

STUDI PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK SERAT BAMBU

Gregoria Illya¹, Ika Bali¹

¹Faculty of Science, Technology, Engineering and Mathematics
Matana University, Tangerang, Indonesia
Email: gregoria.illya@matanauniversity.ac.id

Masuk: dd-mm-yyyy, revisi: dd-mm-yyyy, diterima untuk diterbitkan: dd-mm-yyyy

ABSTRAK

Indonesia kaya akan tanaman yang dapat diambil seratnya untuk diolah menjadi produk yang bermanfaat. Di antara tanaman penghasil serat alami, bambu adalah yang paling populer, karena memiliki aplikasi yang serba guna, mudah tumbuh, tidak memerlukan perawatan dan dapat mengurangi pencemaran udara. Serat bambu telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti dekorasi, perabot, tekstil, kertas dan komposit. Beberapa keunggulan serat bambu adalah memiliki kekuatan tarik yang besar, densitas yang rendah dan fleksibilitas yang tinggi. Dalam rangka memenuhi persyaratan masing-masing aplikasi dari serat bambu, diperlukan studi mengenai sifat mekanik serat bambu. Penelitian ini membandingkan beberapa penelitian yang sudah dilakukan mengenai sifat mekanik serat bambu berdasarkan spesies, metode pengolahan dari batang bambu menjadi serat, umur tanaman, ukuran serat dan kadar kelembaban. Serat bambu yang dihasilkan dapat memiliki sifat mekanik yang optimal jika bambu yang dipilih adalah dari spesies tertentu, memiliki kadar kelembaban yang rendah dan menggunakan metode ekstraksi yang tepat.

Kata Kunci: serat bambu; sifat mekanik bahan; tegangan modulus, tegangan elastis

ABSTRACT (Times New Roman, 10pt, Italic)

Natural fibers have application in almost every item used in our daily routine and been contributing explicitly to the economic prosperity and sustainability in our lives. Among the natural fiber plants, bamboo is the most popular, because of its versatile applications and significant contribution to the environment. Bamboo fibers have been used in various application such as decoration, weaving, paper makin, textile, and high performance composites for the past many years. They have several advantages such as superior tensile strength, low density, and high flexibility under flexible and compressive loads. In order to meet the requirements of each bamboo application, there is a need to study the mechanical properties of bamboo fibers. This study reviews mechanical properties of bamboo fibers for various species, extraction methods, plant age, sizes, and moisture contents.

Keywords: bamboo fiber; bamboo extraction method; mechanical properties; mechanical testing; tensile strength

1. PENDAHULUAN

Bambu adalah tanaman yang termasuk dalam *grass family Bambusoideae*, dan memiliki kecepatan tumbuh yang sangat cepat, yaitu mencapai tinggi maksimum hanya dalam waktu 3 bulan karena dapat bertumbuh sepanjang 1 meter hanya dalam waktu semalam dan menjadi dewasa setelah berumur 3-4 tahun (Afrin et al, 2009). Tanaman bambu sangat mudah menyebar, dapat membantu menyuburkan tanah dan mengurangi pencemaran udara. Perawatan tanaman bambu sangat mudah dan murah karena tidak membutuhkan pestisida, insektisida maupun fungisida. Tanaman bambu pada umumnya mengandung zat selulosa, hemiselulosa dan lignin, dengan komposisi sekitar 32% lignin dan 60% selulosa (Okubo et al, 2004). Komposisi zat pada tanaman bambu berubah sejalan dengan bertambahnya umur tanaman, dimana kadar selulosa menurun (Subash et al, 2017). Ada lebih dari 1000 spesies bambu di dunia dan tersebar menurut kelompok wilayah: Asia-Pasifik, Amerika, Afrika dan Eropa (Subash et al., 2017). Sekitar 65%

tanaman bambu tumbuh di wilayah Asia dan Amerika Selatan (Subash et al., 2017; dan Zakikhani et al., 2014). Ada 176 spesies bambu yang tumbuh di Indonesia, 140 spesies diantaranya adalah asli dari Indonesia, dan 105 spesies diantaranya adalah endemik (Wijaya, 2019).

Bambu memiliki banyak kegunaan misalnya sebagai bahan konstruksi bangunan (Bali & Wijaya, 2015), perabot, alat musik dan lain sebagainya, sedangkan seratnya dapat diolah menjadi alat/bahan penunjang kebutuhan hidup sehari-hari seperti kertas, tikar, tekstil, dan campuran bahan komposit (Waite, 2010; dan Suhaily et al., 2013). Serat bambu memiliki beberapa keunggulan dibandingkan serat alami yang berasal dari tanaman lain, yaitu densitas yang rendah, kuat, dan fleksibilitas yang tinggi (Zakikhani et al., 2014). Kekurangan dari bambu adalah kadar kelembaban yang tinggi di dalam batang sehingga sulit untuk diolah menjadi serat (Zakikhani et al., 2014).

Tanaman bambu dapat diambil seratnya untuk diolah menjadi benang/tekstil, campuran bahan komposit dan lain-lain dengan menggunakan beberapa metode. Pada umumnya metode pengolahan batang menjadi serat bambu dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu secara mekanik, kimia dan kombinasi mekanik dan kimia. Tujuan dari berbagai metode pengolahan serat bambu pada umumnya adalah untuk menghilangkan zat lignin yang terkandung di dalam batang bambu (Subash et al., 2017). Metode pengolahan serat bambu secara mekanik lebih disukai saat ini karena bersifat ramah lingkungan. Serat bambu memiliki keunggulan yaitu memiliki nilai kekuatan bahan yang lebih tinggi dibanding serat tanaman lainnya seperti katun, sisal, rami (Osorio et al., 2011).

Pada dasarnya, sifat mekanik serat bambu adalah tidak beraturan karena proses alam yang terjadi yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia. Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk mempelajari sifat mekanik bahan dari serat bambu berdasarkan faktor spesies, metode pengolahan batang menjadi serat, umur tanaman, kadar kelembaban dan ukuran serat, sehingga dapat membantu dalam memilih dan mengolah serat bambu menjadi bahan baku produk komersial seperti tekstil atau komposit.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah studi perbandingan sifat mekanik serat bambu yang tersedia di literatur. Fokus studi sifat mekanik ini pada kekuatan tarik dan modulus elastisitas serat bambu berdasarkan spesies, metode pengolahan dari batang bambu menjadi serat, umur tanaman, ukuran serat dan kadar kelembaban.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat mekanik serat bambu berdasarkan spesies bambu

Beberapa spesies bambu yang telah diambil seratnya dan diukur sifat mekaniknya adalah sebagai berikut:

- a. *Phyllostachys heterocyclus pubescens* (Moso) yang tumbuh di Propinsi Zhejiang, Cina. Sifat mekanik diukur dengan menggunakan metode *microtensile* dan *nanoidentation* (Yu et al., 2011; dan Huang et al., 2012).
- b. *Guadua angustifolia* yang tumbuh di Coffee Region, Kolumbia. Sifat mekanik serat diukur dengan menggunakan alat *mini tensile testing machine* yang dikembangkan di Department of Metallurgy and Materials Engineering, K.U. Leuven, Belgia (Osorio et al., 2011).
- c. *Neosinocalamus affinis* (Cizhu) yang tumbuh di Cengdu, Propinsi Sichuan, Cina. Sifat mekanik serat diukur dengan menggunakan alat SF Microtester I (Hong et al., 2011).

d. *Dendrocalamus asper* (Petung) yang tumbuh di Indonesia. Pengujian sifat mekanik serat dilakukan menggunakan mesin Textechno Favigraph dengan mengacu pada standar ASTM D3822/ D3822-14 (refialdi et al, 2017).

Tabel 1. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari serat tunggal bambu yang diambil dari beberapa spesies bamboo.

Sumber tabel: (Yu et al., 2011; Huang et al., 2012; Hong et al, 2015; Osorio et al., 2011; Refialdi et al, 2017).

Spesies	Kekuatan Tarik (GPa)	Modulus Elastisitas (GPa)
<i>Phyllostachys heterocykla pubescens</i>	1,43-1,69	32-34,6
<i>Guadua angustifolia</i>	0,775-0,86	42-46
<i>Neosinocalamus affinis</i>	0,93-1,77	26,85-34,62
<i>Dendrocalamus asper</i>	0,428	13,815

Dari Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa sifat mekanik bahan untuk tiap spesies bambu berbeda. Hal ini dapat disebabkan oleh kadar lignin dan selulosa yang berbeda-beda dari setiap spesies. Selain itu, spesies *Phyllostachys heterocykla pubescens* (Moso) memberikan kekuatan tarik yang tertinggi (1,43-1,69 GPa) dibandingkan spesies yang lain dan modulus elastisitas yang cukup tinggi (32-34,6 GPa).

Sifat mekanik serat bambu berdasarkan metode pengolahan batang menjadi serat

Metode pengolahan mekanik

Metode pengolahan batang menjadi serat bambu secara mekanik dapat dilakukan dengan beberapa teknik seperti *steam explosion*, *retting*, *crushing*, *grinding*, dan *rolling mill* (Subash et al., 2017; Md Shah et al, 2016; dan Zakikhani et al., 2014):

- Metode *steam explosion* menghasilkan serat yang berwarna gelap dan kaku, dengan kekuatan tarik 0,308-0,862 GPa dan modulus elastisitas 17-36 GPa.
- Metode *retting* menghasilkan serat dalam bentuk tunggal dan panjang, dengan kekuatan tarik 0,503 GPa dan modulus elastisitas 35,91 GPa.
- Metode *crushing* menghasilkan serat yang pendek dan jika terlalu lama diproses dengan metode ini, maka batang akan menjadi bubuk. Kekuatan tarik serat yang dihasilkan dari metode ini sebesar 0,420 GPa dan modulus elastisitas sebesar 38,2 GPa.
- Metode *grinding* menghasilkan serat dengan kekuatan tarik sebesar 0,45-0,8 dan modulus elastisitas 18-30 GPa

- Metode *rolling mill* menghasilkan serat dengan panjang 22-27 cm dengan kekuatan tarik 0,27 GPa.

Dari beberapa metode pengolahan mekanik di atas, metode *steam explosion* menghasilkan serat dengan kekuatan tarik yang paling tinggi sebesar 0,308-0,862 GPa, sedangkan metode *rolling mill* menghasilkan serat bambu dengan kekuatan tarik paling rendah, yaitu 0,27 GPa.

Metode pengolahan batang menjadi serat bambu secara mekanik dianggap yang paling aman karena tidak menimbulkan polusi lingkungan (Md Shah et al., 2016; Zakikhani et al., 2014; Afrin et al., 2009; dan Waite, 2010).

Metode pengolahan dengan menggunakan bahan kimia

Metode pengolahan batang menjadi serat bambu secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan bahan alkali atau *acid retting* (NaOH), *degumming*, dan *chemical assisted natural retting* (CAN) (Md Shah et al., 2016; Zakikhani et al., 2014; Afrin et al., 2009; Phong et al., 2012; dan Waite, 2010):

- Metode alkali/*acid retting* menghasilkan serat dengan kekuatan tarik sebesar 0,395-0,419 GPa dan modulus elastisitas sebesar 26,1-30 GPa

Pengolahan batang menjadi serat bambu mempengaruhi kadar pectin dan hemiselulosa (Zakikhani et al., 2014).

Limbah kimia dari metode pengolahan kimia jika tidak diolah dengan benar dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Majumdar & Arora, 2019.).

Metode pengolahan kombinasi mekanik dan kimia

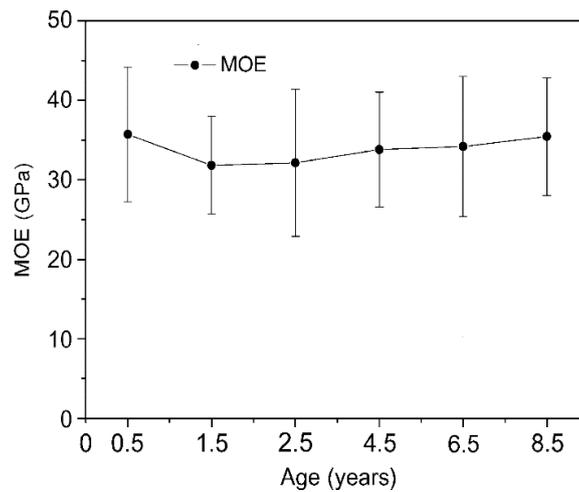
Metode ini merupakan kombinasi dari *alkali treatment* dengan *compression moulding technique* (CMT) dan *rolling mill technique* (RMT) (Md Shah et al., 2016; Zakikhani et al., 2014; dan Afrin et al., 2009):

- Metode kombinasi dari *alkali treatment* dengan *compression moulding technique* (CMT) menghasilkan serat dengan kekuatan tarik sebesar 0,645-1 GPa.
- Metode kombinasi alkali treatment dengan *rolling mill technique* (RMT) menghasilkan serat dengan kekuatan tarik sebesar 0,37-0,48 GPa.

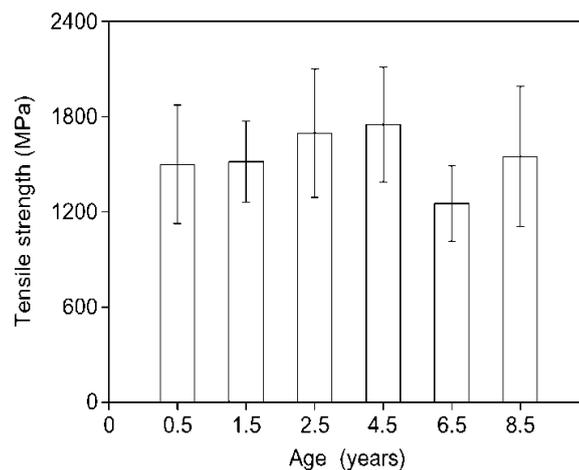
Dari semua metode pengolahan secara mekanik, kimia dan kombinasi yang dibahas, metode *steam explosion* menghasilkan serat dengan sifat mekanik yang optimal, sedangkan metode *rolling mill* menghasilkan serat dengan kekuatan tarik yang paling rendah.

Sifat mekanik serat bambu berdasarkan usia bambu

Serat bambu tunggal diambil dari spesies *Phyllostachys heterocycla pubescens* (Zhejiang, Cina) yang berumur 0,5; 1,5; 2,5; 4,5; 6,5 dan 8,5 tahun. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *special fiber gripping system* yang diintegrasikan dengan *low-load high-resolution mechanical tester* (Microtester 5848: Instron, Norwood, MA) (Huang et al., 2012).



Gambar 1. Modulus elastisitas serat bambu tunggal yang diambil dari pohon bambu berusia 0,5; 1,5; 2,5; 4,5; 6,5 dan 8,5 tahun
Sumber Gambar: (Huang et al., 2012).

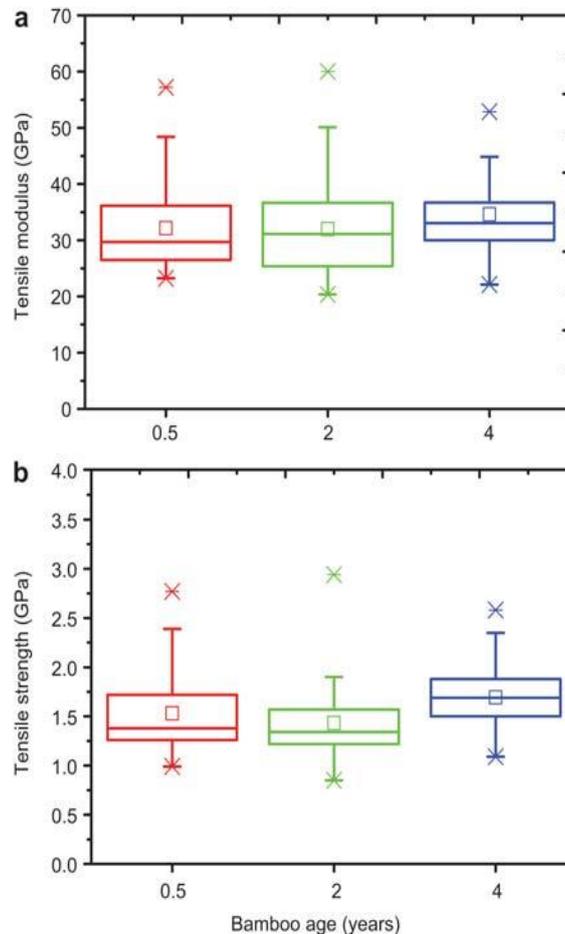


Gambar 2. Kekuatan tarik serat bambu tunggal yang diambil dari pohon bambu berusia 0,5; 1,5; 2,5; 4,5; 6,5 dan 8,5 tahun
Sumber Gambar: (Huang et al., 2012).

Dari data pada Gambar 1 dan 2 diperoleh rata-rata modulus elastisitas dari serat bambu yang diambil dari berbagai usia bambu adalah sebesar 1,54 GPa dan rata-rata kekuatan tarik adalah 33,86 GPa (Huang et al., 2012).

Pengukuran sifat bahan serat bambu dengan metode *microtensile* dilakukan oleh Yu et al. (2011), dimana serat bambu diambil dari spesies *Phyllostachys heterocycla pubescens* (Zhejiang, Cina), yang berumur 0,5; 2 dan 4 tahun.

Dari Gambar 3 diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas adalah 32-34,6 GPa dan kekuatan tarik sebesar 1,43-1,69 GPa (Yu et al., 2011).



Gambar 3. Modulus elastisitas (a) dan kekuatan tarik (b) serat bambu tunggal yang diambil dari pohon bambu berusia 0,5; 2 dan 4 tahun

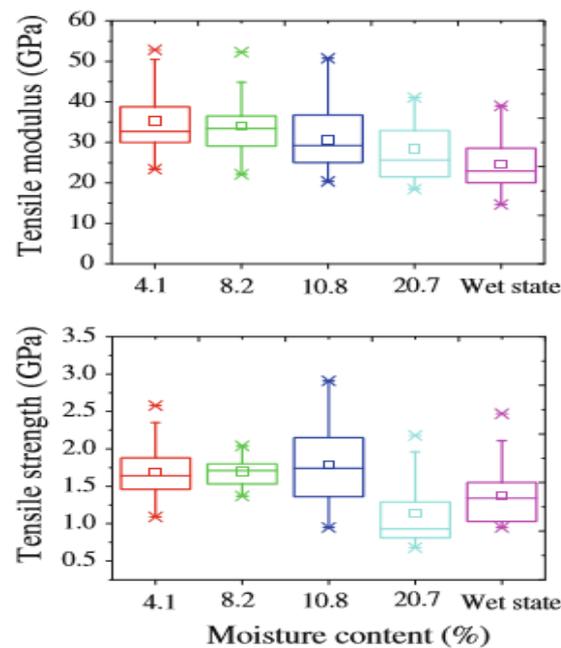
Sumber Gambar: (Yu et al., 2011).

Dari hasil pengukuran kedua penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa sifat bahan dari serat bambu tidak bergantung pada usia bambu.

Sifat mekanik serat bambu berdasarkan kadar kelembaban

Batang bambu mengandung air yang berasal dari penyerapan air oleh zat selulosa dalam batang. Batang bambu dapat mengandung kadar air yang tinggi jika tanaman bambu tumbuh di lingkungan dengan kelembaban yang tinggi seperti Indonesia.

Serat bambu tunggal dengan variasi kelembaban diambil dari *spesies Phyllostachys heterocycla pubescens* (Zhejiang, Cina) yang berumur 4,5 tahun, dimana pengukuran kekuatan bahan dilakukan dengan menggunakan metode *improved microtensile* (Yu et al, 2011). Dari pengukuran yang dilakukan oleh Yu et al. (2011), diperoleh nilai kekuatan tarik untuk serat dengan kelembaban 0% adalah sebesar 1,56 GPa dan modulus elastisitas sebesar 33,03 GPa. Pengukuran sifat bahan untuk beberapa kadar kelembaban dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Modulus elastisitas dan kekuatan tarik serat bambu tunggal yang diukur untuk kadar kelembaban 4,1; 8,2; 10,8 dan 20,7 %

Sumber Gambar: (Yu et al., 2011).

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas menurun ketika kadar kelembaban meningkat. Untuk kadar kelembaban kurang dari 10,8%, nilai kekuatan tarik hampir tidak dipengaruhi oleh kadar kelembaban.

Sifat mekanik serat bambu berdasarkan ukuran

Serat bambu tunggal dan dalam bentuk bundel diambil dari spesies *Neosinocalamus affinis* (Chengdu, Cina) yang berumur 1 tahun, dimana pengukuran kekuatan bahan menggunakan SF-Microtester I dengan akurasi sebesar 0,005 N (Hong et al., 2011).

Tabel 2. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari serat bambu tunggal dan bundel

Sumber Tabel: (Hong et al., 2011).

Ukuran Serat	Kekuatan Tarik (GPa)	Modulus Elastisitas (Gpa)
Tunggal	0,93-1,77	26,85-34,62
Bundel	0,29-0,61	16,5-23,56

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas untuk serat tunggal lebih besar daripada serat dalam bentuk bundel.

4. KESIMPULAN

Sifat mekanik dari serat bambu berdasarkan spesies, metode pengolahan, usia bambu, kadar kelembaban dan ukuran serat telah dirangkum sebagai berikut:

- Sifat mekanik serat bambu bervariasi untuk setiap spesies bambu yang berbeda dan bahkan juga bervariasi untuk spesies yang sama dikarenakan adanya perbedaan struktur mikro di dalam batang bambu yang terbentuk secara alami. Proses pembentukan struktur mikro batang ini merupakan proses alam diluar kendali manusia. Pada studi ini, spesies *Phyllostachys heterocycla pubescens* (Moso) lebih unggul berdasarkan kekuatan tariknya dibandingkan spesies yang lain dan memiliki modulus elastisitas yang cukup tinggi. Di Indonesia ada 105 spesies bambu yang endemik (berasal dan hanya tumbuh di Indonesia), dimana sifat mekanik seratnya belum semuanya diteliti. Ini merupakan kesempatan yang akan dilakukan pada penelitian selanjutnya.
- Berdasarkan metode pengolahan, dapat dilihat bahwa sifat mekanik serat bambu bervariasi terhadap metode pengolahan. Meskipun demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa metode *steam explosion* menghasilkan serat bambu dengan sifat mekanik yang paling optimal. Pada penelitian ini, sifat mekanik serat bambu dari metode ekstraksi secara kimia belum banyak dibahas, dan akan dilakukan lebih mendalam pada penelitian selanjutnya.
- Sifat mekanik serat bambu yang diambil dari bambu yang berusia 0,5 tahun adalah hampir sama dengan serat bambu yang diambil dari bambu yang berusia lebih tua. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan serat bambu yang akan diolah untuk produk komersial, tidak memerlukan waktu yang lama untuk menanam, karena serat bambu sudah dapat diambil dari bambu yang berusia masih muda yaitu 0,5 tahun.
- Berdasarkan kadar kelembaban, semakin lembab serat bambu, sifat mekanik serat semakin menurun.
- Serat bambu tunggal memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat dalam bentuk bundel.

Serat bambu yang dihasilkan dapat memiliki sifat mekanik yang optimal jika bambu yang dipilih adalah dari spesies tertentu, memiliki kadar kelembaban yang rendah dan menggunakan metode ekstraksi yang tepat.

REFERENSI

- Afrin T., Tsuzuki T. and Wang X. 2009. Bamboo fibres and their unique properties. *Natural Fibres in Australasia: Proceedings of the Combined (NZ and AUS) Conference of the Textile Institute*. Dunedin, 15-17 April 2009: 77-82.
- Bali I. and Wijaya E. 2015. Flexural Behavior of Bamboo Reinforced Concrete Beams. *Proceedings of 2nd International Conference on Engineering of Tarumanagara (ICET 2015)*. Jakarta-Indonesia, 22-23 October 2015: p.CE.05/1-CE.05/6.
- Hong C., Cheng H., Wang G., Yu Z. and Shi S.Q. 2015. Tensile properties of bamboo in different sizes. *Journal of Wood Sciences* 61: 552-561.
- Hong C., Wang G. and Cheng H.T. 2011. Properties of single bamboo fibers isolated by different chemical methods. *Wood and Fibers Science*.43 (2): 111-120.
- Huang Y.H., Fei B.H., Yu Y. and Zhao R.J. 2012. Plant age effect on mechanical properties of moso bamboo single fibers. *Wood and Fiber Science*. 44(2): 196-201.

- Majumdar A. and Arora S. 2019. Bamboo Fibers in Textile Applications. Diakses melalui www.friervis.nic.in/WriteReadData/UserFiles/file/Content-Page/Books/Bamboo/Bamboo-Fibres-in-Textile.pdf pada Mei 2019.
- Md Shah A.U., Sultan M.T.H., Jawaid M., Cardona F., and Talib A.R.A. 2016. A review on the tensile properties of bamboo fiber reinforced polymer composites. *Bioresources* 11(4): 10654-10676.
- Okubo K., Fujii, T. and Yamamoto, Y. 2004. Development of bamboo-based polymer composite and their mechanical properties. *Composites: Part A* 35:377-383.
- Osorio L., Trujillo E., Van Vuure A.W. and Verpoest I. 2011. Morphological aspects and mechanical properties of single bamboo fibers and flexural characterization of bamboo/epoxy composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 30(5): 396-408.
- Phong N.T., Fujii T., Chuong B., Okubo K. 2012. Study on how effectively extract bamboo fibers from raw bamboo and wastewater treatment. *Journal of Material Sciences Research*. Vol. 1, No. 1: 144-155.
- Refialdi G., Novan B., Judawisastra H., Mardiyati. 2017. Karakterisasi serat bambu petung untuk bahan komposit hijau polimer epoksi. *Seminar Nasional Jurusan Pendidikan Teknik Mesin*.
- Subash S., Retnam S.J.B. and Dhas E.R.J. 2017. A review of extraction of bamboo fibres and its properties. *International Journal of Advanced Chemical Sciences and Applications* Vol. 5, Issue 2: 22-27.
- Suhaily S.S., Khalil A.H.P.S., Nadirah W.W.O. and Jawaid M. 2013. Bamboo Based Biocomposites Material, Design and Applications. Chapter 19. Intech Open.
- Waite M. 2010. Sustainable textiles: the role of bamboo and a comparison of bamboo textile properties. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management* Vol. 6, Issue 3:1-22.
- Widjaja E.A. 2019. The spectacular Indonesian bamboos. ISBN 9786025232602.
- Yu Y., Jiang Z. and Fei B. 2011. An improved microtensile technique for mechanical characterization of short plant fibers: a case study on bamboo fibers. *Journal Mater Sciences* 46: 739-746.
- Yu Y., Tian G., Wang H., Fei B. and Wang G. 2011. Mechanical characterization of single bamboo fibers with nanoindentation and microtensile technique. *Holzforschung*. Vol. 66: 113-119.
- Zakikhani P., Zahari R., Sultan M.T.H. and Majid D.L. 2014. Extraction and preparation of bamboo fibre-reinforced composites. *Materials and Design* 63: 820-828.