diperoleh pada saat beban maksimum sebesar 50,98 mm.
4. Penurunan kekakuan *secant* balok kolom yang diperoleh sebesar 0,09 dengan *displacement* sebesar 23,93 mm.
5. Siklus pembebanan energi disipasi terbesar terjadi pada beban 24 mm. Nilai energi disipasi terbesar sebesar 13,25. Keberadaan sengkang pada *joint* dapat meningkatkan disipasi energi pada *joint* dengan memberi kekakuan pada *joint*.

5.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan dan dilanjutkan mengenai analisis perlakuan *joint* balok kolom dengan panjang penyaluran tulangan terhadap benda uji yang telah gagal dapat dilakukan uji perbaikan sambungan balok kolom yang telah rusak sehingga data yang didapatkan dari penelitian tersebut dapat diaplikasikan dan dapat memberikan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI-59R-97. 1997. *State of Art Report on Ferrocement*. America Concrete Institute, USA.
- Wang, C. K., dan Salmon, C. G. 1991. *Disain Beton Bertulang*. Jilid 1, Edisi Keempat, Terjemahan Daniel Setiawan, Erlangga.

- Oscar, F. N. 2009. Analisa Pengaruh Penambahan Tulangan Tekan Terhadap Daktilitas Kurvatur Balok Beton Bertulang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 5, No. 1, Universitas Andalas, Sumatera Barat.
- PBI-1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I-2*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Park, R., dan Paulay, T. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons.
- Pawirodikromo, W. 2013. *Analisis tegangan Bahan*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Ristanto, E., Suyadi, S. dan Irianti, L. 2016. Analisis joint balok kolom dengan metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(3), pp.521-540.
- SK-SNI-T-15-1991-03. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung
- Widyawati, R. 2009. Keruntuhan Lentur Balok Pada Struktur Joint Balok-Kolom Beton Bertulang Eksterior Akibat Beban Siklik. *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 13(3), pp.285-290.