

PERKUATAN BALOK KONSOL TERHADAP GESER MENGUNAKAN CARBON FIBER WRAP

Immanuel Panusunan Tua Panggabean¹⁾, Valentana Ardian Tarigan²⁾

^{1,2)} Universitas Quality, Jl. Ngumban Surbakti No.18, Kota Medan

Email : nuelgabe@gmail.com

Abstrak

Struktur Bangunan terutama bangunan gedung selalu dimodifikasi oleh desainer atau perancang bangunan tersebut saat pekerjaan berlangsung. Perubahan yang dilakukan umumnya selalu mengakibatkan adanya tambahan beban yang berlebih dari rencana awal terhadap bagian struktur. Bagian struktur yang ditinjau pada penelitian ini adalah struktur balok konsol pendek yang diberikan penambahan beban secara bertahap dari target beban rencana. Balok konsol dibuat menggunakan material beton bertulang dan dibentuk dengan membentuk plat pondasi dan kolom dari beton bertulang sebagai struktur pembentuk pengikat dari balok tersebut. Pengujian dilakukan setelah Balok Benda Uji melewati umur Beton 28 (dua puluh delapan) hari dan diberi beban bertahap sampai keruntuhan geser terjadi. Balok konsol kemudian diperkuat dengan bahan *carbon fiber wrap* dan dilakukan perawatan kembali akibat penggunaan *epoxy* atau bahan adhesif untuk perekat *carbon fiber wrap* dengan beton bertulang. Pengujian dilakukan lagi dengan menambah beban bertahap pada struktur yang mengalami kegagalan dan sudah diperkuat dengan *carbon fiber wrap*. Pengujian dilakukan sampai Benda Uji mengalami kegagalan atau mengalami keruntuhan. Hasil dari Penelitian menyimpulkan bahwa pada struktur konsol pendek yang didesain berukuran penampang 100 mm x 200 mm yang mengalami kegagalan geser juga mengalami kegagalan geser pada kolomnya. Kenaikan kekuatan Balok konsol pendek setelah diperkuat dengan *Carbon Fiber Wrap* sebesar 83% untuk Benda Uji 1 dengan tulangan Sengkang ϕ 6-150 dan kenaikan 85% untuk benda uji 2 dengan tulangan Sengkang ϕ 6-100.

Kata kunci : Balok Konsol, Keruntuhan Geser, Carbon Fiber Wrap

Abstract

Building structures, especially buildings, are always modified by the designer or building designer during the work. Changes that are made generally always result in an additional excess load from the initial plan on the structural members. The structural part reviewed in this study is a short console beam structure which is given a gradual increase in the load from the target load plan. Console beams are made using reinforced concrete material and formed by forming foundation plates and columns of reinforced concrete as a binding structure for these beams. The test is carried out after the specimen blocks have passed 28 (twenty eight) days of concrete and are given gradual loads until shear failure occurs. The console beam is then reinforced with carbon fiber wrap and is re-treated due to the use of epoxy or adhesive material for carbon fiber wrap adhesive with reinforced concrete. The test was carried out again by adding a gradual load to the failed structure reinforced with carbon fiber wrap. The test is carried out until the specimen fails or collapses. The results of this study conclude that the short console structure which is designed with a cross section size of 100 mm x 200 mm which experiences shear failure also experiences shear failure in its column. The increase in the strength of the short console beam after reinforced with Carbon Fiber Wrap is 83% for

Test Object 1 with stirrup reinforcement ϕ 6-150 and an increase of 85% for test object 2 with stirrup reinforcement ϕ 6-100

Keywords: *Console Beams, Shear Failure, Carbon Fiber Wrap*

PENDAHULUAN

Penggunaan carbon fiber wrap sebagai bahan perkuatan struktur, belum banyak diteliti tetapi penggunaannya terus berkembang sehingga pengujian secara eksperimen harus sering dilakukan untuk pencapaian hasil yang optimal. Latar belakang dari penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang berjudul “Kajian eksperimental kuat tekan beton benda uji silinder dikekang dengan bahan carbon fiber wrap”.

Penggunaan carbon fiber wrap sangat disukai karena pelaksanaannya yang mudah dan tidak merubah bentuk secara signifikan dari sisi dimensinya. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau perilaku keruntuhan geser yang terjadi pada struktur bangunan diperkuat dengan bahan *carbon fiber wrap* dalam pemodelan benda uji yang dibentuk dan kemampuan bahan untuk menaikkan kemampuan struktur.

Permasalahan yang diamati pada penelitian ini adalah Keruntuhan Geser pada balok harus dibentuk terlebih dahulu sebelum dilakukan perkuatan, dan beban rencana harus dianikkan secara bertahap dengan menggunakan *hydraulic jack* sampai hitungan beban 80% dari perhitungan analitis tercapai.

Pola keruntuhan geser harus diplot untuk memastikan bahwa keruntuhan yang terlebih dahulu terjadi adalah keruntuhan geser daripada keruntuhan lentur. Penggunaan *carbon fiber wrap* belum banyak diteliti untuk perkuatan balok konsol sehingga penelitian ini dapat mengamati perilaku perkuatan balok konsol yang mengalami keruntuhan geser.

Penelitian dilakukan bertujuan untuk:

1. Mengamati kenaikan beban ultimit pada akibat perkuatan dengan *carbon fiber wrap*.
2. Mengamati pola runtuh geser yang terjadi sebelum diperkuat.
3. Mengamati mekanisme keruntuhan yang terjadi akibat perkuatan dengan bahan carbon fiber wrap.
4. Mengamati lendutan pada masing-masing tahapan pembebanan sebelum dan sesudah perkuatan dengan *carbon fiber wrap*.

Penelitian ini akan menghasilkan pengetahuan perkuatan bagian struktur beton bertulang dengan menggunakan bahan dari *carbon fiber wrap*. Kemampuan *carbon fiber wrap* untuk memberikan kekuatan tambahan dalam memikul geser. Pola keruntuhan yang terbentuk dari model uji sebelum dan sesudah diperkuat merupakan bahan kajian yang juga diamati dalam penelitian ini.

Penggunaan tinjauan pustaka penelitian ini merupakan pustaka yang digunakan pada penelitian sebelumnya dan penggunaan material pabrikan yaitu carbon fiber wrap pada benda uji silinder mempunyai karakteristik material Modulus Elastisitas 230.000 MPa, *Tensile Strength* 4.900 MPa dan Elongation 1,7%. Jenis Material *Carbon Fiber Wrap* yang digunakan SIKA Wrap 231-C dan Epoxy yang digunakan SIKADUR 330.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, melakukan eksperimental kuat tekan beton pada benda uji silinder dikekang dengan bahan carbon fiber wrap, **Panggabean, dkk (2019)**, pada beton bertulang dan meneliti kenaikan daktilitas balok beton bertulang **Utami, dkk (2016)**. Juga penelitian dengan jenis bahan yang sama tetapi bentuk plat

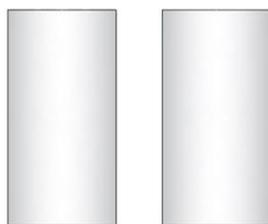
dilakukan dengan memperkuat balok yang sudah retak dan meneliti kenaikan kapasitas dari balok tersebut pasca dilapis dengan plat carbon fiber **Panggabean (2014), Tarigan (2014).**

Penggunaan jenis wrap untuk kenaikan lentur balok beton bertulang **Kharatmol,dkk (2014)** Penelitian terhadap kekuatan menahan gaya geser balok **Alferjani,dkk (2013).** Penggunaan wrap pada balok dengan menggunakan material baja **Dewobroto, dkk (2012).**

METODE PENELITIAN

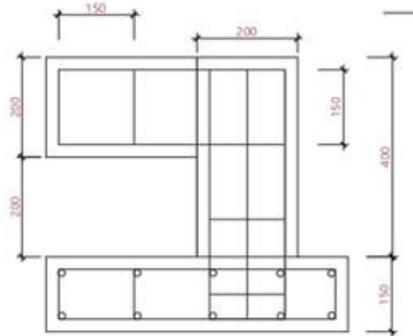
Penelitian menggunakan perhitungan analitis untuk menentukan dimensi Benda Uji termasuk persiapan alat *Hydraulic Jack*, yang digunakan sebagai beban yang dapat dinaikkan besarnya secara bertahap. Mutu beton yang digunakan sebagai parameter pada pengujian digunakan bersumber dari data pengujian kuat tekan Benda Uji silinder seperti pada. Benda Uji Balok konsol sebanyak 2 (dua) buah.

Benda Uji Silinder yang digunakan berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.



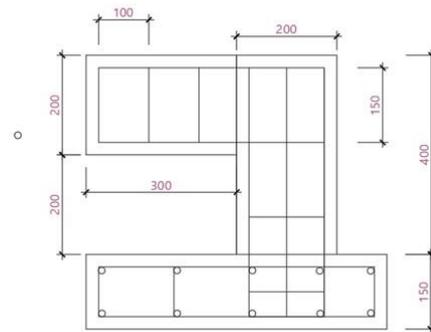
Gambar 1 Benda Uji Silinder

Model Balok konsol dimensi 100 mm x 200 mm dengan sengkang ϕ 6-150 dibentuk seperti Gambar 2.



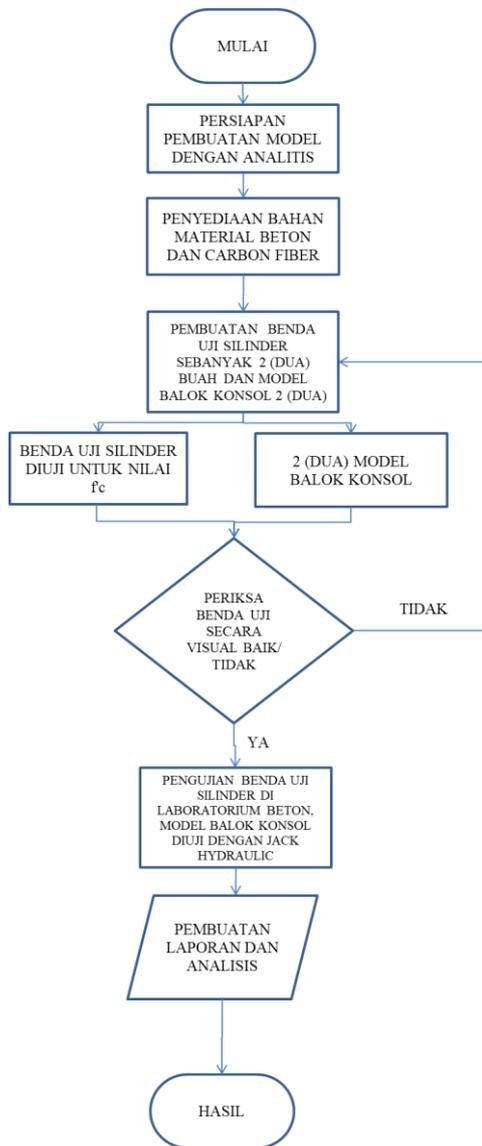
Gambar 2. Model Penulangan Balok Konsol

Balok konsol dimensi 100 mm x 200 mm dengan sengkang ϕ 6-100 dimodelkan seperti Gambar 3.



Gambar 3. Model Penulangan Balok Konsol

Bagan Alir Penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, menunjukkan tahapan pelaksanaan penelitian mulai dari tinjauan analitis dan pelaksanaan pengujian dari benda uji silinder dan balok konsol pendek yang diberi beban bertahap.



Gambar 4. Bagan Alir Peneliiian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder.

Kuat tekan beton yang digunakan sebagai dasar mutu kuat tekan beton rencana diambil dari rata-rata pengujian Benda Uji Silinder pada Tabel 1, menjadi sebesar 21 MPa.

Tabel 1. Kuat Tekan Benda Uji Silinder

No	Uraian	Kuat Tekan $f'c$ (MPa)
1	Benda Uji Silinder 1	23,11
2	Benda Uji Silinder 2	18,94

Perhitungan analitis kuat geser penampang beton dengan dimensi lebar 100 mm dan tinggi 200 mm, menghasilkan kapasitas kuat geser nominal/ kapasitas geser beton, dihitung dari rumus persamaan kapasitas $Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ dengan kuat tekan beton rencana $f'c$ sebesar 21 MPa, sebesar 15,3 kN \approx 1,56 Ton. Penggunaan koefisien reduksi ϕ sebesar 0,75, maka diperoleh kapasitas penampang geser ijin penampang sebesar 1,20 Ton.

Perhitungan analitis kuat geser yang menggunakan tulangan geser sengkang $\phi 6-100$ mm pada penampang beton dengan dimensi lebar 100 mm dan tinggi 200 mm, menghasilkan kapasitas kuat geser nominal/ kapasitas geser, dihitung dari persamaan $Vs = Av \cdot fy \cdot d/s$ dengan tegangan leleh baja sengkang fy 240 MPa, sebesar 27,14 kN \approx 2,77 Ton. Penggunaan koefisien reduksi ϕ sebesar 0,75, maka diperoleh kapasitas penampang geser ijin penampang sebesar 2,10 Ton.

Perhitungan analitis kuat geser menggunakan tulangan geser sengkang $\phi 6-150$ mm pada penampang beton dengan dimensi lebar 100 mm dan tinggi 200 mm, menghasilkan kapasitas kuat geser nominal/ kapasitas geser, dihitung dari persamaan

$Vs = Av \cdot fy \cdot d/s$ dengan tegangan leleh baja sengkang fy sebesar 240 MPa, sebesar 18,10 kN \approx 1,84 Ton. Penggunaan koefisien penampang ϕ sebesar 0,75, maka diperoleh kapasitas penampang geser ijin penampang sebesar 1,38 Ton.

Perhitungan analitis untuk dimensi balok 100 mm x 200 mm dengan kuat tekan beton rencana $f'c$ 21 MPa, kapasitas geser ultimit untuk penggunaan geser sengkang $\phi 6-100$ mm sebesar 4,32 Ton dan untuk penggunaan geser sengkang $\phi 6-150$ mm sebesar 3,40 Ton.

Pengujian Balok Konsol

Pengujian balok konsol dengan sengkang $\phi 6-150$ mm dengan penambahan beban dengan kenaikan interval 0,50 Ton, retak terlihat jelas pada pembebanan 3 Ton atau 80% dari beban ultimit. Seperti terlihat pada Tabel 2. dan Gambar 6.

Tabel 2. Hubungan Beban dengan Lendutan Balok dengan sengkang $\phi 6-150$ mm.

No	Beban (Ton)	Lendutan Δ (mm)
1	0	0
2	0,5	0,02
3	1,0	0,09
4	1,5	0,21
5	2,0	0,61
6	2,5	1,31
7	3,0	3,25

Tabel 2, pada pembebanan 2,5 Ton – 3 Ton, terlihat penambahan lendutan yang signifikan dibandingkan dengan pembebanan sebelumnya.



Gambar 6. Pola Runtuh Pengujian balok konsol dengan sengkang $\phi 6-150$ mm

Tabel 3. Hubungan Beban dengan Lendutan Balok dengan sengkang $\phi 6-100$ mm

No	Beban (Ton)	Lendutan Δ (mm)
1	0	0.00
2	0.5	0.05
3	1.0	0.10
4	1.5	0.22
5	2.0	0.40
6	2.5	0.93
7	3.0	1.52
8	3.5	3.50

Pengujian balok konsol dengan sengkang $\phi 6-100$ mm dengan penambahan beban dengan kenaikan interval 0,5 Ton, balok mengalami retak terlihat jelas pada pembebanan 3,5 Ton atau 80% dari beban ultimit. Seperti terlihat pada Tabel 3. dan Gambar 7.



Gambar 7. Pola Runtuh Pengujian balok konsol dengan sengkang $\phi 6-100$ mm

Tabel 3, pada pembebanan 3,0 Ton – 3,5 Ton, terlihat penambahan lendutan yang signifikan dibandingkan dengan pembebanan sebelumnya.

Hal tersebut menunjukkan bahwa sudah terjadi perubahan fase elastis menuju fase plastis, fenomena yang sama dengan yang terdapat pada benda uji balok konsol dengan sengkang $\phi 6-150$ mm.

Balok konsol yang telah dibebani sampai >80% dari beban ultimit, diperkuat kembali dengan menggunakan *carbon fiber wrap* pada bidang retak.

Perawatan setelah pemasangan *carbon fiber wrap* dilakukan selama 7 hari, sebelum pengujian kembali dilaksanakan. Pengujian kembali pada balok konsol yang telah diperkuat dengan *carbon fiber wrap*, dilakukan dengan menambah beban pada *hydraulic jack* setiap 0,5 Ton.

Balok konsol yang menggunakan sengkang $\phi 6-150$ mm mengalami keruntuhan pada beban 5,5 Ton. Seperti terlihat pada Tabel 4. dan Gambar 8

Tabel 4. Hubungan Beban dengan Lendutan Balok dengan Sengkang $\phi 6-150$ mm setelah diperkuat *Carbon Fiber Wrap*

No	Beban	Lendutan
----	-------	----------

	(Ton)	Δ (mm)
1	0	0
2	0,5	0,07
3	1,0	0,66
4	1,5	0,80
5	2,0	0,96
6	2,5	1,25
7	3,0	1,71
8	3,5	2,19
9	4,0	3,23
10	4,5	8,01
11	5,0	10,63
12	5,5	14,85

Beban yang dapat dipikul balok konsol setelah diperkuat bertambah dari perhitungan analitis kapasitas geser ultimit berdasarkan perhitungan analitis 3,4 Ton sebesar 2,1 Ton, dan berdasarkan pengujian dari 3,0 Ton menjadi 5,5 Ton atau mengalami kenaikan 83%.



Gambar 8. Pola keruntuhan pada pengujian balok konsol dengan sengkang $\phi 6-150$ mm

Balok konsol yang menggunakan sengkang $\phi 6-100$ mm mengalami keruntuhan pada beban 6,5 Ton. Seperti terlihat pada Tabel 5. dan Gambar 9.

Tabel 5. Hubungan Beban dengan Lendutan Balok dengan Sengkang

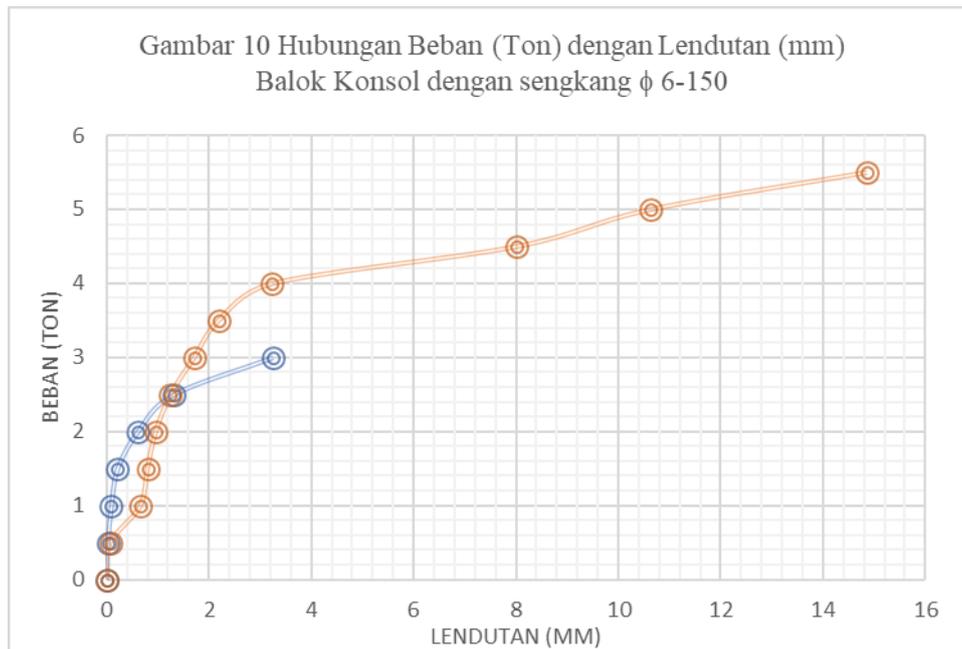
$\phi 6-100$ mm setelah diperkuat *Carbon Fiber Wrap*

No	Beban (Ton)	Lendutan Δ (mm)
1	0	0
2	0,5	0,07
3	1,0	0,20
4	1,5	0,42
5	2,0	0,65
6	2,5	0,97
7	3,0	1,22
8	3,5	1,57
9	4,0	1,92
10	4,5	2,21
11	5,0	2,70
12	5,5	3,90
13	6,0	5,24
14	6,5	7,21

Beban yang dapat dipikul balok konsol setelah diperkuat bertambah dari perhitungan analitis kapasitas geser ultimit berdasarkan perhitungan analitis 4,3 Ton sebesar 2,2 Ton, dan berdasarkan pengujian dari 3,5 Ton menjadi 6,5 Ton atau mengalami kenaikan 85%.

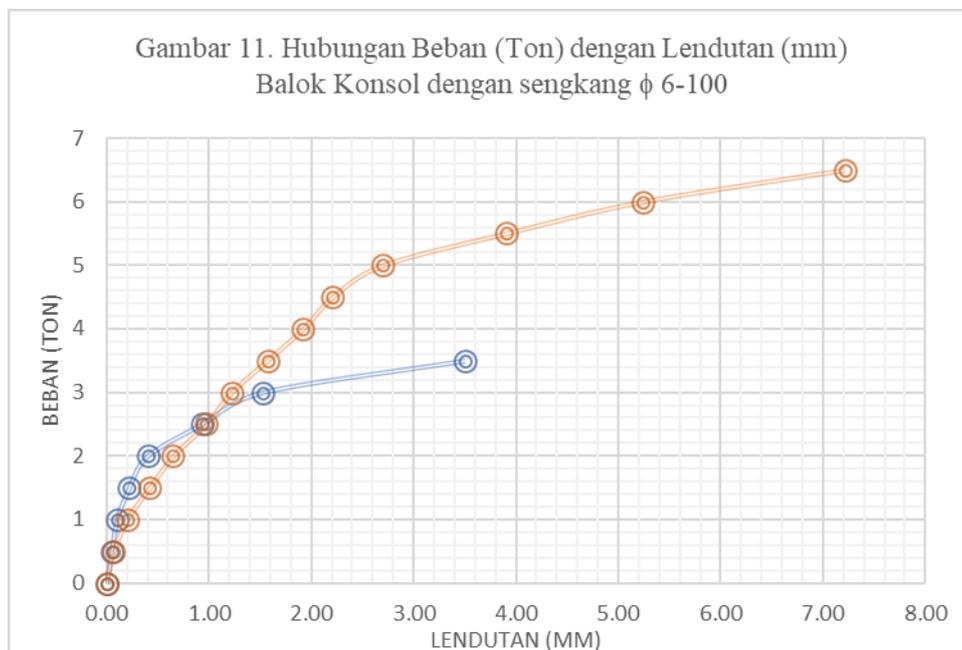


Gambar 9. Pola Runtuh Pengujian balok konsol dengan sengkang $\phi 6-100$ mm



Gambar 10. Hubungan Beban (Ton) dengan Lendutan (mm) menunjukkan penggunaan *carbon fiber wrap*, menunjukkan bahwa pada pembebanan 4 Ton masih menunjukkan masih

pada pola fase elastis, dibandingkan dengan sebelum diperkuat, balok konsol pada pembebanan 2,5 Ton sudah memasuki pola plastis.



Gambar 11. Hubungan Beban (Ton) dengan Lendutan (mm) menunjukkan penggunaan *carbon fiber wrap*, menunjukkan bahwa pada pembebanan 5,0 Ton masih menunjukkan masih pada pola fase elastis, dibandingkan

dengan sebelum diperkuat, balok konsol pada pembebanan 3,0 Ton sudah memasuki fase plastis.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Hasil dari Penelitian menyimpulkan bahwa pada struktur konsol pendek yang didesain berukuran penampang 100 mm x 200 mm yang mengalami kegagalan geser juga mengalami kegagalan geser pada kolomnya. Kenaikan kekuatan Balok konsol pendek setelah diperkuat dengan *Carbon Fiber Wrap* sebesar 83% untuk Benda Uji 1 dengan tulangan Sengkang ϕ 6-150 dan kenaikan 85% untuk benda uji 2 dengan tulangan Sengkang ϕ 6-100 terhadap beban yang ditambahkan pada pengujian balok konsol sebelum diperkuat dengan *carbon fiber wrap*.
2. Keruntuhan yang terjadi pada kedua benda uji balok konsol sebelum diperkuat dengan *carbon fiber wrap* terjadi pada kolom.
3. Keruntuhan pada benda uji balok konsol dengan sengkang ϕ 6-150 mm terjadi dengan bentuk bahwa tidak terjadi kenaikan lagi pada bacaan *dial hydraulic jack*, sementara pada benda uji balok konsol dengan sengkang ϕ 6-100 mm terlepasnya *carbon fiber wrap* pada kolom.
4. Lendutan yang terjadi pada balok konsol dengan sengkang ϕ 6-150 mm polanya menunjukkan fase plastis pada penambahan beban mulai 2,5 Ton, sedangkan pada balok konsol dengan sengkang ϕ 6-100 menunjukkan fase plastis pada penambahan beban mulai pada beban 2 Ton. Perbedaan terletak pada balok konsol dengan sengkang ϕ 6-100, menunjukkan fase plastis yang lebih Panjang daripada balok konsol dengan sengkang ϕ 6-150 mm.

Ucapan terimakasih Kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset Dan Pengembangan Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas Bantuan Dana Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Panggabean, I.P.T., Tarigan, V. A, (2019), Kajian eksperimental kuat tekan beton benda uji silinder dikekang dengan bahan carbon fiber wrap, Jurnal Juitech 3 (2), 36-43, <http://www.portaluniversitasquality.ac.id:5388/ojssystem/index.php/JUITECH/article/view/256>
- Utami, S.R.L, Nuroji, Antonius (2016) Pengaruh Pembalutan *Carbon Fiber Wrap (CFW)* terhadap Daktilitas Balok Beton Bertulang, Inersia, XII(2), 140-155.
- Panggabean, I.P.T, (2014) Kajian Eksperimental dan Numerik Perkuatan Balok dengan menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer dengan Beban Lentur Murni Jurnal Rekayasa Struktur dan Infrastruktur, VIII, (2) 28-39.
- Tarigan, V. A, (2014) Kajian Eksperimental dan perkuatan geser konsol balok dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer Jurnal Rekayasa Struktur dan Infrastruktur, VIII, (2) 40-48.
- Kharatmol, R., Sananse, P., Tambe, R., Khare.R.J. (2014) *Strengthening of Beams using Carbon Fiber Reinforced Polymer*, *International Journal Emerging Engineering Research and Technologies IJEERT* 2 (3), 119-126.
- .Alferjani, M. B. S, Samad, A.A., Blkasem, Elrayaf, S., Mohamad, N. Mohamad, Hilton. M., Saiah, A. A. S. (2013) *Use of Carbon Fiber Reinforced Polymer Laminate for strengthening Reinforced concrete beams in shear : A review*, *International Refeered Journal of Engineering and Sciences IRJES* 2 (2), 45-53.
- Dewobroto, W., Hidayat L., Wijaya T. (2012) Pengaruh Konfigurasi Wrapping Fiber Reinforced Polimer (FRP) terhadap kinerja hasil retrofit Balok Pipa Baja Pembalutan *Carbon Fiber Wrap (CFW)* terhadap Daktilitas Balok Beton Bertulang, Konteks 6, MB 65- MB 76.