

KARAKTERISTIK HUBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERSEKAT AKIBAT PEMBEBANAN

Rendy Yudha Kurniawan¹ dan Fengky Satria Yoresta^{1*}

¹Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor

*E-mail: syfengky@gmail.com

Received: 20 October 2023

Accepted: 25 December 2023

Published: 31 January 2024

Abstrak

Material beton berserat dapat meningkatkan kinerja karakteristik Hubungan Balok-Kolom. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk, serat sabut kelapa, dan kawat bendrat terhadap kinerja Hubungan Balok-Kolom (HBK) akibat pembebanan. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan benda uji yang digunakan berupa balok-kolom berbentuk T dengan ukuran luas penampang balok (200 x 120) mm dan ukuran luas penampang kolom (120 x 130) mm. Total sampel uji sebanyak 4 buah, sampel uji yang pertama yaitu kontrol yang tidak diberi tambahan serat, dan ketiga sampel uji lainnya diberi perlakuan penambahan serat ijuk, serat sabut kelapa, serta kawat bendrat masing-masing 1% dari volume beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beban tarik maksimum serat tertinggi didapatkan pada sampel uji kawat bendrat yaitu sebesar 21.3 kg. Hasil analisis pengujian HBK beton menunjukkan bahwa sampel uji HBK beton serat sabut kelapa memiliki nilai kemampuan penerimaan beban maksimum dan kekakuan terendah yaitu sebesar 636 kg dan 460 kg/mm. Berbanding terbalik dengan nilai daktilitas dan defleksi maksimumnya, sampel uji HBK beton serat sabut kelapa mengalami peningkatan nilai daktilitas dan defleksi maksimum tertinggi yaitu sebesar 1.77 dan 7.9 mm.

Kata Kunci: Beton Serat, Hubungan Balok-Kolom, Kawat Bendrat, Serat Ijuk, Serat Sabut Kelapa

Abstract

Fibrous concrete material can improve the performance of beam-column connections characteristics. This study aims to determine the effect of addition of palm fibers, coconut fibers, and wire bendrat to the performance of the Beam- Column connection due to loading. The method applied in this study was experimental with test sample used in the form of T-shaped columns with the size of cross section of the beam (200 x 120) mm and the size of the cross-sectional area of the column (120 x 130) mm. Test sample total is 4 pieces, the first test sample is the control which is not given additional fiber, and the other three test samples are given the addition of palm fibers, coconut fibers, and wire bendrat each 1% of the volume of sample. The test results showed that the tensile load maximum fiber highest was obtained in bendrat wire test sample that was 21.3 kg. The result of beam-column connections concrete showed that beam-column connection coconut fibrous concrete test of has maximum acceptance value and lowest rigidity of 636 kg and 460 kg/mm. In contrast to its maximum ductility and deflection value, the beam-column connection concrete coconut fiber test sample increased the highest ductility and maximum deflection value of 1.77 and 7.9 mm.

Keywords: Beam-Column Connection, Coconut Fiber, Fibrous Concrete, Palm Fiber, Bendrat Wire

To cite this article:

Rendy Yudha Kurniawan dan Fengky Satria Yoresta (2024). Karakteristik Hubungan Balok-Kolom Beton Berserat Akibat Pembebanan. *Jurnal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (05), No. 01, pp: 21-30

PENDAHULUAN

Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif, karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan yang kompleks [1]. Keberadaan interaksi antar lempeng-lempeng ini menempatkan Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi [2]. Gempa bumi dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan dan infrastruktur lain. Kerusakan tersebut adalah disebabkan desain dan juga pelaksanaannya yang tidak tepat serta penerapan detailing struktur yang tidak memadai [3].

Sifat beton yang lebih kuat dibandingkan material konstruksi lainnya membuat penggunaan material ini semakin luas ditengah masyarakat. Kelebihan utama dari material ini adalah kuat tekan yang sangat tinggi sehingga sangat cocok digunakan pada konstruksi berat, misal seperti bangunan bertingkat, jembatan, dan dermaga. Meskipun demikian, material beton juga memiliki kelemahan, yaitu nilai kuat tariknya yang rendah. Sifat tersebut dapat diperbaiki yaitu dengan cara menambahkan serat pada campuran betonnya. Menurut ACI Committee 544 [4], beton yang berserat adalah beton yang terbuat dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan juga sejumlah kecil serat yang tersebar secara acak, yang masih dimungkinkan untuk diberi bahan-bahan aditif. Penambahan serat bertujuan untuk memperkuat beton yang disebarkan secara merata ke dalam campuran beton. Penambahan serat ini bisa mencegah terjadinya retakan mikro dan meningkatkan daktilitas beton. Beton serat mempunyai kelebihan dibanding beton tanpa serat dalam beberapa aspek, misalnya daktilitas, ketahanan terhadap pembebanan kejut (*impact resistance*), kekuatan tarik dan lentur (*tensile and flexural strength*), ketahanan terhadap pengaruh susut (*shrinkage*) dan juga ketahanan terhadap aus (*abrasion*) [5].

Banyak sekali serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton. Jenis serat dari bahan alami antara lain seperti ijuk, sabut kelapa atau tumbuhan lain [6]. Ijuk dan sabut kelapa merupakan salah satu bahan yang melimpah dengan harga yang relatif murah. Hal tersebut memungkinkan ijuk dan sabut kelapa bisa dimanfaatkan yaitu sebagai campuran serat pada beton. Hasil penelitian Triwahyudi [7] menunjukkan bahwa serat ijuk dan serat sabut kelapa dapat meningkatkan kuat lentur beton. Sifat kedua bahan tersebut tidak mudah

busuk serta dapat digunakan sebagai pengikat campuran bagi bahan material suatu konstruksi. Penggunaan kawat bendrat dalam penelitian ini berfungsi sebagai pembanding dari penggunaan serat alami. Penelitian Suhendro [8] membuktikan bahwa sifat-sifat kurang baik dari beton yaitu getas, dan ketahanan yang rendah terhadap beban kejut dapat diperbaiki dengan menambahkan kawat bendrat pada campuran beton.

Sebelum hancur dan roboh, rusak pada bangunan biasanya terjadi di Hubungan Balok-Kolom (HBK). HBK merupakan bagian penting pada suatu bangunan dan menjadi penopang utama konstruksi gedung secara keseluruhan dalam menjamin keamanan konstruksi, maka diperlukan kajian yang mendalam mengenai material dan pendetailan yang dipakai pada bagian tersebut.

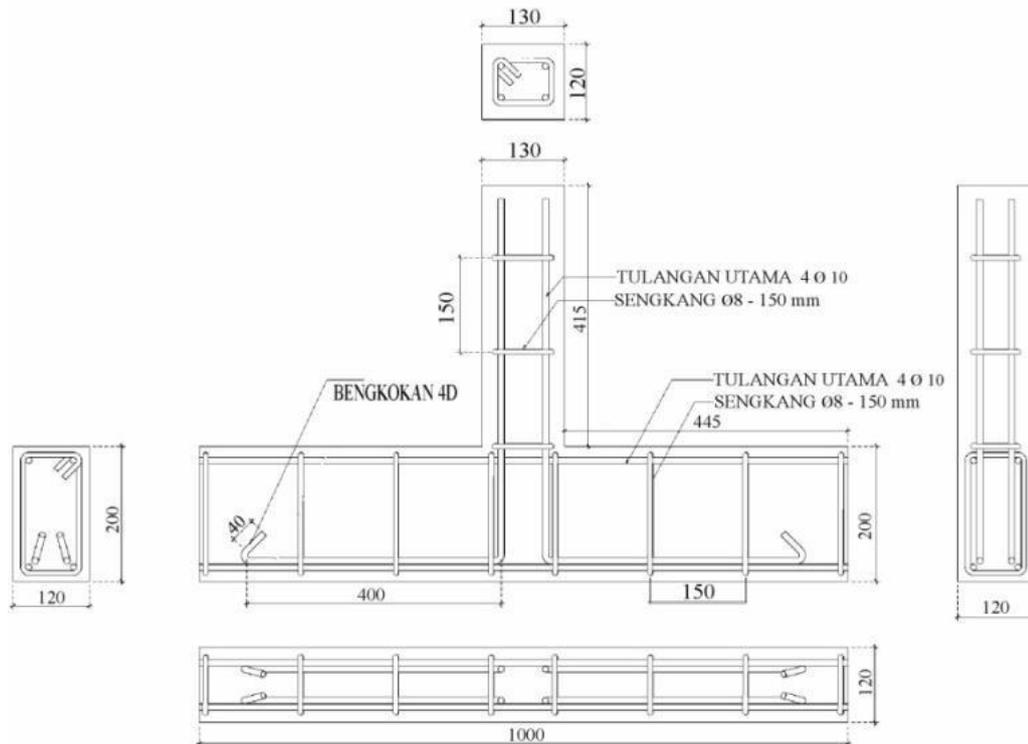
Kerusakan HBK biasanya disebabkan oleh kurangnya kemampuan dalam menahan gaya geser dan rendahnya daktilitas. Elemen HBK merupakan titik temu tulangan dari balok-kolom, sehingga penempatan tulangan yang lebih rumit dapat berfungsi meningkatkan kinerja struktur HBK beton bertulang [9]. Penelitian ini membahas tentang memperbaiki karakteristik HBK yang ditempuh dengan jalan menggunakan material beton serat. Penelitian tentang karakteristik HBK merupakan langkah lebih lanjut dalam usaha mengurangi dampak negatif bencana bidang infrastuktur khususnya bangunan. Selama ini detailing pada elemen HBK pada struktur beton bertulang menjadi titik lemah kinerja suatu bangunan, yang ditandai dengan banyaknya bangunan hancur ataupun roboh saat terjadi peristiwa gempa bumi. Oleh karena itu, diharapkan penambahan serat dapat menjadi salah satu alternatif dalam mengatasi kinerja HBK beton bertulang.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh penambahan serat ijuk, serat sabut kelapa, dan kawat bendrat terhadap karakteristik hubungan balok-kolom beton serat bertulang akibat pembebanan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan informasi ilmiah terkait kontribusi perkembangan tentang ilmu bahan struktur, dan menambah pengetahuan tentang material beton terutama kualitas pada karakteristik hubungan balok-kolom beton bertulang sehingga dapat dijadikan sebagai inovasi baru.

METODE PENELITIAN

Serat ijuk, serat sabut kelapa, dan kawat bendrat dipotong menjadi ukuran 5 cm. Kadar setiap serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1% dari volume beton sampel.

Sampel uji menggunakan sketsa penulangan beton sesuai dengan Gambar 1 dengan rincian ukuran luas penampang sampel uji balok (120 x 200) mm dan ukuran luas penampang sampel uji kolom (120 x 130) mm. Tebal selimut beton adalah 10 mm. Diameter tulangan utama yang digunakan adalah 10 mm dan diameter tulangan sengkang 8 mm serta jarak spasi sengkang 150 mm.



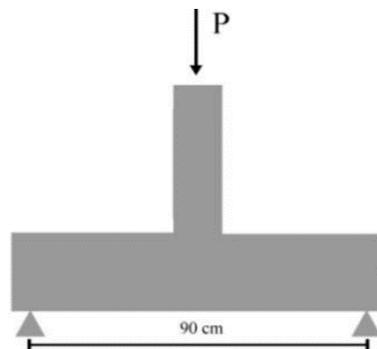
Gambar 1. Detail Sampel Uji

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel uji yaitu semen, kerikil, dan pasir dengan perbandingan rasio penggunaan ketiga bahan tersebut yaitu 1:2:3. Total sampel uji sebanyak 4 buah, sampel uji pertama yaitu sebagai kontrol yang tidak diberi tambahan serat, dan ketiga sampel uji lainnya diberi perlakuan penambahan serat ijuk, serat sabut kelapa, dan kawat bendrat masing- masing 1% dari volume beton.

Pembuatan sampel uji dilakukan dengan mencampurkan semua bahan yaitu semen, kerikil, dan pasir secara manual menggunakan cangkul. Pengadukan dilakukan hingga semua bahan tercampur merata. Setelah semua bahan tercampur lalu ditambahkan air sesuai dengan kebutuhan. Campuran tersebut kemudian diaduk kembali. Adukan yang telah jadi dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam cetakan yang berisi tulangan sampel uji, yang telah dilapisi plastik beton. Serat dimasukkan kedalam cetakan secara acak setelah dasar cetakan terisi adukan, lalu serat dilapisi kembali dengan adukan beton.

Sampel dilepaskan dari cetakan setelah proses pengkondisian. Sampel uji dikondisikan selama minimal 28 hari dengan tujuan supaya pengerasan sempurna. Selama pengkondisian, kelembaban sampel dijaga dengan baik supaya tidak mengalami kerusakan.

Pengujian HBK dilakukan setelah beton berumur lebih dari 28 hari. Pengujian dilakukan. Sampel uji ditempatkan pada *frame* pengujian dengan memberikan aktuator pengujian berupa *load cell* untuk memberikan beban pada bagian atas sampel uji, dan disambungkan dengan *data logger* untuk pembacaan beban saat pengujian. Pembebanan diberikan secara bertahap dengan mengontrol defleksi yang diukur dengan LVDT. Sampel diletakan diatas tumpuan dengan jarak 90 cm. Skema pengujian sampel adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Pengujian Sampel Uji

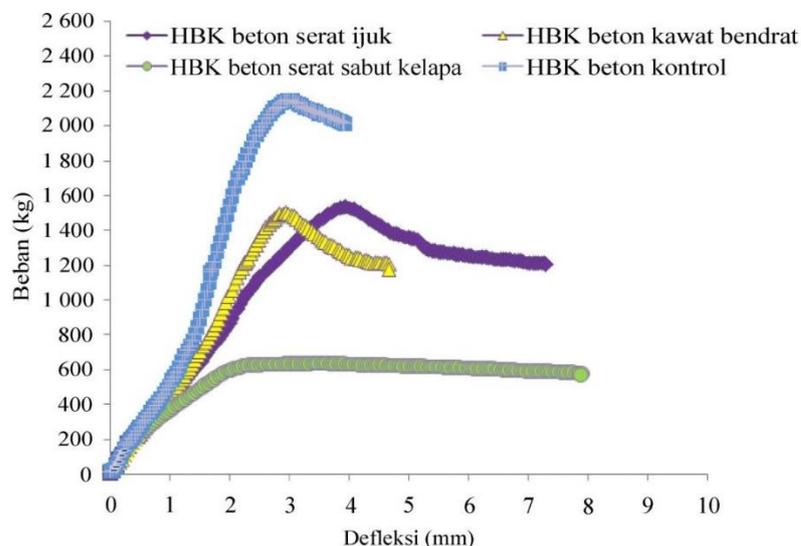
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Beban dan Defleksi

Hasil pengujian HBK beton uji diperoleh hubungan antara beban yang mampu diterima dan defleksi. Hubungan antara beban dengan defleksi diberikan oleh grafik yang diperlihatkan pada Gambar 3. Hasil pengujian HBK beton dari keempat sampel uji didapatkan nilai kemampuan beban maksimum sebesar 636 kg sampai 2146 kg, dan nilai defleksi maksimum sebesar 3.9 mm sampai 7.9 mm. Berdasarkan Gambar 3, HBK beton kontrol mempunyai kapasitas beban yang dapat diterima lebih besar dibandingkan HBK beton berserat, yakni dengan beban maksimum 2146 kg dan defleksi maksimum terkecil sebesar 3.9 mm. Hal ini disebabkan karena HBK beton berserat memiliki lubang (*hollow core*) yang tidak tertutup sempurna, sehingga dapat menurunkan kekuatan dari HBK beton tersebut [10]. Lubang pada beton ini disebabkan karena faktor persentase penambahan serat yang terlalu banyak, sehingga kepadatan beton menurun dan ikatan antar bahan campuran beton lemah dan beton tidak tertutup sempurna. Menurut Olanda [11], penambahan serat

yang melebihi batas maksimum akan membuat ikatan antar bahan campuran menjadi semakin lemah. Hal ini bisa mengakibatkan beton semakin rapuh dan terdapat rongga yang akan berdampak pada penurunan nilai kekuatan beton.

HBK beton serat sabut kelapa mempunyai beban maksimum paling rendah yaitu sebesar 636 kg dan defleksi maksimum tertinggi yaitu 7.9 mm. Persentase penurunan yang terjadi yaitu sebesar 70.35% dan persentase peningkatan defleksi sebesar 100% dari HBK beton kontrol. Hal ini diduga terjadi karena lubang pada HBK beton serat sabut kelapa lebih besar dari ketiga sampel uji lain. Hal ini disebabkan serat sabut kelapa mengalami bola efek (*balling effect*) yaitu serat menggumpal menyerupai bola dan tidak menyebar secara merata ketika pencampuran agregat sehingga menyebabkan banyak rongga di dalam beton.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Beban dan Defleksi

Daktilitas

Daktilitas adalah salah satu aspek penting dalam perencanaan elemen struktur disamping aspek kekuatan dan kekakuan. Pada saat terjadi gempa, elemen-elemen struktur yang memiliki daktilitas besar akan bisa menyerap energi lebih banyak dibandingkan elemen struktur dengan daktilitas rendah. Daktilitas menyatakan suatu kemampuan dari struktur untuk bisa mengalami defleksi yang besar tanpa mengalami penurunan kekuatan yang berarti [12]. Hasil pengujian dari keempat sampel uji didapatkan nilai daktilitas yaitu sebesar 1.42 sampai 1.77. Berdasarkan Gambar 4 diperoleh nilai daktilitas ketiga sampel uji HBK beton serat mengalami peningkatan terhadap HBK beton kontrol. HBK beton serabut kelapa mempunyai nilai daktilitas tertinggi yaitu sebesar 1.77 dengan persentase kenaikan sebesar

24.65% dibandingkan HBK beton kontrol. Hal tersebut dipengaruhi karena serat sabut kelapa memiliki ukuran diameter serat lebih kecil, sehingga jumlah serat per satuan berat lebih banyak dibandingkan serat lainnya. Pengaruh *balling effect* membuat ikatan antar serat lebih kuat sehingga membuat beton serat sabut kelapa lebih daktail. Sifat daktail beton berserat disebabkan karena serat yang dicampurkan ke dalam sampel beton berfungsi sebagai pengikat atau tulangan mikro yang menunjang kekuatan dari sampel beton tersebut [13]. Menurut Tjokrodinuljo [14], nilai daktilitas beton dengan penambahan serat mengalami peningkatan dibandingkan dengan sampel kontrol tanpa serat. Beton berserat lebih bersifat daktail dibandingkan dengan beton kontrol yang lebih bersifat getas, karena serat berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktail dari beton biasa.

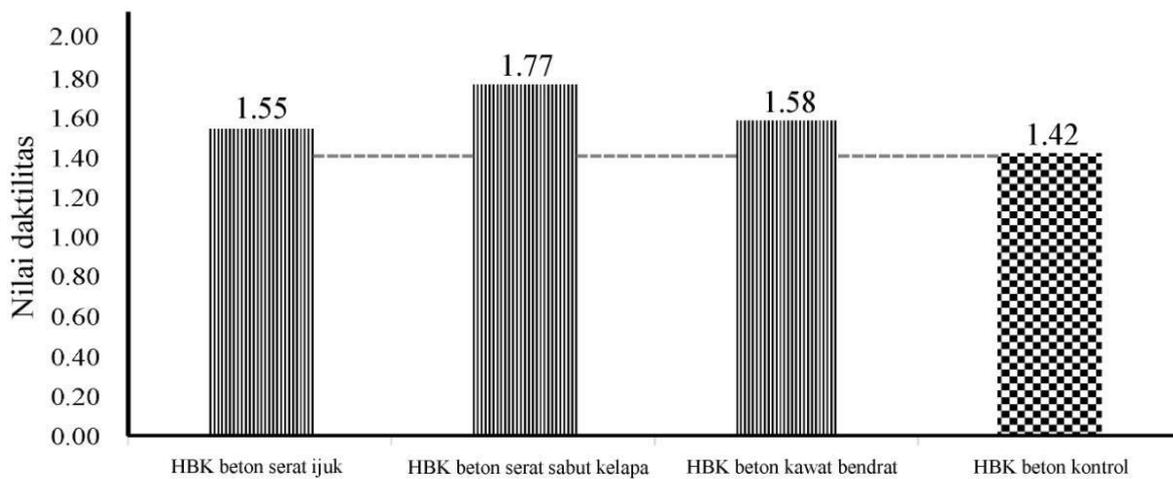
HBK beton kawat bendrat dan HBK beton serat ijuk mempunyai nilai daktilitas yang tidak berbeda jauh, yaitu 1.58 dan 1.55 dengan peningkatan persentase nilai daktilitas masing-masing sebesar 11.27% dan 9.15% dari nilai daktilitas HBK beton kontrol. HBK beton kawat bendrat memiliki nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan HBK beton serat ijuk, hal tersebut disebabkan kawat bendrat memiliki beban tarik maksimum serat yang lebih tinggi dibandingkan serat ijuk [15].

Kekakuan

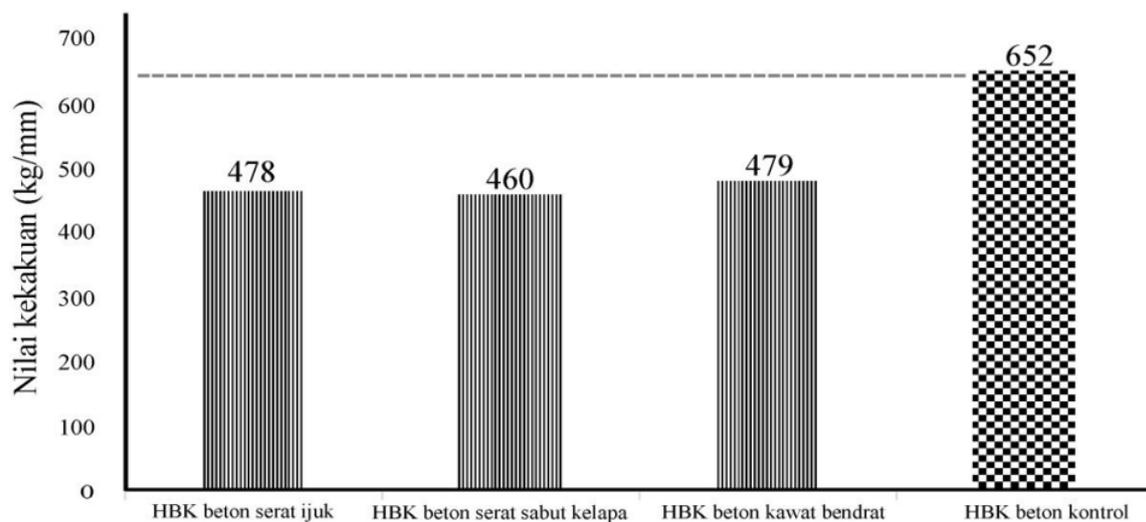
Kekakuan merupakan ukuran tegangan yang dibutuhkan untuk mengubah satuan bentuk suatu bahan. Hal ini bisa berguna membantu untuk menganalisa perkembangan momen dan defleksi pada suatu struktur yang lebih kompleks [16]. Besaran kekakuan suatu bahan diperoleh dengan cara membagi beban dengan defleksi yang ada pada bahan tersebut. Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada grafik beban dan defleksi dimana bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Kemiringan grafik dalam daerah elastis linier itulah yang kemudian dinamakan kekakuan [17].

Hasil pengujian dari keempat sampel uji didapatkan nilai kekakuan sebesar 460 kg/mm sampai 652 kg/mm. Gambar 5 menunjukkan bahwa spesimen HBK beton kontrol mempunyai nilai kekakuan beton tertinggi yaitu sebesar 652 kg/mm. Penambahan serat sebesar 1% terlihat menurunkan nilai kekakuan beton pada ketiga sampel uji HBK beton berserat. Hal tersebut disebabkan HBK beton berserat memiliki lubang (*hollow core*) pada sampel uji yang disebabkan terlalu banyaknya penambahan serat, sehingga menyebabkan

HBK beton berserat mempunyai banyak rongga dan mengakibatkan nilai beban maksimum yang kecil, serta nilai defleksi yang lebih besar daripada beton yang tidak memiliki *hollow core*. Ketiga sampel uji HBK beton serat memiliki nilai kekakuan yang hampir sama. Nilai HBK beton serat sabut kelapa memiliki nilai kekakuan yang paling kecil yakni 460 kg/mm dengan persentase penurunan nilai kekakuan sebesar 29.45% dari nilai kekakuan HBK beton kontrol. Hal tersebut disebabkan HBK beton serat sabut kelapa mengalami defleksi terbesar dibandingkan dengan sampel uji lainnya dan memiliki nilai beban maksimum yang paling kecil. Menurut Putra (2016), dengan semakin besar defleksi yang terjadi maka nilai kekakuan beton akan menjadi semakin kecil, sehingga nilai kekakuan beton mengalami penurunan.



Gambar 4. Nilai Daktilitas Sampel Uji



Gambar 5. Nilai Kekakuan Sampel Uji

SIMPULAN

Penelitian dalam paper ini mengkaji efek penambahan serat ijuk, serat sabut kelapa, dan kawat bendrat terhadap karakteristik hubungan balok-kolom beton serat bertulang. Spesimen disiapkan untuk pengujian secara eksperimental di laboratorium. Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa penambahan serat sebanyak 1% dari volume HBK beton menurunkan kemampuan penerimaan beban maksimum dan kekakuan HBK beton. Sedangkan daktilitas dan defleksi maksimum sampel uji mengalami peningkatan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengubah ukuran dan/atau jumlah persentase serat yang dipakai untuk mengetahui komposisi ideal yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bird P. 2003. An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 4(3): 1027.
- [2] Milson J, Masson D, Nicholas G, Sikumbang N, Dwiyanto B, Parson L, Kallagher H. 1992. The manokwari trough and the western end of the new guinea trench. *Tectonics*. 11: 145-153.
- [3] Imran I, Boediono B. 2010. Mengapa Gedung-Gedung Kita Runtuh Saat Gempa. Jakarta (ID): Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia.
- [4] [ACI] American Concrete Institut. 1993. Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.3R-93) (Reapproved 1998). Farmington Hills (US): ACI Committee.
- [5] Soroushian P, Bayasi Z. Concept of fiber reinforced concrete. *Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete*. Michigan, United State of America. Michigan (US): Michigan State University.
- [6] Satwarnirat S. 2012. Pengaruh penambahan serat tandan kosong kelapa sawit terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. *Poli Rekayasa*. 1(1): 1-8.
- [7] Triwahyudi, Edison B, Ariyanto A. 2014. Penggunaan ijuk dan sabut kelapa terhadap kuat tekan pada batako K-100. *Jurnal Mahasiswa Teknik*. 1(1): 1- 11.
- [8] Suhendro. 1990. Beton Fiber Lokal Konsep, Aplikasi, dan Permasalahannya. Yogyakarta (ID): PAU Ilmu Teknik UGM.

- [9] Surya PA. 2012. Tinjauan kinerja hubungan balok kolom (HBK) beton bertulang dengan bahan beton serat dan fly ash pada pembebanan statik [skripsi]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- [10] Olanda S, Mahyudin A. 2013. Pengaruh penambahan serat pinang (Areca catechu L. Fiber) terhadap sifat mekanis dan sifat fisis bahan campuran semen gipsum. *Jurnal Fisika Unand*. 2(2): 94-100.
- [11] Nurlina S, Suseno H, Hidayat MT, Pratama IMY. 2016. Perbandingan daktilitas balok beton bertulang dengan menggunakan perkuatan CFRP dan GFRP. *Rekayasa Sipil*. 10(1): 62-69.
- [12] Darwis D, Astriana, Ulum MS. 2016. Pemanfaatan limbah serat batang sagu untuk pembuatan batako. *Gravitasi*. 15(1): 1-9.
- [13] Haq HA, Andayani R. 2017. Pengaruh penambahan serat kawat bendrat dan serat ijuk pada beton K-225 terhadap kuat geser. *Jurnal Desain Konstruksi*. 16(1): 76-82.
- [14] Pratama RF, Sugeng P, Budio, Wijaya MN. 2016. Analisis kekakuan struktur balok beton bertulang dengan lubang hollow core pada tengah balok. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*. 1(2): 1-11.
- [15] Timoshenko SP, Gere JM. 1987. Mekanika Bahan Edisi ke-II. Jakarta (ID): Erlangga.
- [16] Putra RR. 2016. Modulus elastisitas batako dengan penambahan material karet dari ban bekas untuk dinding bangunan ramah gempa. *Jurnal of Civil Engineering and Vocational Education*. 4(2): 1998-2002.
- [17] Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Sleman (ID): Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.