

EFEKTIFITAS SERAT TALI BENESER TERHADAP PERILAKU LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Anggun T. Atmajayanti, Dinar G. Jati, Rikar Paledung

Program Studi Teknik Sipil
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
e-mail: anggun@staff.uajy.ac.id

Abstract: The case study of bending behavior of reinforced concrete beams with the addition of fibers was done experimentally. The specimens used are concrete beams (100 x 150 x 1400 mm). The longitudinal reinforcement used is a plain rebar with diameter of 10 mm and for the shear reinforcement used plain rebar with diameter 6 mm. For addition are polypropylene fiber (1.5 x 0.58 x 50 mm). The variation of using fiber are 0%, 0.6%, and 0.9% from the volume of concrete. The result show that load capacity in ultimate condition BN, BS 0.6% and BS 0.9% are 41.293 kN, 39.993 kN, and 44.226 kN. Beam deflection for BN, BS 0.6% and BS 0.9% are 20.239 mm, 17.428 mm, and 16.744. Ductility ratio from BS 0.6% and BS 0.9% are 0.73 and 0.74. Stiffness ratio from BS 0.6% and BS 0.9% to BN are 0.83 and 0.93.

Keywords: fiber, ductility, bending behavior, beam

Abstrak: Studi kasus perilaku lentur balok beton bertulang dengan penambahan serat tali beneser dilakukan secara eksperimental. Benda uji yang digunakan berupa balok. Ukuran penampang benda uji balok adalah 100 mm x 150 mm dengan panjang 1400 mm. Tulangan longitudinal yang digunakan adalah tulangan polos berdiameter 10 mm dan tulangan geser yang digunakan adalah tulangan polos berdiameter 6 mm. Sedangkan serat tali beneser yang digunakan memiliki panjang 50 mm dan ukuran tampang 1.5 mm x 0.58 mm. Variasi benda uji ada 3 dengan masing-masing variasinya dibuat 2 balok dan 3 silinder. Pada variasi pertama digunakan substitusi serat tali beneser 0% dari volume beton. Variasi kedua dengan substitusi serat 0,6% dari volume beton. Variasi ketiga yaitu beton dengan substitusi serat 0,9% dari volume beton. Penambahan serat mampu menambah kapasitas beban dan mampu menahan lendutan lebih baik. Kapasitas beban ultimit dan lendutan BN, BS 0.6% dan BS 0.9% masing-masing 41.293 kN, 39.993 kN, dan 44.226 kN, dengan lendutan sebesar 20.239 mm, 17.428 mm, dan 16.744. Daktilitas BS 0.6% dan Bs 0.9% terhadap BN dengan rasio 0.73 dan 0.74. Kekakuan BS 0.6% dan BS 0.9% terhadap BN sebesar 0.83 dan 0.93.

Kata kunci: serat tali beneser, balok, kapasitas lentur, daktilitas

PENDAHULUAN

Berbagai inovasi beton khusus mulai bermunculan saat ini. Inovasi-inovasi tersebut untuk meningkatkan kapasitas beton sebagai salah satu material yang paling banyak digunakan untuk pembangunan. Salah satu jenis beton khusus adalah beton serat, yang memiliki kelebihan lebih tahan benturan dan lenturan. Jenis-jenis serat yang banyak digunakan adalah *steel fiber*, serat plastik (*polypropylene*), dan serat dari bahan alami.

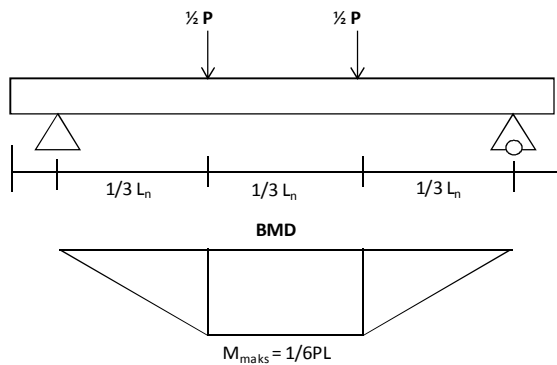
Dalam penelitian ini selain menggunakan inovasi dalam penggunaan material baru sebagai serat, juga memiliki maksud untuk ikut berperan serta dalam gerakan “*Green Construction*” dalam hal ini dengan penggunaan limbah tali beneser yang banyak

menjadi limbah buangan di pasar-pasar maupun tempat *fotocopy*. Limbah tali beneser yang tergolong dalam serat *polypropylene* dimanfaatkan sebagai serat dalam balok beton.

KAPASITAS LENTUR

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (vertikal) maupun beban-beban lain seperti beban angin (horisontal) atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan suhu menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Kapasitas lentur dapat diteliti dengan membebani balok pada dua titik seperti terlihat pada **Gambar 1**. Beban ditingkatkan sampai kondisi balok mengalami keruntuhan lentur, dimana retak utama yang terjadi terletak pada sekitar tengah-tengah bentang. Besarnya

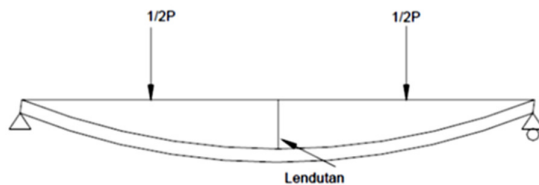
momen akibat gaya pada saat runtuh merupakan kekuatan maksimal balok beton dalam menahan lentur.



Gambar 1. Momen Pada Penampang Memanjang Balok Dengan Pembebanan Dua Titik

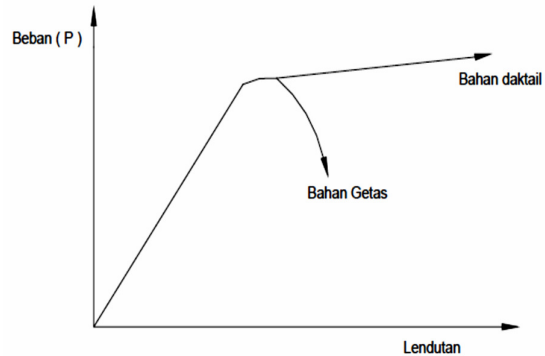
PERILAKU BALOK

Apabila suatu beban menyebabkan munculnya lentur, maka balok pasti akan mengalami defleksi atau lendutan seperti terlihat pada **Gambar 2**. Meskipun sudah dilakukan pengecekan keamanan terhadap lentur dan geser, suatu balok bisa dikategorikan tidak layak apabila terlalu fleksibel. Dengan demikian tinjauan lendutan balok merupakan salah satu bagian dari proses desain (Spiegel dan Linbrunner, 1991)



Gambar 2. Lendutan Balok

Menurut Dipohusodo (1996), lendutan komponen struktur merupakan fungsi dari panjang batang, perletakan dan kondisi ujung batang (batang sederhana, menerus atau jepit), jenis beban (terpusat atau merata) dan kekakuan lentur komponen (*EI*). Park dan Paulay (1975) mengemukakan bahwa hubungan beban-lendutan seperti ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Hubungan Beban-Lendutan (Park and Paulay)

DAKTILITAS

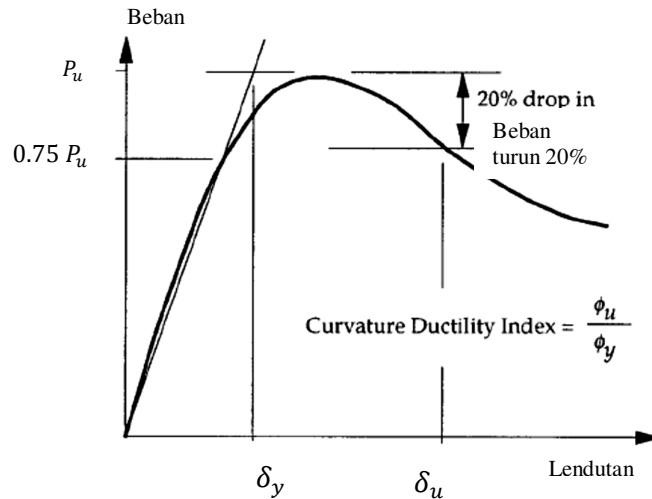
Menurut Park dan Paulay (1975) daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum terjadi keruntuhan. Balok beton bertulang yang daktail akan mengalami lendutan plastis yang cukup besar sebelum mengalami keruntuhan, sehingga hal ini akan memberikan rasa aman yang lebih. Besarnya daktilitas diidentifikasi sebagai *displacement ductility factor* μ , yaitu:

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \tag{1}$$

dimana:

- μ = displacement ductility factor
- δ_u = lendutan ultimit (mm)
- δ_y = lendutan saat leleh (mm)

Penentuan daktilitas perpindahan dapat diilustrasikan berdasarkan idealisasi kurva hubungan beban-lendutan dengan penyesuaian notasi seperti terlihat pada **Gambar 4** (El Tawil dan Deierlein, 1999).



Gambar 4. Hubungan Beban-Lendutan(El Tawil dan Deierlein, 1999).

POLA KERUNTUHAN BALOK

Menurut Nawy (1998) terdapat tiga macam keruntuhan balok tanpa penulangan geser, yaitu:

1. Keruntuhan lentur

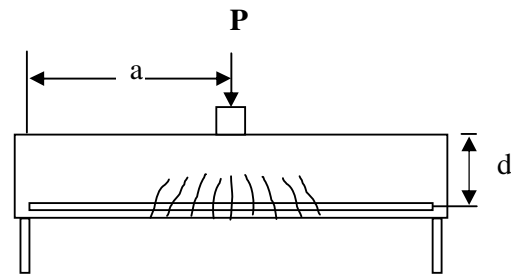
Keruntuhan jenis ini terjadi pada perbandingan a/d lebih besar dari 5,5 untuk beban terpusat dan melebihi 15 untuk beban terdistribusi. Apabila beban terus bertambah, retak awal yang sudah terjadi akan semakin lebar dan panjang, seperti yang terlihat pada **Gambar.5**.

2. Keruntuhan tarik diagonal

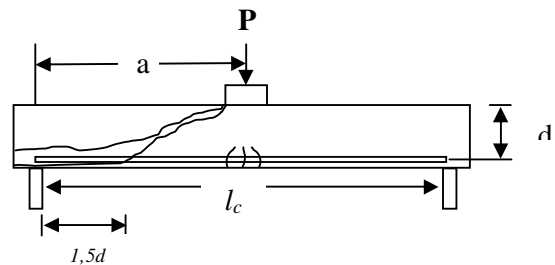
Keruntuhan jenis ini terjadi pada perbandingan a/d bervariasi antara 2,5 dan 5,5 untuk beban terpusat, seperti yang terlihat pada **Gambar 6**.

3. Keruntuhan tekan geser

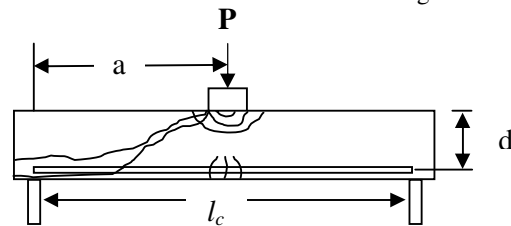
Keruntuhan jenis ini terjadi pada perbandingan a/d antara 1 sampai 2,5 untuk beban terpusat dan kurang dari 5 untuk beban terdistribusi. Keruntuhan ini dimulai dengan timbulnya retak lentur halus vertikal di tengah bentang dan tidak terus menjalar, karena terjadi kehilangan lekatan antara tulangan longitudinal dengan beton disekitar perletakan seperti pada **Gambar 7**



Gambar 5. Keruntuhan Lentur



Gambar 6. Keruntuhan Tarik Diagonal



Gambar 7. Keruntuhan Tekan Geser

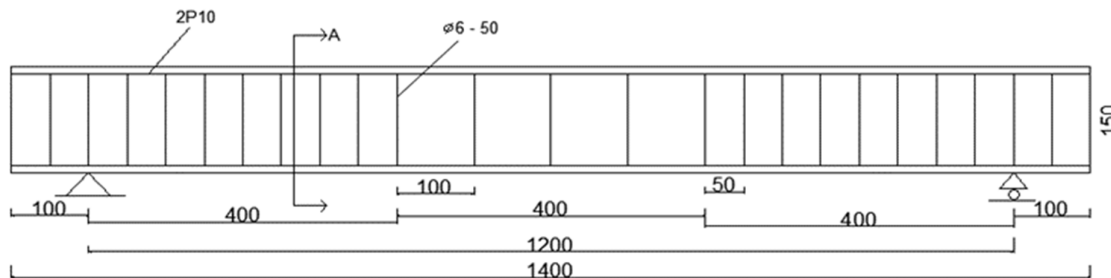
SERAT TALI BENESER

Salah satu jenis serat plastik alternatif yang digunakan untuk bahan tambahan pada beton adalah *polypropylene* (Fiber Plastic Beneser). Jenis plastik yang mempunyai sifat polimer ini, diharapkan dapat berfungsi sama dengan fiber mesh. Dari penjelasan spesifikasi *polypropylene* yang dikeluarkan oleh Master Building Technology (MBT) New Zeland 5 maret 1998 dapat diketahui manfaat yang diperoleh apabila menggunakan *polypropylene* sebagai bahan tambahan dalam campuran adukan beton, antara lain: mencegah retak plastis, mengurangi permeabilitas, menambah ketahanan terhadap abrasi, menambah kapasitas impak, tahan terhadap alkali, memberikan ketahanan terhadap kehancuran, hantaran panas rendah, hantaran listrik rendah, ketahanan terhadap asam dan garam tinggi, absorpsivitas 0% dan tidak berkarat (Felany, 2004).

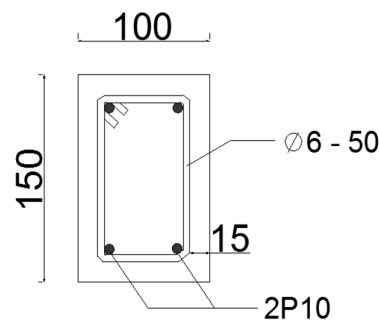
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dibuat benda uji balok dengan ukuran 100 mm x 150 mm x 1400 mm benda uji silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sebagai benda uji pendahuluan untuk mendapatkan nilai kuat tekan. Mutu beton yang direncanakan adalah sebesar 20 MPa Pembuatan benda uji balok menggunakan variasi fiber serat tali beneser yang digunakan adalah (0% ; 0,6% ; 0,9%) dari persentase tersebut dihitung terhadap volume adukan beton. Ukuran serat tali beneser yang digunakan adalah (0.58 x 1.5 x 50 mm).

Detail benda uji balok beton pada penelitian dapat dilihat pada **Gambar. 8**, dan Gambar Detail penampang terlihat pada **Gambar 9**. Selain itu terdapat pula pengujian pendahuluan yaitu berupa kuat tarik tulangan polos diameter 10 mm dan 6 mm.



Gambar 8. Benda Uji Balok



Gambar 9. Detail Penampang Balok

Tabel 1. Spesifikasi Benda Uji Balok

Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Kadar Serat %	Tulangan Utama		Tulangan Sengkang
					Atas	Bawah	
BN	1400	100	150	-	2P10	2P10	P6-50
BS 0.6%	1400	100	150	0.6	2P10	2P10	P6-50
BS 0.9%	1400	100	150	0.9	2P10	2P10	P6-50

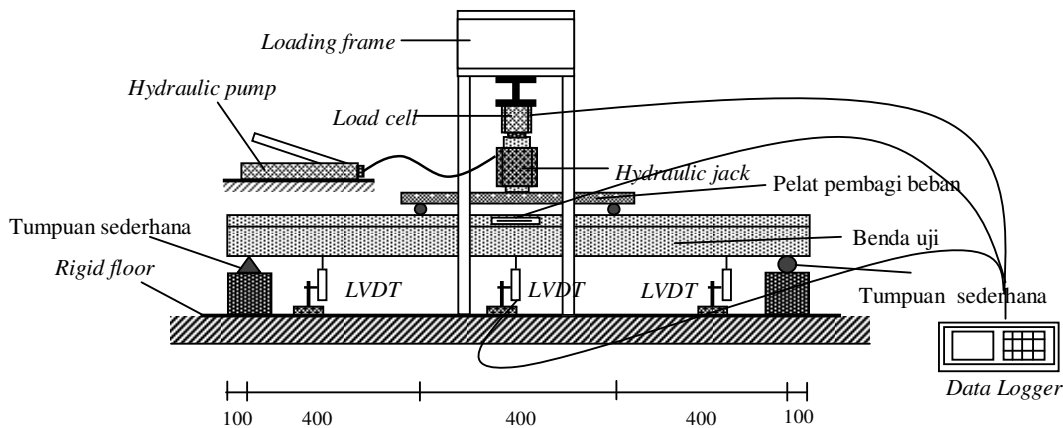
PENGUJIAN

Uji Tekan Silinder Beton dan Tarik Baja

Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari, nilai kuat tekan beton dan nilai hasil pengujian Tarik baja polos diameter 10 mm dan 6 mm yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung modulus elastisitas beton dan untuk memperkirakan beban maksimum pada balok beton.

Pengujian Balok Beton

Balok beton diuji dengan pembebanan 2 titik dengan jarak 400mm antar titik pembebanan. Balok beton dengan tumpuan sederhana sendi – rol. *Setting* pengujian dapat dilihat pada **Gambar 10**. Sebelum melakukan pengujian balok beton, untuk mengetahui pola retak balok beton dibuat grid-grid dengan ukuran 5 x 5 cm. Pembebanan dilakukan dengan bantuan alat *hydraulic jack*. Untuk menghitung lendutan dibantu dengan alat *dial gauge* yang dipasang tepat dibawah betang balok beton.



Gambar 10. Setting Pengujian Balok

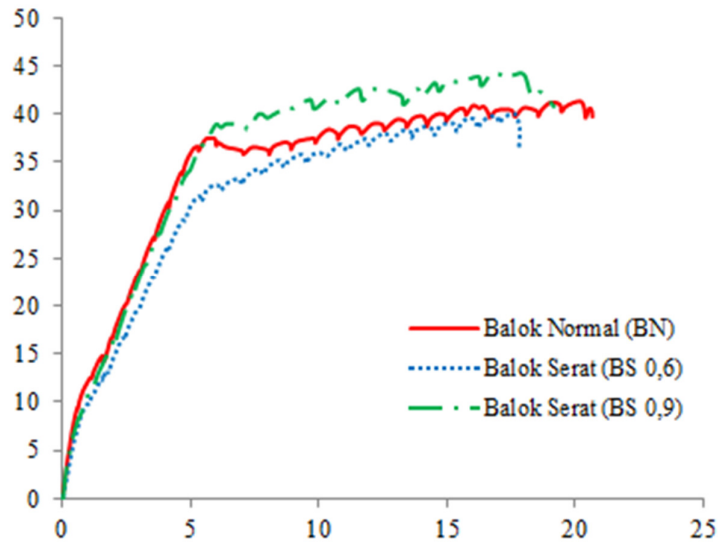
HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta diperoleh nilai beban dan lendutan Kapasitas beban balok dapat

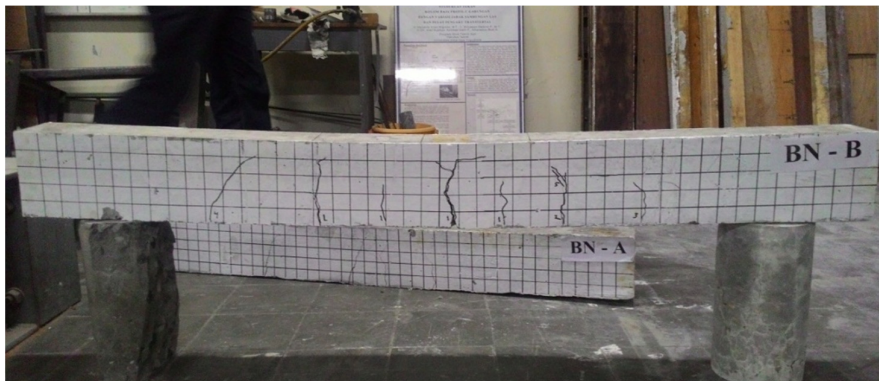
dilihat di **Tabel 2** dan **Gambar 11**. Sedangkan pola retak balok beton pada **Gambar 12** sampai **Gambar 13**.

Tabel 2. Hasil Kapasitas Beban

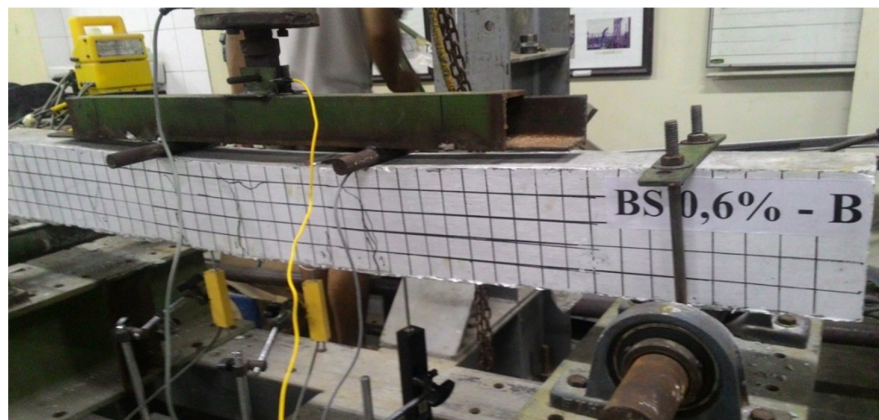
KODE	RETAK PER-TAMA		LELEH		ULTIMIT	
	P_{cr} (kN)	δ_{cr} (mm)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_u (kN)	δ_u (mm)
BN	14.460	1.661	31.239	4.229	41.293	20.239
BS 0,6	16.362	2.264	30.530	4.989	39.993	17.428
BS 0,9	17.373	2.166	33.343	4.727	44.226	16.744



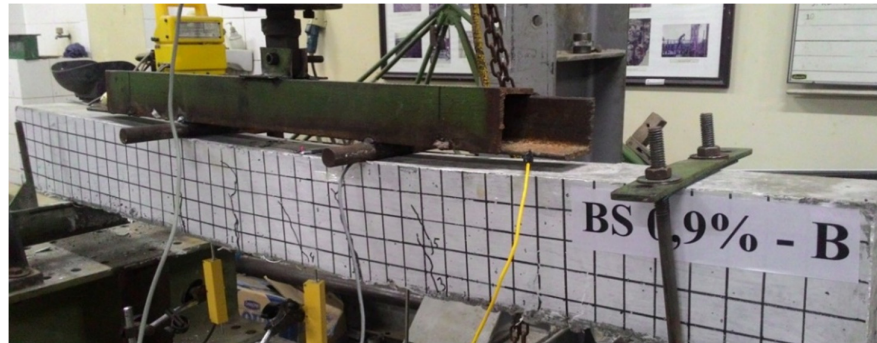
Gambar 10. Setting Pengujian Balok



Gambar 11. Pola retak Balok Beton (BN)



Gambar 12. Pola retak Balok Beton (BS 0.6%)



Gambar 13. Pola retak Balok Beton (BS 0.9%)

Berdasarkan **Tabel 2** diperoleh hasil Balok normal (BN) atau tanpa penambahan serat pada saat *retak pertama* terjadi pada saat beban 14.46 KN dan lendutan sebesar 1.661. Sedangkan pada kondisi yang sama pada Balok beton dengan variasi penambahan serat 0.6 % (BS 0.6%) dan variasi penambahan serat 0,9% (BS 0.9%) mengalami retak pertama masing-masing terjadi pada beban 16.362 KN dan 17.373 KN dengan lendutan masing-masing sebesar 2.264 mm dan 2.166 mm. Namun pada saat pengujian, penentuan balok beton mengalami retak pertama hanya berdasarkan pengamatan secara visual, seharusnya pada saat pengamatan untuk menentukan kondisi retak pertama dilakukan oleh seorang yang professional dan membutuhkan alat bantu lain. Sehingga kondisi retak pertama tersebut masih ada kekurangan, karena menentukan retak pertama dilihat saat sudah ada retakan di balok beton, yang tidak menutup kemungkinan sebenarnya retak pertama sudah terjadi di awal karena retakan tidak dapat dilihat.

Sedangkan pada saat kondisi leleh Balok beton normal (BN) terjadi pada saat beban mencapai 31.239 kN, penurunan beban leleh terjadi pada balok beton (BS 0.6%) dimana terjadi pada saat beban mencapai 30.530 kN, sedangkan peningkatan terjadi pada balok beton (BS 0.9%) dimana beban mencapai 33.340 kN. Pada kondisi ultimit balok beton normal (BN) dimana beban ultimit terjadi pada saat beban 41.293 kN, beban ultimit pada balok beton (BS 0.6%) dan balok beton (BS 0.9%) masing-masing sebesar 39.393 kN dan 44.226 kN. Lendutan yang terjadi pada saat kondisi ultimit untuk BN, BS0.6% dan BS 0.9% adalah masing-masing

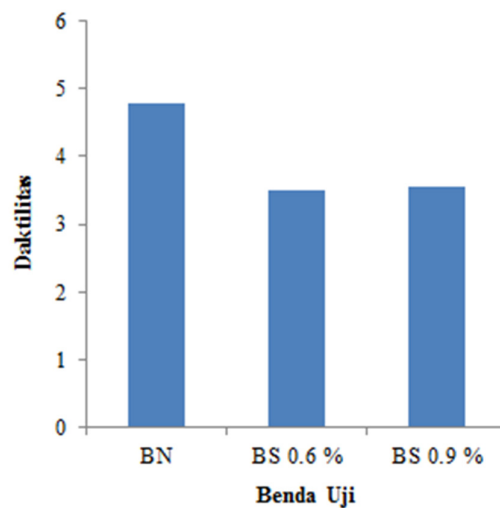
sebesar 20.239 mm, 17.428 mm, dan 16.744 mm.

Jika dilihat dari pola retak semua benda uji terlihat retakan awal terjadi pada tengah bentang baik untuk semua benda uji. Jika dilihat dari pola retakan yang ada dapat disimpulkan bahwa semua balok beton mengalami keruntuhan lentur.

Nilai daktilitas dari hasil pengujian balok beton dapat dilihat dalam **Gambar 14**.

Tabel 3. Daktilitas Balok

Kode	Daktilitas	Rasio
BN	4.79	-
BS 0.6%	3.49	0.73
BS 0.9%	3.54	0.74



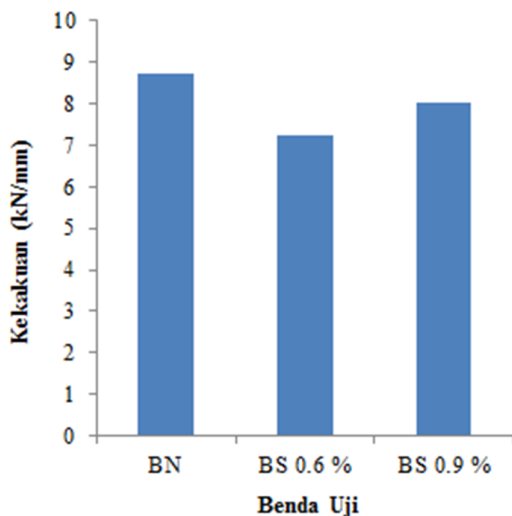
Gambar 14. Daktilitas Benda Uji
 Dari **Tabel 3** terlihat bahwa terjadi penurunan daktilitas untuk balok perkuatan (BP) terhadap

balok kontrol (BK) dengan rasio penurunan sebesar 0,33. MacGregor (1992) mengemukakan bahwa indeks daktilitas berbanding terbalik dengan rasio penulangan tarik, semakin besar rasio penulangan tarik maka indeks daktilitas semakin kecil. Hal berkaitan dengan fungsi bahwa menambah serat seperti menambah penulangan karena menurut Sorosian dan Bayasi (1987) ide dasar dari menambah serat adalah untuk mencegah terjadinya penjaralan retakan-retakan pada beton di daerah tarik akibat pembebanan.

Kekakuan benda uji dapat dilihat di **Tabel 4** dan **Gambar 15**. Dari data yang ada diperoleh penurunan nilai kekakuan BS 0.6% dan BS 0.9% terhadap BN yaitu dengan rasio 0.83 dan 0.92. Lu dan Shi (2007) mengemukakan bahwa kekakuan elemen balok beton bertulang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain karakteristik bahan, lekatan antar bahan-bahan yang berbeda dan kondisi pembebanan

Tabel 4. Kekakuan Balok

Kode	Kekakuan	Rasio
BN	8.70	-
BS 0.6%	7.23	0.83
BS 0.9%	8.02	0.92



Gambar 15. Kekakuan Balok

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa beban retak pertama untuk Balok BN sebesar 14.46 kN, Balok BS-06% dan Balok BS-0.9% mengalami peningkatan pada saat beban retak pertama yaitu 16.362 kN dan 17.372 kN. Semakin banyak penambahan serat, semakin besar beban pada saat retak pertama. Namun untuk lendutan yang terjadi balok BN memiliki lendutan paling kecil dibanding dengan balok BS 0.6 % dan balok BS 0.9%. Namun balok BS 0.9% memiliki lendutan yang lebih kecil dibanding BS 0.6%. Lendutan BN,BS 0.6%, dan BS 0.9% masing-masing adalah 1.661 mm, 2.264 mm, dan 2.166 mm.

Pada kondisi leleh, diperoleh pada beban 31.239 kN, 30.530 kN, dan 33.343 kN masing masing untuk balok beton BN, BS 0.6% dan BS 0.9%. Dari hasil tersebut terlihat beban leleh terbesar dari BS 0.9%, dan diikuti BN, serta BS 0.9%. Lendutan terbesar terjadi pada BS 0.6% sebesar 4.989 mm, lalu lendutan pada BS 0.9% sebesar 4.727 mm, dan BN sebesar 4.229 mm.

Kondisi ultimit pada benda uji balok menunjukkan hasil bahwa beban terbesar oleh BS 0.9% sebesar 41.293 kN, beban ultimit pada BN, dan BS 0.6% masing-masing sebesar 41.293 kN dan 39.993 kN. Pada kondisi ultimit lendutan terkecil terjadi pada balok BS 0.9% sebesar 16.744 mm. Lendutan terbesar terjadi pada balok BN sebesar 20.239 mm. Lendutan BS 0.6% sebesar 17.428 mm. Dilihat dari hasil pada kondisi ultimit tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan serat tali beneser mampu menambah kekuatan dan mampu menambah kemampuan balok untuk menahan lendutan terhadap beban yang diterima.

Daktilitas pada balok BS 0.6% dan balok 0.9% mengalami penurunan terhadap balok BN dengan rasio sebesar masing-masing 0.73 dan 0.74.

Nilai kekakuan balok BS 0.6% dan dan BS 0.9% mengalami penurunan terhadap BN dengan rasio 0.83 dan 0.93.

Pola retak dari semua benda uji balok BN, BS 0.6%, dan BS 0.9 % mengalami kerutuhan len-

tur. Jika dilihat lebih seksama retak yang terjadi pada tengah bentang pada masing-masing balok. Umumnya retakan pada balok BN lebih banyak dibanding dengan balok yang sudah mendapat penambahan serat.

Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu ada penelitian penambahan serat dengan variasi bentuk dan rasio dan variasi volume untuk lebih melihat efektifitas penggunaan serat.

Penyebaran serat tali beneser pada campuran hendaknya ditambahkan sedikit demi sedikit sehingga tidak terjadi penggumpalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta
- El Tawil, S. dan Deierlein, G. G., 1999, *Strength And Ductility Of Concrete Encased Composite Columns*, Journal Of Structural Engineering, Vol. 125. No. 9.
- MacGregor, J. G., 1992, *Reinforced Concrete Mechanics&Design*, Prentice-Hall Inc, New Jersey
- Nawy, E. G., 1998, *Beton bertulang Suatu Pendekatan Dasar, diterjemahkan oleh Bambang Suryoatmojo*, Refika Aditama, Bandung.
- Park, R. dan Paulay, T., 1975, *Reinforced Concrete Structure*, John Wiley & Sons Inc, Canada.
- Spiegel, L. dan Linbrunner, G. F., 1991, *Desain Baja Struktural Terapan*, Penerbit Eresco, Bandung.
- Felany, D., 2004, *Tinjaun Kuat Desak Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Penambahan Serat Tali Beneser*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Soroushian. P. dan Z Bayasi, 1987, *Concept of Fiber Reinforced Concrete*, Dept of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University, Michigan.
- Lu, M. dan Shi, Q., 2007, "The Bend Stiffness Of Crane Beam Strengthened With CFRP Under Monotonic And Fatigue Load Condition" International Journal of Nonlinear Science, Vol. 4, No. 1, pp 44-51