

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIS BATAKO

Hartanto Wibowo¹ 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: 29 December 2023

Published: 31 January 2024

Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan titik gempa yang tersebar hampir di seluruh wilayahnya. Oleh sebab itu, di dalam pembuatan suatu bangunan dibutuhkan material yang kuat serta mampu bertahan apabila terjadi gempa. Dalam perkembangannya, telah muncul berbagai macam teknologi peningkatan kualitas material bangunan. Salah satu teknologi yang dapat digunakan yaitu metode penambahan serat (fiber) pada campuran beton. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh penambahan serat ijuk, sabut kelapa, dan bendrat terhadap karakteristik mekanis batako. Total sebanyak 60 sampel batako dibuat dengan variasi penambahan serat sebanyak 0.1; 0.3; dan 0.5% dari total volume batako. Pengujian sifat mekanis meliputi pengujian kuat tekan, kuat lentur, modulus elastisitas (MOE), kekakuan, dan daktilitas batako. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat sebagai bahan campuran pembuatan batako cenderung meningkatkan kualitas sifat mekanis batako. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada batako kawat bendrat (0.5%) yaitu sebesar 27.21 kg/cm². Nilai kuat lentur, MOE, dan kekakuan tertinggi terdapat pada batako serat sabut kelapa (0.3%) dengan nilai masing-masing yaitu sebesar 1351.25 kg/cm²; 105.85 kg/cm²; dan 194.84 kg/cm. Nilai daktilitas tertinggi terdapat pada batako kawat bendrat (0.3%) yaitu sebesar 1.70 cm.

Kata Kunci: Batako, Ijuk, Kawat Bendrat, Sabut Kelapa, Sifat Mekanis

Abstract

Indonesia is a country with some point of earthquake that spread almost throughout its territory. Therefore, in making a building, a strong material is needed and can withstand an earthquake. In its development, has emerged various kinds of technology to improve the quality of building materials. One of some technology that can be used is the method of adding fiber to the concrete mixture. This study aims to determine the effect of the addition of palm fiber, coconut fiber, and bendrat on the mechanical characteristics of concrete blocks. A total of 60 concrete brick samples were made with 0.1 additional fiber variations; 0.3; and 0.5% of the total volume of brick. Testing of mechanical properties include testing compressive strength, flexural strength, modulus of elasticity (MOE), stiffness, and brick ductility. The test results show that the addition of fiber as a brick making mixture tends to increase the quality of the mechanical properties of brick. The highest compressive strength is found in bendrat wire concrete (0.5%) which is 27.21 kg/cm². The highest flexural strength, MOE, and stiffness values were found in coconut fiber fiber brick (0.3%) with the respective value of 1351.25 kg/cm²; 105.85 kg/cm²; and 194.84 kg/cm. The highest ductility value is found in bendrat wire brick (0.3%) which is 1.70 cm.

Keywords: Brick, Palm Fiber, Bendrat Wire, Coconut Fiber, Mechanical Properties

To cite this article:

Hartanto Wibowo dan Fengky Satria Yoresta (2024). Pengaruh Penambahan Serat terhadap Karakteristik Mekanis Batako. *Jurnal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (05), No. 01, pp: 10-20

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan titik gempa yang tersebar hampir di seluruh wilayahnya. Berdasarkan letak geografisnya, Indonesia berada di dekat batas lempeng tektonik Eurasia, Australia dan lempeng dasar Samudera Pasifik [1]. Pergerakan lempeng-lempeng tektonik tersebut dapat menyebabkan terbentuknya jalur gempa bumi dan rangkaian gunung berapi aktif yang dapat berpotensi menjadi sumber gempa. Oleh karena itu, didalam pembuatan bangunan dibutuhkan material konstruksi yang kuat serta mampu bertahan apabila terjadi gempa.

Batako merupakan material yang telah digunakan secara luas oleh masyarakat sebagai bahan pengisi dinding. Batako memiliki fungsi sebagai material struktural dan non-struktural. Secara struktural, batako digunakan sebagai penyangga atau pemikul beban yang ada di atasnya, seperti di konstruksi rumah sederhana dan/atau pembuatan pondasi. Sementara secara non-struktural batako digunakan sebagai dinding pembatas. Penggunaan batako sebagai bahan pengisi dinding memiliki beberapa kelemahan, salah satunya yaitu berat jenis batako cukup besar sehingga dapat mempengaruhi beban mati yang bekerja pada bangunan. Pada wilayah rawan gempa, beban mati akibat beban sendiri memegang peranan cukup penting dalam tingkat keamanan seluruh struktur. Hal ini disebabkan gempa bumi meningkat secara linear dengan berat (beban mati) suatu bangunan [2].

Dalam perkembangannya telah muncul berbagai teknologi peningkatan kualitas bahan bangunan. Salah satu teknologi yang digunakan yaitu penambahan serat (fiber) pada campuran beton [3]. Berbagai macam jenis serat dapat dipergunakan untuk memperbaiki karakteristik mekanis suatu bahan bangunan. Nasrudin dkk [4] dan ACI [5] menyatakan bahwa sifat mekanis beton dapat ditingkatkan dengan pencampuran serat antara lain adalah serat baja (steel fibre), serat kaca (glass fibre), serat polypropylene (sejenis plastik mutu tinggi), karbon (carbon) serta serat alami (natural fibre) seperti ijuk, serat bambu, sabut kelapa, serat goni, dan lain sebagainya.

Wahyudi dkk [6] menyatakan bahwa penambahan serat ijuk dan sabut kelapa dapat meningkatkan kuat tekan beton. Selain itu, penggunaan serat ijuk [7] dan sabut kelapa dapat

meningkatkan kuat tarik beton [8]. Keberhasilan penggunaan serat ijuk dan sabut kelapa dalam meningkatkan kualitas sifat mekanis beton mengindikasikan bahwa kedua serat ini berpotensi untuk dapat diaplikasikan pada jenis bahan bangunan lain, contohnya batako.

Ijuk berasal dari pohon aren merupakan serat alami yang tumbuh tersebar di berbagai pulau di Indonesia. Sebagian besar populasinya masih merupakan tumbuhan liar yang hidup subur dan tersebar secara alami pada berbagai tipe hutan [9]. Sementara itu, sabut kelapa merupakan serat alami yang berasal dari produk turunan hasil pengolahan buah kelapa. Ketersediaan material sabut kelapa saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan data e-smartschool, sebanyak 35% sabut kelapa terkandung dalam satu buah kelapa [10]. Produksi buah kelapa di Indonesia rata-rata sebesar 15.5 milyar buah/tahun atau setara dengan 1.8 juta ton serat sabut [11-13]. Data-data tersebut menunjukkan bahwa serat ijuk dan sabut kelapa mudah untuk didapatkan. Menurut Wahyudi dkk [6], sifat dari kedua bahan juga tidak mudah busuk serta dapat digunakan sebagai pengikat campuran bahan material suatu konstruksi.

Kawat bendrat adalah kawat yang selama ini banyak digunakan sebagai pengikat antara tulangan besi dan tulangan geser [14-15]. Ariatama [15] menyatakan bahwa penambahan kawat pada beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton. Penggunaan kawat pada beton juga dapat meningkatkan kemampuan menyerap energi (toughness) daktilitas beton [15]. Penelitian akan perkuatan batako dengan menggunakan kawat bendrat belum banyak ditemukan. Penggunaan kawat bendrat diharapkan dapat meningkatkan kualitas sifat mekanis batako.

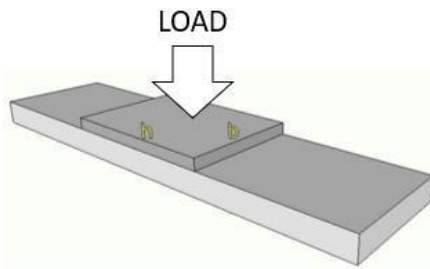
Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh penambahan serat ijuk, sabut kelapa, dan juga kawat bendrat terhadap karakteristik mekanis batako. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sifat mekanis batako dengan campuran serat ijuk, sabut kelapa, dan kawat bendrat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu, Institut Pertanian Bogor (IPB). Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Universal Testing Machine (UTM), serat ijuk, serat sabut kelapa, serat kawat bendrat, dan batako. Batako diproduksi di daerah Leuwiliang, Kab. Bogor.

Serat ijuk, sabut kelapa, dan juga kawat bendrat dipotong menjadi ukuran ± 5 cm. Serat yang telah dipotong kemudian ditimbang dalam tiga variasi ukuran yaitu sebesar 0.1;

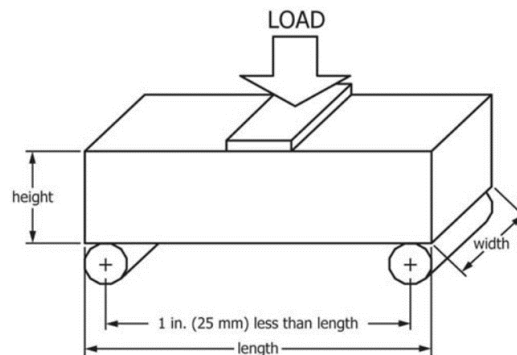
0.3; dan 0.5% dari total volume batako. Batako dibuat menggunakan cetakan berukuran (30 x 15 x 8) cm. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan batako adalah kapur dan tanah liat dengan perbandingan campuran keduanya yaitu 1:2. Penambahan serat dilakukan dalam tiga variasi yaitu 0.1; 0.3; dan 0.5% dari total volume batako. Selain itu, batako juga dibuat tanpa menggunakan serat sebagai sampel kontrol. Total sebanyak 60 sampel batako dibuat dengan rincian 6 sampel kontrol dan 54 sampel batako serat (masing-masing 6 sampel untuk setiap jenis serat dan persentase serat).



Gambar 1. Pengujian Tekan Batako

Pengujian kuat tekan batako dilakukan seperti pada Gambar 1. Pelat berukuran (10 x 15) cm diletakkan di tengah batako. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap variasi persentase serat yang digunakan. Kuat tekan dihitung sebagai gaya per satuan luas tekanan.

Pengujian kuat lentur batako dilakukan dengan metode *one point loading* seperti pada Gambar 2. Jarak antara dua tumpuan adalah 25 mm. Pembebanan kemudian dilakukan pada permukaan atas melalui pelat baja dengan lebar dan tebal masing-masing sebesar 38 mm dan 6 mm [16]. Pengujian dilakukan dengan kecepatan 1.25 mm/menit. Pengujian lentur dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap variasi persentase serat yang telah ditentukan. Nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas batako diperoleh dari rata-rata hasil pengulangan tersebut.



Gambar 2. Pengujian Lentur Batako

HASIL DAN PEMBAHASAN

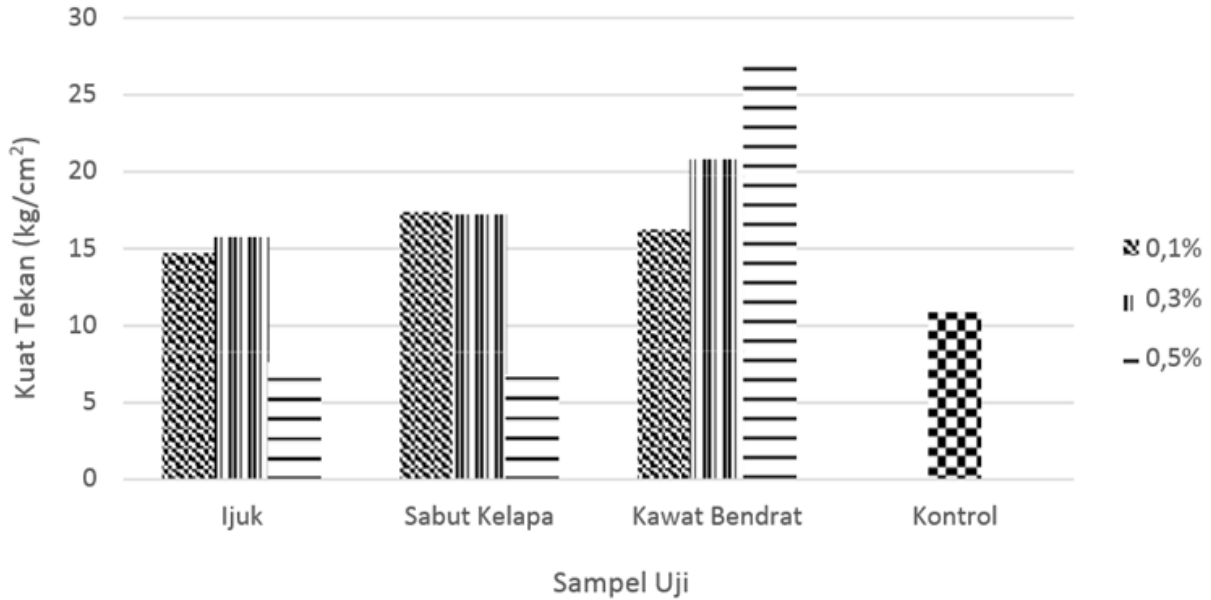
Gambar 3 memperlihatkan penggunaan serat ijuk dan serat sabut kelapa pada batako menghasilkan nilai kuat tekan dengan pola yang relatif sama. Peningkatan nilai kuat tekan terjadi pada penambahan serat sebanyak 0.1% dan 0.3%. Sementara penurunan nilai kuat tekan terjadi pada penambahan serat sebanyak 0.5%. Gambar 3 juga memperlihatkan peningkatan volume penambahan kawat bendrat pada batako berbanding lurus dengan peningkatan nilai kuat tekan batako. Semakin banyak kawat bendrat yang ditambahkan, maka nilai kuat tekan batako akan semakin tinggi.

Batako dengan kadar penambahan kawat bendrat sebanyak 0.5% mempunyai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 27.21 kg/cm². Secara umum, batako dengan kawat bendrat cenderung menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan batako dengan penambahan serat ijuk dan sabut kelapa. Hal ini diduga karena kawat bendrat memiliki beban tarik lebih besar sehingga mampu mengikat komponen utama batako dengan lebih baik. Hasil pengujian beban tarik serat menunjukkan bahwa kawat bendrat memiliki nilai beban tarik tertinggi yaitu sebesar 21.3 kg dibandingkan serat ijuk (1.78 kg) dan serat sabut kelapa (1.16 kg). Nilai kuat tekan batako tertinggi dengan penambahan serat ijuk dan sabut kelapa masing-masing terdapat pada persentase penambahan serat sebanyak 0.3%, (15,77 kg/cm²) dan 0.1% (17.41 kg/cm²).

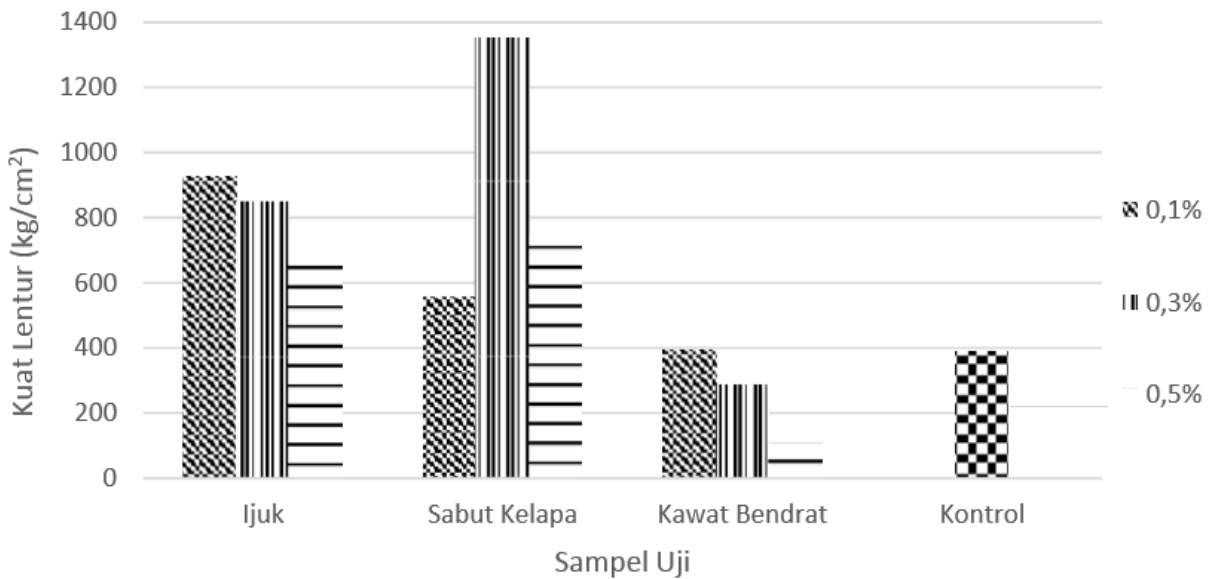
Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan nilai kuat tekan batako setelah penambahan serat dibandingkan dengan batako tanpa serat. Menurut Hermanto dkk [17], penambahan serat pada batako dapat meningkatkan kemampuan batako dalam menahan beban atas (beban sendiri) dan beban lateral. Penelitian Zainuri dkk [18] dengan menggunakan serat pelepah kelapa sawit menyatakan adanya peningkatan nilai kuat tekan batako dengan penambahan serat.

Penambahan serat ijuk dan sabut kelapa sebanyak 0.5% berdampak pada penurunan nilai kuat tekan batako. Hasil pengujian bahkan lebih rendah dibandingkan dengan batako tanpa serat. Wahyudi [6] menyatakan semakin banyak penambahan serat yang dimasukkan ke dalam adukan beton maka akan mengurangi volume beton yang seharusnya diisi oleh semen. Analisa tersebut diduga sama dengan penelitian ini yaitu semakin banyak kandungan serat yang ditambahkan maka volume kapur yang dipakai sebagai bahan penguat batako akan semakin berkurang. Kemungkinan sebab lain terjadinya penurunan nilai kuat tekan batako

adalah tidak meratanya pencampuran serat ijuk dan sabut kelapa pada saat proses pembuatan batako.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur Batako

Gambar 4 memperlihatkan penambahan serat ijuk dan kawat bendrat pada batako menghasilkan nilai kuat lentur dengan pola yang relatif sama. Semakin banyak serat yang ditambahkan, maka nilai kuat lentur batako akan semakin berkurang. Perbedaan di antara keduanya yaitu nilai kuat lentur batako serat ijuk berada di atas hasil pengujian sampel

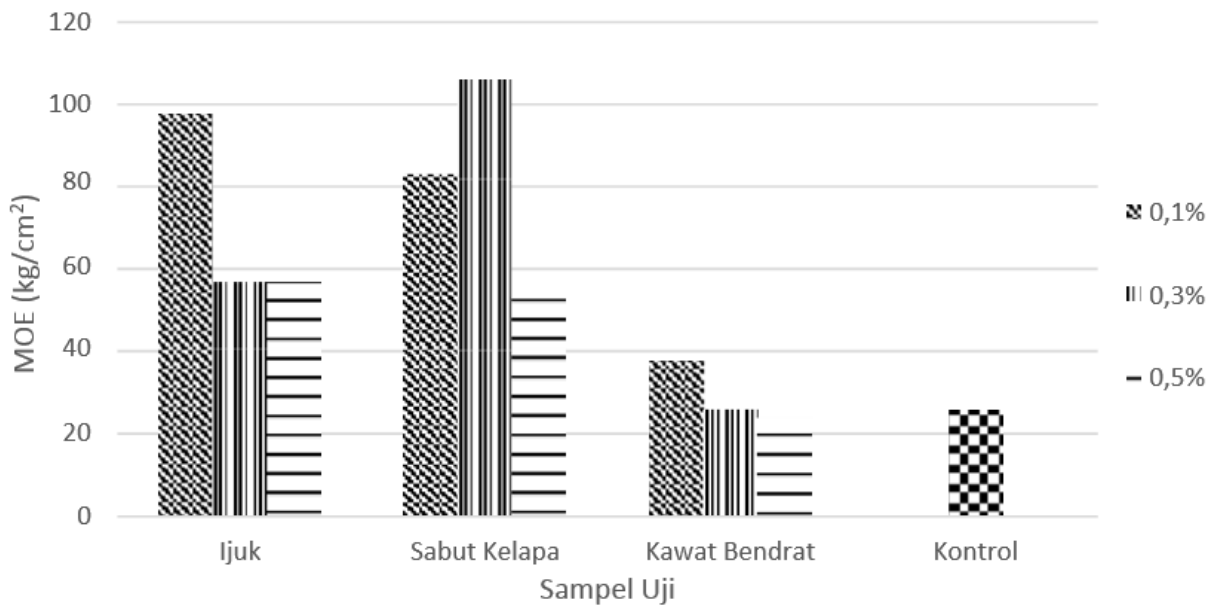
kontrol. Sementara, nilai kuat lentur pada batako kawat bendrat berada dibawah hasil pengujian sampel kontrol. Hasil yang diperoleh dari pengujian batako dengan penambahan serat sabut kelapa menghasilkan pola yang fluktuatif (naik-turun). Peningkatan nilai kekuatan lentur batako terjadi hingga pada penambahan serat mencapai 0.3%, kemudian setelah itu nilai kekuatan lentur batako mengalami penurunan pada saat kadar penambahan serat sebanyak 0.5%.

Batako dengan penambahan serat sabut kelapa sebanyak 0.3% memiliki nilai kekuatan lentur paling tinggi yaitu sebesar 1351.25 kg/cm². Nilai kuat lentur tertinggi pada batako serat ijuk dan kawat bendrat berada pada persentase penambahan serat sebanyak 0.1 %, dengan nilai masing-masing adalah sebesar 928.24 kg/cm² dan 391.63 kg/cm². Berdasarkan hasil penelitian, penambahan serat ijuk dan sabut kelapa mengasilkan nilai kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan batako tanpa serat (kontrol). Menurut Darwis dkk [19], peningkatan nilai kuat lentur disebabkan serat yang dicampurkan ke dalam sampel batako berfungsi sebagai penguat atau tulangan mikro yang menunjang kekuatan dari sampel batako tersebut.

Penambahan kawat bendrat cenderung menurunkan nilai kuat lentur batako. Penurunan nilai kuat lentur pada penggunaan serat bendrat 0.3% dan 0.5% bahkan berada dibawah nilai kuat lentur batako tanpa serat. Menurut Olanda [20], penambahan serat yang melebihi batas maksimum akan membuat ikatan antar bahan campuran akan semakin lemah. Hal tersebut dapat mengakibatkan batako semakin rapuh yang berdampak pada penurunan nilai kuat lenturnya. Wahyudi dkk [21] dalam penelitiannya yang menggunakan serbuk gergaji kayu palapi, menyatakan bahwa penambahan serbuk yang terlalu banyak akan mengurangi tingkat kepadatan batako dan membuat batako mudah retak. Keretakan pada sampel uji terlihat jelas pada sampel batako dengan penambahan serat bendrat. Darwis dkk [19] menyatakan bahwa menurunnya nilai kuat lentur batako dapat terlihat pada saat pengujian batako yaitu keretakan terdapat di beberapa bagian sampel uji setelah mengalami pembebanan.

Gambar 5 memperlihatkan penambahan serat ijuk dan kawat bendrat pada batako menghasilkan nilai MOE dengan pola yang relatif sama. Peningkatan nilai MOE terjadi pada saat penambahan serat sebanyak 0.1%. Sementara penurunan nilai MOE terjadi pada saat penambahan serat sebanyak 0.3% dan 0.5%. Gambar 5 juga menunjukkan bahwa penambahan/perubahan kadar serat ijuk dan kawat bendrat dari sebanyak 0.3% ke 0.5% tidak mengubah besarnya nilai MOE batako secara signifikan. Sementara itu, hasil pengujian batako dengan penambahan serat sabut kelapa menghasilkan pola yang fluktuatif (naik-

turun). Peningkatan nilai MOE batako dengan sabut kelapa dapat dikonfirmasi terjadi sampai pada saat penambahan kandungan serat mencapai 0.3%, dan kemudian setelah itu besarnya nilai MOE mengalami penurunan pada penambahan serat sebanyak 0.5%.



Gambar 5. Hasil Pengujian MOE Batako Serat

Hasil pengujian menunjukkan bahwa batako dengan penambahan serat sabut kelapa sebanyak 0.3% mempunyai nilai MOE tertinggi yaitu sebesar 105.85 kg/cm². Berdasarkan Gambar 5, peningkatan MOE secara signifikan terjadi pada batako dengan penambahan serat ijuk dan sabut kelapa. Peningkatan MOE dengan penggunaan serat bendrat hanya terjadi pada penambahan serat sebesar 0.1%, sedangkan penggunaan serat 0.3% dan 0.5% mengalami sedikit penurunan dibandingkan dengan MOE batako tanpa serat. Dalam penelitian Widodo [22], penurunan nilai MOE yang dialami oleh beton serat terjadi karena sifat kohesif dari serat bendrat sehingga mengakibatkan adanya efek penggumpalan serat saat proses pengadukan. Secara keseluruhan, modulus elastisitas batako cenderung mengalami peningkatan dengan penambahan serat sebagai bahan campuran pada pembuatan batako. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa penambahan serat kawat bendrat [23] dan serat sabut kelapa [24] dapat meningkatkan nilai MOE beton.

MOE merupakan ukuran kekakuan suatu material. Perubahan bentuk pada suatu bahan yang diberi gaya akan semakin berkurang apabila semakin tinggi nilai MOE dari bahan tersebut [25]. Dalam penelitian ini, perubahan bentuk secara signifikan terjadi pada sampel

batako dengan penambahan kawat bendrat. Hal itu didasari oleh kondisi retakan pada batako kawat bendrat yang terlihat sangat jelas dibandingkan dengan batako serat ijuk dan sabut kelapa setelah mengalami proses pengujian kekuatan lentur. Penambahan serat melebihi batas maksimum akan menyebabkan penurunan nilai MOE. Menurut Siswanto [26], penurunan nilai MOE pada beton serat disebabkan oleh karena berkurangnya tingkat homogenitas beton akibat dari penambahan fiber yang melampaui batas kadar maksimum, sehingga menurunkan kapasitas beton dalam menerima beban. Dalam penelitian ini, batas maksimum penambahan serat ijuk dan kawat bendrat sebesar 0.1%, sedangkan penambahan serat sabut kelapa sebesar 0.3%.

SIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat sebagai bahan campuran pembuatan batako cenderung meningkatkan kualitas sifat mekanis batako. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada batako kawat bendrat (0.5%) dengan peningkatan nilai sebesar 150% dari sampel kontrol. Nilai kuat lentur dan MOE tertinggi terdapat pada batako serat sabut kelapa (0.3%) dengan peningkatan nilai diatas 250% dari sampel kontrol. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk peningkatan kualitas batako. Perlu adanya alat yang dapat mencampur secara merata antara serat dan bahan campuran lainnya. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan mengubah ukuran dan/atau persentase serat untuk mengetahui komposisi ideal yang dibutuhkan dari kedua faktor tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malik Y. 2010. Penentuan tipologi kawasan rawan gempa bumi untuk mitigasi bencana di Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung. *Jurnal Geografi GEA*. 10(1): 1-12.
- [2] Hermanto D, Supardi, Purwanto E. 2014. Kuat tekan batako dengan variasi penambahan serat ijuk. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 2(3): 491-492.
- [3] Ngudiyono. 2012. Metode perbaikan tegangan geser beton dengan fiber bendrat. *Jurnal Teknik Rekayasa*. 13(1): 44-54.
- [4] Nasrudin, Sampebelu V, Mushar P. 2017. Analisis pengaruh metode perawatan beton (dry and wet curing) terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton dengan perkuatan serat baja (kawat bendrat). *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI*. 2017. Makassar, Indonesia. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin. hlm 87-90.
- [5] [ACI] American Concrete Institut. 1982. State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete – Report: ACI 544 IR-82. Farmington Hills (US): ACI Committee.

- [6] Wahyudi T, Edison B, Ariyanto AB. 2014. Penggunaan ijuk dan sabut kelapa terhadap kuat tekan pada beton K-100. *Jurnal Mahasiswa Fakultas Teknik*. 1(1): 1-11.
- [7] Sarjono WP, Wahjono A. 2008. Pengaruh penambahan serat ijuk pada kuat tarik campuran semen-pasir dan kemungkinan aplikasinya. *Jurnal Teknik Sipil*. 8(2): 159-169.
- [8] Muliastari D, Herbudiman B. 2010. Pengaruh pemanfaatan serat kelapa terhadap kinerja beton mutu tinggi. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)*; 2010 Juni 2-3; Bali, Indonesia.
- [9] Lempang M. 2012. Pohon aren dan manfaat produksinya. *Info Teknis Eboni*. 9(1): 37-54.
- [10] Indahyani T. 2011. Pemanfaatan limbah sabut kelapa pada perencanaan interior dan furniture yang berdampak pada pemberdayaan masyarakat miskin. *Humaniora*. 2(1): 15-23.
- [11] Nur I, Kardiyono U, Aris A. 2003. Pemanfaatan limbah debu sabut kelapa dalam usaha tani padi pasang surut. *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa V*; 2002 Okt 22-24; Tembilahan, Indonesia. Tembilahan (ID): Kelembagaan Perkapalan di Era Otonomi Daerah.
- [12] Agustian A, Friyanto S, Supadi, Asikin A. 2003. Analisis pengembangan agroindustri komoditas perkebunan rakyat (kopi dan kelapa) dalam mendukung peningkatan daya saing sektor pertanian. *Makalah Seminar Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian Bogor*. 2003. 38 hlm.
- [13] [APCC] Asia Pacific Coconut Community. 2003. Coconut Statistical Yearbook.
- [14] Hafiz A, Rommel E, Prasetyo L. 2015. Pengaruh pemberian jumlah dan rasio (L/D) serat bendrat terhadap sifat mekanik beton. *Media Teknik Sipil*. 13(1): 13-20.
- [15] Ariatama, Ananta. 2007. Pengaruh pemakaian serat kawat berkait pada kekuatan beton mutu tinggi berdasarkan optimasi diameter serat [tesis]. Semarang (ID): Universitas Diponegoro Semarang.
- [16] Purwanto E. 2011. Kuat lentur beton ringan berserat kawat galvanis. *Jurnal Rekayasa*. 15(3): 193-204.
- [17] [ASTM] American Society for Testing and Materials. 2018. Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile. [internet]. [diunduh 2018 Juli 8]. Tersedia pada laman: <https://brickandtile.org/testing-2/physical-properties/astm/compressive-strength-2/>.
- [18] Zainuri, Yanti G, Megasari SW. 2017. Analisis kuat tekan batako dengan penambahan serat pelepah kelapa sawit. *Seminar Nasional Strategi Pengembangan Infrastruktur ke-3 (SPI-3)*; 2017 Juli 27; Padang, Indonesia. Padang (ID): Institut Teknologi Padang. hlm 95-99.
- [19] Darwis D, Astriana, Ulum MS. 2016. Pemanfaatan limbah serat batang sagu untuk pembuatan batako. *Gravitasi*. 15(1):1-9.

- [20] 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.
- [21] Wahyudi NH, Erniwati, Hapid A. 2017. Karakteristik batako dari campuran semen dan serbuk gergajian kayu palapi (Hertiera sp). *Warta Rimba*. 5(1): 100- 106.
- [22] Widodo A. 2012. Pengaruh penggunaan potongan kawat bendrat pada campuran beton dengan konsentrasi serat panjang 4 cm berat semen 350 kg/m³ dan fas 0,5. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. 14(2): 131-140.
- [23] Gunawan P, Prayitno S, Putra SA. 2013. Pengaruh penambahan serat kawat bendrat pada beton ringan dengan teknologi foam terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas. *e-Journal Matriks Teknik Sipil*. 1(3): 235-242.
- [24] Apriyanto H. 2016. Kapasitas lentur balok beton bertulang dengan serat sabut kelapa. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. 15(1): 45-52.
- [25] 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.
- [26] Siswanto A. 2012. Pengaruh fiber baja pada kapasitas tarik dan lentur beton. *Industrial Research Workshop and National Seminar*. 193-199.