

Variasi Kekuatan Tarik dan Komponen Kimia Dinding Sel pada Empat Jenis Bambu

(Variation of Tensile Strength and Cell Wall Component of Four Bamboos Species)

Naresworo Nugroho, Effendi T Bahtiar, Dwi P Lestari, Deded S Nawawi
Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor (IPB)
Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Corresponding author: naresworo@yahoo.com (Naresworo Nugroho)

Abstract

Bamboo is an alternative material of timber for building construction and furniture. The information of basic characteristic of bamboo is very important regarding to effective utilization of bamboo. This research aims to evaluate the variation of tensile strength and its relation to chemical cell wall component of bamboos. Four bamboos species namely andong (*Giganctochloa psedoarundinaceae*), betung (*Dendrocalamus asper*), mayan (*Gigantochloa robusta*), and tali (*Gigantochloa apus*) bamboos were subjected to analysis of its hollocellulose, cellulose, lignin, and tensile strength. Bamboo samples were taken from internode and node of middle section of bamboos stem. The results showed that the tensile strength of bamboo was influenced by chemical components of cell wall. The high content of alpha-cellulose and lignin contributed to high tensile strength of bamboo. Internode section of bamboo stem exhibited to have a higher tensile strength compared to node section.

Key words: alpha cellulose, bamboo cell wall components, lignin content, tensile strength

Pendahuluan

Bambu sebagai bahan alternatif kayu untuk bahan konstruksi bangunan memiliki beberapa keunggulan, yaitu cepat tumbuh, mudah didapat, buluh panjang dan mudah diolah, serta pada arah sejajar serat mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dari kayu (Idris *et al.* 1994). Konstruksi bambu sudah teruji tahan terhadap gempa (Purwitno 2008), dan hal ini mestinya berkaitan dengan sifat mekanis bambu yang sangat baik.

Sifat mekanis bambu dipengaruhi oleh jenis, umur, bagian batang, letak dan jarak ruas pada batang (Frick 2004). Dalam jaringan sel penyusun bambu,

lapisan sklerenkim, ikatan pembuluh dan serat berperan penting terhadap sifat mekanis bambu (Janssen 1981, Liese 1980, Haris 2008). Berdasarkan komponen kimianya, selulosa dan lignin lebih berperan terhadap kekuatan serat dibandingkan dengan hemiselulosa (Winandi & Rowell 1984), dan selulosa dianggap yang paling bertanggung jawab terhadap kekuatan serat karena merupakan polimer linier dengan derajat polimerisasi tinggi (Sjöstrom 1991).

Penggunaan bahan baku yang sesuai dengan sifat dasarnya akan memberikan manfaat yang lebih besar. Informasi sifat dasar bambu (sifat anatomi, kimia, fisis, dan mekanis) menjadi dasar pertimbangan dalam penggunaan bahan

yang efisien. Sifat anatomi dapat mempengaruhi sifat porositas, permeabilitas, fisis dan mekanis bambu. Sifat kimia yang berkaitan dengan sifat dasar komponen kimia penyusun bambu, akan mempengaruhi sifat-sifat lainnya seperti sifat fisis, keawetan, dan kekuatan bambu. Sementara itu, sifat fisis dan mekanis bambu merupakan sifat yang seringkali tidak bisa dipisahkan terkait dengan kekuatan bambu sebagai bahan. Oleh sebab itu, penelitian sifat anatomi dan kimia bambu serta kaitannya dengan sifat mekanis menjadi salah satu upaya untuk lebih memahami karakteristik bambu sebagai bahan baku konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sifat kimia empat jenis bambu terhadap kekuatan tarik berdasarkan perbedaan bagian buku (*node*) dan ruas (*internode*).

Bahan dan Metode

Penyiapan bahan

Penelitian menggunakan empat jenis bambu berumur sekitar tiga tahun, yaitu bambu andong (*Giganctochloa pseudoarundinaceae*), bambu betung (*Dendrocalamus asper*), bambu mayan (*Gigantochloa robusta*), dan bambu tali (*Gigantochloa apus*). Sampel uji diambil bagian ruas dan buku. Untuk pengujian kadar komponen kimia dinding sel, sampel bambu digiling dan disaring untuk mendapatkan serbuk berukuran 40-60 mesh. Sampel pengujian kekuatan tarik bambu disiapkan merujuk pada standar ASTM D 143-94 (ASTM 2008).

Pengujian kuat tarik sejajar serat

Kekuatan tarik sejajar serat bambu diuji merujuk pada standar ASTM D 143-94 yang dimodifikasi dengan panjang 30 cm, lebar 2 cm dan tebal sesuai kondisi bambu. Sampel uji kekuatan tarik dibuat

dengan bagian titik kritis pada bagian ruas dan buku. Kekuatan tarik bambu diuji dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk Instron. Keteguhan tarik sejajar serat dihitung dengan rumus:

$$\tau_{tr} // = \frac{P_{maks}}{A}$$

Keterangan:

$\tau_{tr} //$ = Keteguhan tarik sejajar serat (Kgf cm⁻²)

P_{maks} = Beban tarik maksimum (Kgf)

A = Luas penampang terkecil (cm²)

Pengujian kadar komponen kimia dinding sel bambu

Sifat kimia bambu diuji untuk kadar komponen kimia dinding sel (holoselulosa, selulosa, hemiselulosa, dan lignin) dan kadar air. Sampel uji serbuk bambu berukuran 40-60 mesh dibuat melalui proses penggilingan dan penyaringan. Pengujian mengikuti standar TAPPI T 222 om 88 (TAPPI 1997), dan Browning (1967). Kadar air serbuk diukur sebagai faktor koreksi berat sampel yang diuji.

Pengolahan data

Data diolah dan dianalisis korelasinya antara kadar komponen kimia dinding sel dengan kekuatan tarik bambu menggunakan *Microsoft Excel for Windows*. Pengujian dilakukan sebanyak masing-masing tiga ulangan untuk sifat mekanis dan dua ulangan untuk sifat kimia.

Hasil dan Pembahasan

Kadar polisakarida penyusun dinding sel

Holoselulosa merupakan fraksi total dari polisakarida penyusun dinding sel

tumbuhan yang terdiri atas selulosa dan hemiselulosa. Holoselulosa merupakan fraksi dominan penyusun dinding sel ke empat jenis bambu yang diuji dengan kadar berkisar 66,39-74,76%, dan tidak terlihat perbedaan signifikan antara bagian ruas dengan bagian buku (Gambar 1). Bambu andong memiliki kadar holoselulosa tertinggi sedangkan terendah terdapat pada bambu tali.

Kadar alfa selulosa pada empat jenis bambu yang diteliti berkisar 36,60-40,72%. Bambu betung memiliki kadar alfa selulosa tertinggi, sedangkan kadar alfa selulosa terendah dimiliki oleh bambu tali. Kadar alfa selulosa bagian ruas lebih tinggi berkisar 2,77-4,83% dibandingkan dengan bagian buku (Gambar 2). Tingginya kadar alfa selulosa pada bagian ruas tersebut dapat berkontribusi pada lebih tingginya kekuatan tarik sejajar serat bagian ruas dibandingkan dengan buku.

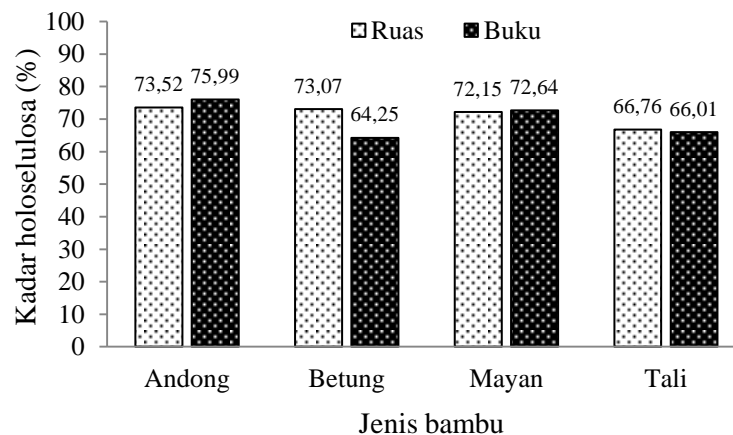
Keragaman kadar selulosa antar jenis bambu disebabkan oleh faktor genetik, sedangkan keragaman antar bagian ruas dan buku pada batang yang sama bisa disebabkan oleh perbedaan komposisi jaringan sel atau terjadinya perbedaan tegangan selama pertumbuhan. Seperti

halnya pada kayu, kadar selulosa pada pohon yang sama nilainya dapat berbeda karena perbedaan perbedaan tegangan pertumbuhan, seperti yang terjadi pada kayu reaksi (Sjostrom 1991).

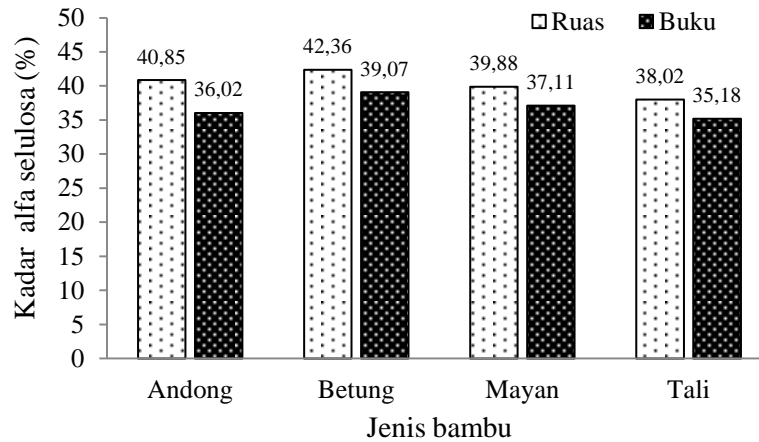
Dalam hubungan dengan sifat mekanis, fraksi selulosa dalam dinding sel akan lebih berperan dibandingkan dengan kadar polisakarida total. Hal ini karena holoselulosa terdiri atas selulosa dan hemiselulosa, serta terdapat perbedaan sifat kimia dari selulosa dan hemiselulosa. Selulosa yang memiliki struktur polimer linier dapat berpengaruh besar terhadap sifat mekanis kayu, sedangkan hemiselulosa yang lebih bersifat amorf akan berpengaruh terhadap sifat higroskopis bambu. Kadar hemiselulosa empat jenis bambu berkisar 27,94-36,32%. Bambu andong dan mayan memiliki kadar holoselulosa tinggi tetapi kadar hemiselulosanya juga tinggi.

Kadar lignin

Lignin terdapat diantara sel-sel dan di dalam dinding sel yang berfungsi sebagai perekat antar sel penyusun jaringan tumbuhan berkayu. Oleh sebab itu, selain selulosa, lignin berpengaruh terhadap



Gambar 1 Kadar holoselulosa empat jenis bambu berdasarkan bagian ruas dan buku.



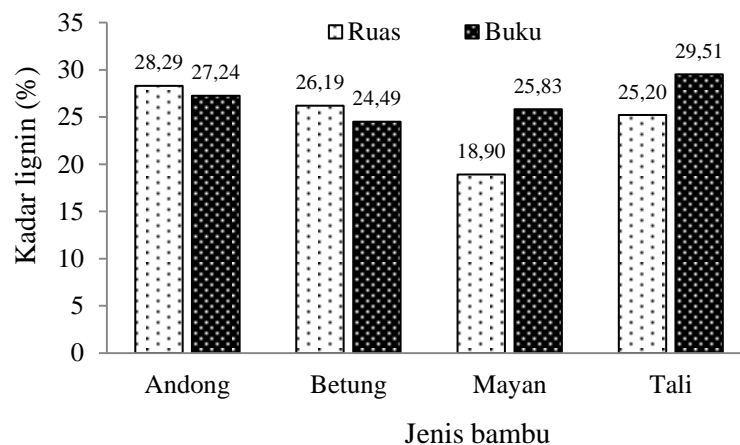
Gambar 2 Kadar alfa selulosa empat jenis bambu berdasarkan bagian ruas dan buku.

sifat fisis dan mekanis. Kadar lignin empat jenis bambu yang diteliti berkisar 22,37-27,77%. Bambu andong dan tali memiliki kadar lignin yang lebih tinggi dibandingkan dengan bambu betung, dan mayan (Gambar 3). Distribusi kadar lignin antara bagian ruas dan buku beragam untuk jenis bambu yang berbeda. Kadar lignin bagian ruas dari bambu andong dan betung lebih tinggi dibandingkan dengan bagian bukunya, sedangkan bambu mayan dan tali sebaliknya. Kadar lignin dan komposisinya adalah salah satu komponen kimia penyusun sel tumbuhan

yang sangat beragam baik antar jenis, antar pohon dalam jenis yang sama, antar bagian pohon, bahkan antar jaringan sel penyusun tumbuhan berkayu (Fegus & Goring 1975, Akiyama *et al.* 2002, Wadenback *et al.* 2004, Xu *et al.* 2006).

Kekuatan tarik sejajar serat dan korelasinya dengan komponen kimia dinding sel

Bambu memiliki kekuatan tarik sejajar serat tinggi karena dipengaruhi oleh struktur serat dan vaskularnya (Janssen 1981, Liese 1980, Haris 2008).



Gambar 3 Kadar lignin empat jenis bambu berdasarkan bagian ruas dan buku.

Tabel 1 Kekuatan tarik (kgf cm^{-2}) empat jenis bambu berdasarkan bagian ruas dan buku

Sampel	$\tau_{tr} // \text{serat} (\text{kgf cm}^{-2})$			
	Andong	Betung	Mayan	Tali
Ruas	3057	3471	2488	2856
Buku	2505	1764	967	1597

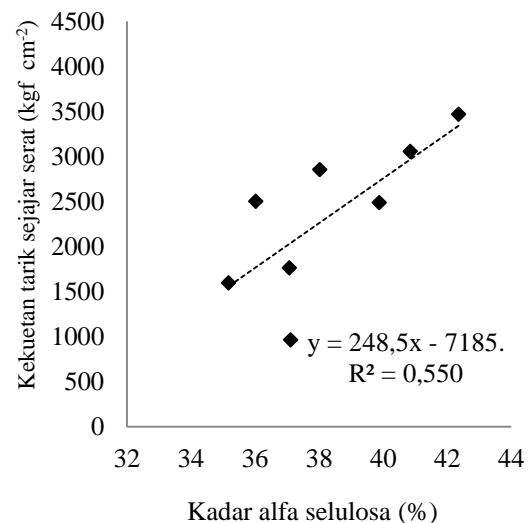
Kekuatan tarik sejajar serat pada empat jenis bambu berkisar 2488-3471 kgf cm^{-2} untuk bagian ruas, dan berkisar 967–2505 kgf cm^{-2} untuk bagian buku (Tabel 1). Kekuatan tarik sejajar serat bagian ruas bambu lebih tinggi dibandingkan dengan bagian buku. Selain perbedaan struktur anatomi, kadar dan sifat kimia dari komponen kimia penyusun bambu juga dapat menjadi penyebab perbedaan tersebut.

Kekuatan tarik bambu dipengaruhi oleh komponen kimia bambu khususnya komponen kimia dinding sel yang terdiri atas lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Dari komponen kimia bambu tersebut, lignin dan alfa selulosa sangat mempengaruhi kekuatan tarik bambu. Lignin merupakan perekat alami yang menggabungkan serat-serat selulosa, sehingga berkontribusi terhadap sifat kekakuan, sedangkan selulosa memiliki struktur polimer linier dengan fraksi kristalin tinggi. Oleh karena itu dapat diduga bahwa dengan semakin tingginya kadar lignin dan alfa selulosa maka kekuatan tarik bambu akan semakin tinggi pula. Sementara itu hemiselulosa tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan tarik bambu. Hal ini karena hemiselulosa memiliki struktur yang amorf dan berderajat polimerisasi serta kristanilitas rendah.

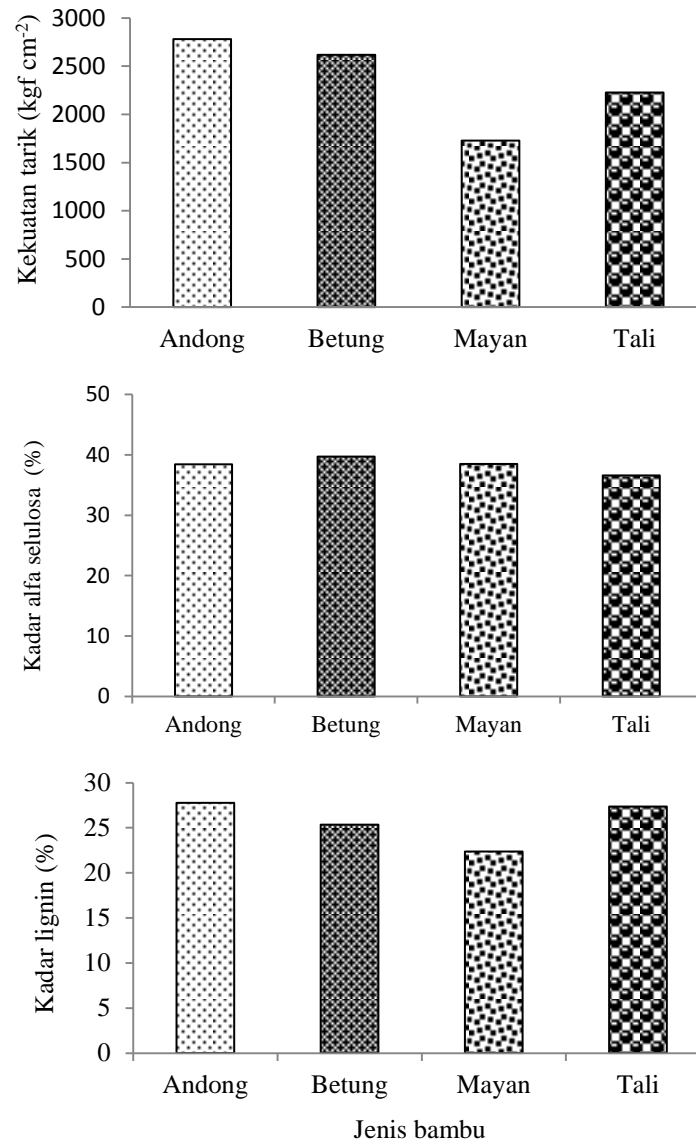
Dilihat dari komponen kimianya, bambu mayan memiliki kadar holoselulosa, alfa selulosa dan lignin tinggi, sedangkan bambu betung, andong, dan tali

memiliki kadar holoselulosa, alfa selulosa dan lignin yang lebih rendah. Walaupun pada umumnya sifat mekanis dipengaruhi oleh kadar komponen kimia penyusun dinding sel, akan tetapi antara selulosa, hemiselulosa dan lignin memiliki kontribusi yang berbeda. Hal ini karena ketiga komponen kimia dinding sel tersebut memiliki sifat kimia yang berbeda.

Berdasarkan analisis regresi sederhana, menunjukkan bahwa kekuatan tarik sejajar serat bambu berkorelasi cukup tinggi dengan kadar alfa selulosa, $r=0,74$ (Gambar 4), dan diikuti dengan kadar lignin dengan korelasi yang lebih rendah.



Gambar 4 Korelasi antara kadar alfa selulosa dengan kekuatan tarik sejajar serat bagian ruas dan buku empat jenis bambu.



Gambar 5 Rataan nilai kekuatan tarik sejajar serat, kadar alfa selulosa dan lignin pada empat jenis bambu.

Terhadap kekuatan tarik, kadar selulosa atau alfa selulosa memegang peranan sangat besar diikuti oleh lignin, sedangkan hemiselulosa relatif kecil pengaruhnya (Minandhi & Rowell 1984). Hal ini karena selulosa adalah polimer linier yang membentuk mikofibril serat dengan derajat polimerisasi tinggi (Sjöstrom 1991), dan kadar alfa selulosa merepresentasikan fraksi selulosa murni dengan derajat polimerisasi dan

kristalinitas tinggi (Fengel & Wegener 1984). Akan tetapi jika dilihat nilai rata-rata antara bagian ruas dan buku, keragaman kekuatan tarik sejajar serat antar jenis bambu dipengaruhi oleh kadar lignin (Gambar 5). Hal ini disebabkan kadar selulosa rata-rata dari bagian ruas dan buku untuk ke empat jenis bambu relatif hampir sama, sehingga keragaman kadar lignin menjadi faktor pembeda yang berpengaruh terhadap kekuatan

tarik sejajar serat bambu. Hal ini mengindikasikan secara keseluruhan kekuatan mekanis bambu dipengaruhi oleh kombinasi kadar dan sifat kimia komponen dinding sel bambu, khususnya selulosa dan lignin.

Kesimpulan

Kadar komponen kimia dinding sel empat jenis bambu yang diteliti terdiri atas holoselulosa 66,39-74,76%, alfa selulosa 36,60-40,72%, hemiselulosa 27,94-36,32%, dan lignin 22,37-27,77%. Kadar alfa selulosa bagian ruas lebih tinggi dibandingkan dengan bagian buku, sedangkan kadar hemiselulosa dan lignin beragam bergantung pada jenis bambu. Kekuatan tarik sejajar serat bagian ruas lebih tinggi dibandingkan dengan bagian buku. Berdasarkan korelasinya dengan komponen kimia dinding sel, kekuatan tarik sejajar serat bambu dipengaruhi oleh kadar alfa selulosa dan lignin.

Daftar Pustaka

- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 2008. *Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber* D 143-94. Philadelphia: ASTM.
- Browning BL. 1967. *Methods of Wood Chemistry*. New York: Interscience Publ.
- Donaldson L, Hague J, Snell R. 2001. Lignin distribution in coppice poplar, linseed and wheat straw. *Holzforschung* 55:379-385.
- Dransfield S, Widjaja EA. 1995. *Plant Resources of South East Asia (PROSEA) No.7: Bamboos*. Leiden: Backhuys Publisher.
- Fengel D, Wegener G. 1984. *Wood; Chemistry, Ultrastructure, Reaction*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Fergus BJ, Goring DAI. 1970. The location of guaiacyl and syringyl lignin in birch xylem tissue. *Holzforschung* 24:113-117.
- Frick H. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu. Seri Konstruksi Arsitektur 7*. Yogyakarta: Kanisius.
- Haris A. 2008. Pengujian sifat fisis dan mekanis buluh bambu sebagai konstruksi menggunakan ISO 22157-1: 2004 [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Haygreen JG, Bowyer JL. 2003. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. 3rd Edition. Iowa: Iowa State University Press.
- Idris AA, Firmanti A, Purwito. 1994. Penelitian bambu untuk bahan bangunan. *Prosiding Seminar Strategi penelitian Bambu di Indonesia*. Serpong, 21-22 Juni 1994. Serpong: PUSPITEK
- Janssen JJA. 1981. The relationship between the mechanical properties and the biological and chemical composition of bamboo. Di dalam: Higuchi T, editor. *Proceedings of the Congress Group 5.3, Productions and Utilization of Bamboo and Related Species, XVII International Union Forest Research Organization World Congress*. Kyoto: Kyoto Univ. Pp 27-32.
- Liese W. 1985. Anatomy of bamboo *Proceedings Workshop Bamboo Research in Asia*, Singapore, 28-30 May 1980. Ottawa: International Development Research Center.
- Musha Y, Goring DAI. 1975. Distribution of syringyl and guaiacyl moieties in hardwood as indicated by ultraviolet microscopy. *Wood Sci. Technol.* 9(1):45-58.

- Purwito. 2008. Standardisasi bambu sebagai bahan bangunan alternatif pengganti kayu. *Prosiding PPI*, 5 November 2008.
- Sjöstrom E. 1991. *Wood Chemistry, Fundamentals and Applications*. New York: Springer.
- [TAPPI] Technical Association of Pulp and Paper Industry. 1997. *TAPPI Test Methods*. Atlanta: TAPPI Press.
- Wangaard FF. 1950. *The Mechanical Properties of Wood*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Wadenback J, Clapman D, Gellerstedt G, von Arnold S. 2004. Variation in content and composition of lignin in young wood of Norway spruce. *Holzforschung* 58:107-115.
- Winandhi JE, Rowell R. 1984. Chemistry of Wood Strength. In: Rowell R. Editor. 1984. *The Chemistry of Solid Wood*. Washington: American Chemical Society. Pp. 211-255.
- Xu F, Sun RC, Lu Q, Jones GL. 2006. Comparative study of anatomy and lignin distribution in normal and tension wood of *Salix gordejecii*. *Wood Sci. Technol.* 40:358-370.
- Riwayat naskah (*article history*)
 Naskah masuk (*received*): 21 Maret 2013
 Diterima (*accepted*): 26 Mei 2013