

Pengaruh Pengukusan dan Pengempaan Panas terhadap Beberapa Sifat Kayu Jabon untuk Bahan Mebel

(The Effect of Steaming and Heat-Compression on the Properties of Jabon Wood for Furniture Materials)

Efrida Basri^{1*}, Abdurachman¹, Wahyu Dwianto²

¹Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan (PUSTEKOLAH), Jl. Gunung Batu 5, Bogor.

²Pusat Penelitian Biomaterial Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Raya Bogor Km. 46, Cibinong Bogor.

*Penulis korespondensi: denvig@yahoo.com

Abstract

The inferior properties of juvenile jabon wood (*Anthocephalus cadamba* Miq.) limit its utility. Densification through heat-compression presently conducted is possibly useful to improve its properties. Preceding heat-compression, jabon wood samples were either steamed or non-steamed. Heat-compression temperatures were varied at 170 °C, 180 °C and 190 °C. Compression was carried out until 20% reduction in wood thickness. Physical and mechanical properties and machining properties of the compressed wood samples were determined in accordance with standard procedures of ASTM D143-94 and ASTM D1666-64, respectively. In the present works, both of the ASTM standard referred were slightly modified. X-ray diffractometer (XRD) was used to determine crystallinity degree of wood. The result showed that either steamed or not, densification was successfully increased the properties of juvenile jabon wood and satisfied the requirement of wood for furniture raw materials.

Keywords: furniture, heat pressure, steaming, wood properties, young age-jabon

Abstrak

Kayu jabon muda (*Anthocephalus cadamba* Miq.) yang baru dipanen memiliki sifat inferior sehingga penggunaannya terbatas. Pematatan dengan tekanan panas adalah salah satu metode untuk memperbaiki sifat kelemahan kayu. Tulisan ini mempelajari kemungkinan pematatan kayu jabon dengan tekanan panas untuk memperbaiki sifat-sifat kayunya. Kayu jabon yang dikukus dan tidak dikukus dikempa panas dengan tiga variasi suhu yaitu 170 °C, 180°C dan 190°C hingga tebal kayu berkurang sebesar 20%. Pengujian sifat fisis dan mekanis kayu menggunakan standar ASTM D143-94 yang dimodifikasi, sifat pemesinan dengan ASTM D1666-64 yang dimodifikasi, dan uji kristalinitas kayu dengan *X-Ray Diffractometer* (XRD). Hasil penelitian menunjukkan perlakuan pematatan, baik pada contoh uji yang dikukus maupun tidak dikukus dapat memperbaiki sifat kayu jabon umur muda untuk bahan mebel.

Kata kunci: jabon muda, kempa panas, pengukusan, mebel, sifat kayu

Pendahuluan

Persyaratan teknis kayu untuk bahan mebel harus memenuhi SNI 01-0608-1989 (BSN 1989), baik dari kadar air, kekuatan, keawetan, kemudahan dalam pengerjaan dengan mesin, maupun

penampilan atau bernilai dekoratif. Berdasarkan standar tersebut, kelas kuat dan kelas awet kayu untuk bahan mebel yaitu III. Kayu sebagai bahan mebel harus memiliki dimensi yang stabil untuk meminimalisir terjadinya distorsi pada

komponen atau sambungannya, sehingga kekuatannya menjadi lemah (Menon & Burgess 1979, Praptoyo 2010).

Jabon (*Antocephalus cadamba* Miq.) termasuk family Rubiaceae tumbuh baik pada jenis tanah lempung, podsolik coklat dan alluvial lembab (Martawijaya *et al.* 2005). Dibandingkan jati, pertumbuhan jabon sangat cepat. Jika kondisi tanah serta lingkungan pertumbuhannya optimal maka tanaman ini bisa dipanen dalam jangka waktu 5 tahun dengan diameter batang sekitar 30 cm (Anonim 2011). Keunggulan lain dari kayu jabon terletak pada tingkat kelurusan batangnya yang sangat bagus dengan batang bebas cabang sampai 60% serta lebih tahan terhadap penyakit. Tekstur kayu jabon yang agak halus dengan arah serat lurus (kadang agak berpadu), serta tahan terhadap rayap kayu kering (Martawijaya *et al.* 2005), membuat kayu tersebut banyak diminati oleh industri mebel. Namun, hasil penelitian Utami (2013) menunjukkan sampai umur pohon 7 tahun porsi kayu muda (*juvenile wood*) kayu jabon masih 100%, sehingga kemungkinan memiliki dimensi yang tidak stabil serta pecah ujung dalam pengeringan jika menggunakan jabon yang belum memenuhi persyaratan panen.

Upaya menstabilkan dimensi serta meningkatkan kerapatan dan kekuatan kayu dapat dilakukan melalui pemadatan (densifikasi) dengan kempa panas (Esteves *et al.* 2007). Kayu yang dipadatkan lebih kristalin, sehingga berdimensi lebih stabil dibandingkan kayu aslinya (Haygreen & Bowyer 1993, Hill 2006, Basri 2011, Hadiyane *et al.* 2011). Derajat kristalinitas merupakan proporsi daerah kristalin dengan total daerah kristalin dan daerah amorf pada selulosa kayu (Lee 1962, Moon *et al.* 2011). Semakin tinggi

derajat kristalinitas kayu, semakin bagus sifat-sifat kayunya (Hadiyane *et al.* 2011). Kerusakan ikatan H antar molekul-molekul di dalam matriks hemiselulosa-lignin agar dapat mencapai daerah kristalit mulai terjadi pada suhu 150 °C.

Perubahan sifat kayu yang dimodifikasi dengan perlakuan kempa panas bergantung pada kadar air, perlakuan awal dan besarnya suhu, serta sifat kayu asal atau jenis kayunya (Hill 2006). Pengempaan terhadap kayu diupayakan tidak merusak dinding sel karena akan menurunkan kekuatan kayu. Hal tersebut bisa diperoleh jika dinding sel kayu plastis sehingga mudah dipadatkan. Plastisasi dinding sel dapat dilakukan dengan perlakuan pengukusan atau perebusan sebelum kayu dipadatkan (Navi *et al.* 2000, Ibach 2010). Waktu pengukusan yang disarankan Ibach (2010) untuk kayu dengan kadar air 20-25% adalah 15 menit cm^{-1} tebal kayu, sedangkan untuk kadar air lebih rendah sekitar 30 menit cm^{-1} tebal kayu

Tulisan ini mempelajari peningkatan sifat kayu jabon umur 5 tahun dengan pemadatan melalui perlakuan pengukusan dan pengempaan pada beberapa kondisi perlakuan. Sifat kayu yang diteliti meliputi beberapa karakter yang berhubungan dengan persyaratan pemakaian kayu untuk mebel yang penempatannya di dalam ruangan (*indoor*).

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan yang digunakan adalah kayu jabon umur 5 tahun dari hutan rakyat di Jawa Barat. Ukuran diameter batang setinggi dada berkisar antara 27–30 cm dan tinggi batang bebas cabang 6–7 m. Pengambilan contoh dilakukan seperti pada skema Gambar 1.

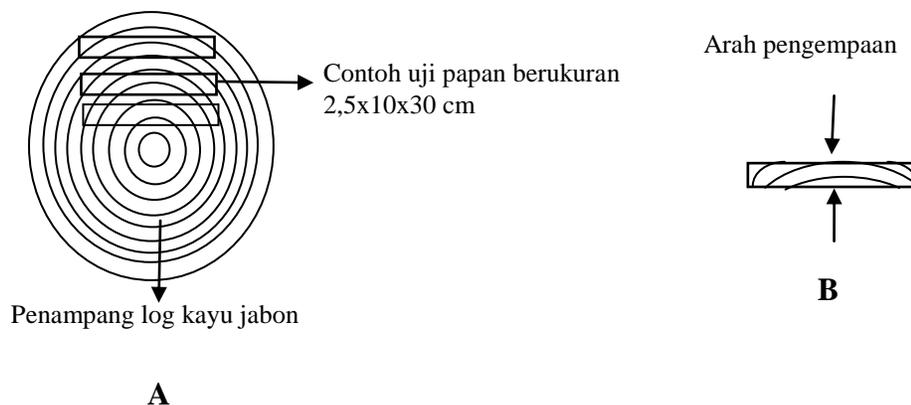
Metode Penelitian

Contoh uji kayu yang dipadatkan dan kontrol berukuran 2,5 cm (tebal) x 10 cm (lebar) x 30 cm (panjang) dibuat dari papan tangensial. Prosedur pembuatan contoh uji maupun pengujian sifat fisik dan mekanis kayu mengacu pada ASTM D143-94 (ASTM 2006) yang dimodifikasi dan sifat pemesian kayu pada ASTM D1666-64 (ASTM 1981) yang dimodifikasi sesuai kondisi bahan dan peralatan yang tersedia (Supriadi dan Rachman 2003). Ukuran contoh uji untuk sifat fisis kayu 2,5 (tangensial/T) x 2,5 (radial/R) x 3 cm (longitudinal/L) dan sifat mekanis kayu 2,5 (T) x 2,5 cm (R) x 30 cm (L), sedangkan sifat pemesian 2,5 cm (tebal) x 10 cm (lebar) x 30 cm (panjang) sesuai ukuran kayu yang dipadatkan. Cacat pemesian kayu yang diamati mencakup cacat pembentukan, pemboran, dan pembubutan. Jumlah contoh uji untuk setiap perlakuan 3 buah.

Contoh uji untuk semua perlakuan dikeringkan bersama-sama dalam dapur pengering kombinasi tenaga surya dan panas tungku pada suhu 40–60 °C secara

bertahap sampai kayu mencapai kadar air 25% untuk perlakuan pemadatan dan 10% untuk kontrol. Berikutnya, contoh uji dikelompokkan untuk perlakuan dikukus dan tidak dikukus. Pengukusan dilakukan pada suhu 125 °C selama 40 menit. Pemadatan contoh uji menggunakan tekanan 25 kg cm⁻² dengan 3 perlakuan suhu kempa, yaitu 170 °C, 180 °C, dan 190 °C sampai tebal contoh uji berkurang sebesar 20%. Semua contoh uji yang telah dipadatkan, ditimbang berat dan diukur dimensi lebar dan tebalnya, kemudian disimpan dalam ruangan yang lembab (Rh ±80%) selama 1 bulan. Selanjutnya, contoh uji diamati sifat fisis, mekanis, kualitas pemesian, perubahan permukaan fisik kayu (warna dan kehalusan permukaan) secara visual, dan derajat kristalinitas kayu. Uji kristalinitas kayu menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD).

Kualitas pemesian kayu yang dipadatkan diklasifikasi berdasarkan persentase nilai bebas cacat dari tiga cacat yang diamati (Tabel 1).



Gambar 1 Skema pengambilan contoh uji (A) dan arah pengempaan (B).

Tabel 1 Nilai bebas cacat dan klasifikasi sifat pemesinan

Nilai bebas cacat (%)	Kelas	Kualitas pemesinan
0 - 20	V	Sangat buruk
21 - 40	IV	Buruk
41 - 60	III	Sedang
61 - 80	II	Baik
> 80	I	Sangat baik

Sumber: Supriadi dan Rachman (2003)

Rancangan percobaan dan analisis data

Data sifat fisis dan mekanis diolah dengan bantuan program SAS 612. Untuk menelaah data kedua sifat kayu tersebut (kerapatan, berat jenis, pengembangan tebal, kadar air setimbang, keteguhan lentur dan keteguhan tekan mutlak) dari berbagai perlakuan (masing-masing perlakuan 3 ulangan), digunakan rancangan acak lengkap dengan model linier :

$$Y_{ijk} = u + T_i + E_{ij}$$

di mana: Y_{ij} = sifat fisis/mechanis kayu yang dipadatkan pada perlakuan (T) ke I dan ulangan ke j;

T_{1-3} = suhu 170 °C, 180 °C, 190 °C (tanpa dikukus);

T_{4-6} = suhu 170 °C, 180 °C, 190 °C (dikukus);

T_7 = 172 kontrol (hanya dikeringkan secara konvensional)

Jika pengaruh perlakuan nyata terhadap sifat fisis-mekanis kayu jabon yang dipadatkan, maka penelaahan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) atau uji Tukey (Snedecor & Cochran 1980).

Hasil dan Pembahasan

Sifat fisis

Pemadatan kayu dikatakan berhasil apabila dapat meningkatkan nilai kerapatan dan berat jenis (BJ) kayu, serta menurunkan pengembangan tebal dan kadar air kesetimbangan kayu. Pada

Tabel 3, tampak kerapatan dan BJ jabon yang dipadatkan pada suhu kempa 170–180 °C, baik pada contoh uji dikukus maupun tidak dikukus meningkat antara 17-43% (rata-rata 26%) atau 1,4 kali dibandingkan dengan kayu kontrol, kemudian menurun dengan penambahan suhu kempa 190 °C. Meskipun terjadi penurunan nilai kerapatan dan BJ kayu terpadatkan ketika suhu kempa dinaikkan 190 °C, namun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan kayu tanpa dipadatkan. Peningkatan nilai kerapatan kayu jabon yang dipadatkan sudah sesuai dengan hasil yang dikeluarkan oleh Forest Products Laboratory USA (FPL 1999) yaitu meningkat 1,25–1,40 kali dibandingkan dengan kerapatan kayu tanpa dipadatkan. Di samping kerapatan dan BJ kayu meningkat, warna kayu jabon yang dipadatkan juga berangsur-angsur bertambah gelap dengan penambahan suhu kempa dari 170 °C, 180 °C, dan 190 °C (Gambar 1).

Kerapatan kayu yang dipadatkan bertambah terkait dengan berkurangnya porositas kayu karena dinding sel kayu satu dengan lainnya saling merapat akibat melunaknya lignin. Menurut Takahashi *et al.* (1998), pelunakan kayu terjadi pada dua tahap, yaitu pada suhu sekitar 80 °C dan 180 °C. Dijelaskan oleh Tabarsa (2002) dalam Hadiyane (2011), pelunakan lignin terjadi saat tercapai suhu transisi gelas (Tg) lignin sebesar 83 °C, berikutnya terjadi dekomposisi hemiselulosa di dinding sel menjadi monomer gula pada suhu sekitar

180 °C. Pada kondisi tersebut, terjadi relokasi lignin dari dalam ke permukaan dan mengisi ruang matriks kayu serta degradasi selulosa dan hemiselulosa, sebagaimana dibuktikan dari hasil analisa kimia kayu yang dipadatkan (Basri 2011, Hadiyane *et al.* 2011). Hal ini menyebabkan kayu jabon yang dipadatkan meskipun warnanya lebih gelap, namun teksturnya lebih halus, permukaan kayu lebih mengkilap dan ketika diraba lebih licin. Kayu jabon hasil pemadatan dengan kempa panas juga lebih padat karena selulosa kristalinnya bertambah, sebagaimana dibuktikan dengan kenaikan derajat kristalinitas kayu dari rata-rata 48,6% (kayu asli) menjadi 54,3% (kayu terpadatkan).

Dibandingkan dengan kayu yang tidak dikukus, sifat fisis kayu yang dikukus pada suhu 180 °C selama 40 menit sebelum dipadatkan sedikit lebih baik. Menurut Koshima dan Watanabe (2003) dalam Suhasman *et al.* (2009), kehadiran uap air di dalam dinding sel kayu dapat membantu mempercepat proses plastisasi lignin, sehingga sewaktu mengempa kayu yang dikukus dimensinya cenderung tidak mengembang lagi. Berkurangnya higroskopitas

atau kemampuan kayu mengeluarkan dan menyerap air ke lingkungan merupakan salah satu faktor penting untuk menjaga kualitas mebel kayu, terutama yang akan ditempatkan pada ruang berpendingin atau berpanas.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan nyata berpengaruh terhadap sifat fisis kayu jabon, meskipun hasil uji lanjutannya perbedaan tersebut hanya pada kayu yang dipadatkan dan kontrol (Tabel 2). Secara keseluruhan sifat fisis kayu jabon yang dipadatkan (baik yang dikukus ataupun tanpa kukus, juga pada selang suhu 170–190 °C) cenderung lebih baik dibandingkan sifat fisis kayu jabon asli (kontrol).

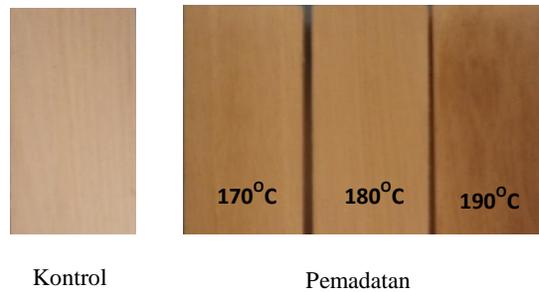
Sifat mekanis

Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat mekanis kayu adalah BJ kayu (Oey, 1991). Oleh karena itu kayu yang dipadatkan umumnya memiliki sifat mekanis lebih baik dibandingkan kayu asli. Pada penelitian ini, kayu jabon yang dipadatkan menggunakan suhu kempa 170-190 °C dapat menaikkan nilai keteguhan lentur dan keteguhan tekannya (Tabel 3).

Tabel 2 Nilai rata-rata sifat fisis kayu jabon yang dipadatkan, diikuti dengan hasil uji jarak beda nyata jujur

Perlakuan awal	Suhu kempa (°C)	Kerapatan (g cm ⁻³)	Berat jenis	Pengembangan	
				tebal (%)	Kadar air setimbang (%)
Kontrol	-	0,34b	0,30b	3,0b	15,8b
	170	0,47a	0,40a	2,5a	11,9a
Tanpa kukus	180	0,47a	0,40a	1,9a	11,0a
	190	0,44a	0,38a	1,9a	11,0a
Kukus	170	0,48a	0,42a	1,5a	10,4a
	180	0,49a	0,43a	1,4a	10,2a
	190	0,47a	0,41a	1,4a	9,2a

Keterangan Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata [a>b]



Gambar 1 Kayu jabon hasil pemadatan dan kontrol.

Hal ini diduga sewaktu permukaan kayu dikenai tekanan dan panas, molekul selulosa pada daerah amorf mengkristal ataupun terjadi perekatan mikrofibril oleh lignin yang meleleh dan kemudian mengeras pada suhu kamar, sehingga kayu menjadi lebih padat dan kokoh.

Pengukusan pada suhu 180 °C selama 40 menit sebelum kayu dipadatkan juga menghasilkan sifat mekanis kayu jabon yang dipadatkan lebih baik dibandingkan kayu tanpa dikukus. Hasil uji BNJ (Tabel 3) menunjukkan perlakuan kukus maupun tanpa kukus dan penggunaan suhu kempa 170–190 °C, tidak berpengaruh terhadap sifat mekanis kayu. Secara keseluruhan sifat mekanis kayu jabon yang dipadatkan (baik yang dikukus ataupun tanpa kukus pada 170–190 °C) cenderung lebih baik dibandingkan kontrol. Berdasarkan spesifikasi

kelas kuat kayu yang berlaku di Indonesia (Oey 1990), kekuatan kayu jabon terpadatkan naik dari kelas kuat IV (kayu asli) menjadi kelas kuat III.

Pemesinan

Persentase nilai bebas cacat pada kegiatan pembentukan, pemboran, maupun pembubutan kayu jabon yang dipadatkan lebih tinggi dibandingkan kayu asli (kontrol), namun jika mengacu pada klasifikasi sifat pemesinan kayu Indonesia (Supriadi & Rachman 2003), kualitas pemesinan kedua tipe kayu tersebut sama-sama kelas II, kecuali kualitas pemboran (Tabel 4). Meskipun begitu, permukaan fisik kayu jabon yang dipadatkan lebih baik dibandingkan permukaan fisik kayu tanpa dipadatkan (kayu asli).

Tabel 3 Nilai rata-rata sifat mekanis kayu jabon yang dipadatkan, diikuti dengan hasil uji jarak beda nyata jujur

Perlakuan awal	Suhu kempa (°C)	Keteguhan lentur mutlak (kg cm ⁻²)	Keteguhan tekan mutlak (kg cm ⁻²)	Kelas kuat ¹
Kontrol (<i>Control</i>)	-	544d	304b	IV
Tanpa kukus (<i>Non-steaming</i>)	170	668bc	355a	III
	180	762ab	370a	III
	190	738abc	340a	III
Kukus (<i>Steaming</i>)	170	720abc	366a	III
	180	790a	382a	III
	190	766ab	365a	III

Keterangan : ¹Klasifikasi kelas kuat kayu mengacu pada Oey (1990). Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata [a>b>c.d]

Tabel 4 Nilai bebas cacat sifat pemesinan (%) dan kelas kualitas pemesinan

Perlakuan	Nilai bebas cacat (%) (Kualitas pemesinan)		
	Pembentukan	Pemboran	Pembubutan
Kontrol	67 (II)	56,5 (III)	67,5 (II)
Pemadatan	74 (II)	60 (III)	76 (II)

Keterangan: Kelas II= Baik III= Sedang

Berdasarkan data sifat fisis, mekanis, pemesinan, maupun nilai keindahan kayu menunjukkan kayu jabon umur 5 tahun yang dipadatkan pada suhu minimal 170 °C, baik dengan maupun tanpa perlakuan kukus telah memenuhi kriteria SNI 01-0608-1989 (BSN 1989) untuk kayu mebel.

Kesimpulan

Perlakuan pemadatan kayu jabon umur 5 tahun dengan kempa panas, baik diawali dengan proses pengukusan maupun tanpa pengukusan dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Tampilan permukaan kayu yang dipadatkan indah, halus dan licin, sekalipun warnanya lebih gelap. Penggunaan suhu kempa 170–180 °C pada proses pemadatan menaikkan nilai kerapatan dan berat jenis kayu berturut-turut dari 0,34 g cm⁻³ menjadi 0,47 g cm⁻³ dan 0,30 menjadi 0,41, sebaliknya menurunkan pengembangan tebal dan kadar air setimbang berturut-turut dari 2,5% menjadi 1,8% dan 15,8% menjadi 10,6%. Sifat mekanis kayu yang dipadatkan: keteguhan lentur mutlak naik dari 544 kg cm⁻² ke 741 kg cm⁻² dan keteguhan tekan mutlak naik dari 304 kg cm⁻² ke 363 kg cm⁻². Berdasarkan spesifikasi kelas kuat kayu yang berlaku di Indonesia, maka kekuatan kayu jabon terpadatkan naik dari kelas kuat IV (kayu asli) menjadi kelas kuat III. Berdasarkan

persyaratan SNI untuk kayu mebel, jabon umur 5 tahun yang dipadatkan pada suhu minimal 170 °C, baik yang dikukus maupun tidak dikukus sudah memenuhi persyaratan sebagai bahan baku mebel.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Ris. Dr. Gustan Pari MSi. yang turut memberikan masukan.

Daftar Pustaka

- [ASTM] American Standard for Testing Materials. 1981. *Standard Method of Conducting Machining Test of Wood and Wood Based Materials*: ASTM D1666-64. Annual Book of ASTM Standards, Part 22. Philadelphia: ASTM.
- [ASTM] American Standard for Testing Materials. 2006. *Standard Method of Testing Small Clear Specimen of Timber D143-94 (modifikasi)*. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 0410 (Wood). Philadelphia: ASTM.
- Basri E. 2011. *Kualitas kayu waru gunung (Hibiscus macrophyllus Roxb.) pada tiga kelompok umur dan sifat densifikasinya untuk bahan mebel*. [Tesis]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Esteves B, Domingo I, Pereira H. 2007. *Improvement of technological quality*

- of eucalypt wood by heat treatment in air at 170-200°C. *For. Prod. J.* 57 (1/2):47-52.
- [FPL] Forest Products Laboratory. 1999. *Wood Handbook. Forest Product Laboratory. USDA For. Serv. Agricultural Handbook 72*. Madison: USDA.
- Hadiyane A, Coto Z, Wahyudi I, Febrianto F, Pari G. 2011. Perubahan komponen kimia kayu terpadatkan secara parsial. *Prosid. Sem. Nas. MAPEKI XIV*, Yogyakarta 6-7 November 2011. Yogyakarta: MAPEKI. Pp 911-915.
- Haygreen JG, Bowyer JL. 1993. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar*. Sutjipto Hadikusumo, penerjemah. Yogyakarta: Gajah Mada Univ. Press. Terjemahan dari *Forest Products and Wood Science*.
- Hill C. 2006. *Wood Modification: Chemical, Thermal, and Other Processes. School of Agricultural & Forest Sciences*. London: John Wiley & Sons, Ltd. Pp.239.
- Ibach RE. 2010. *Specialty Treatments. Wood Handbook Chapter 19. Forest Products Laboratory*. Madison: USDA.
- Lee CL. 1962. Crystallinity of wood cellulose fibers studies by X-Ray methods. *For. Prod. J.* 11: 108 – 112.
- Martawijaya A, Kartasujana I, Mandang YI, Prawira SA, Kadir K. 2005. *Atlas Kayu Indonesia Edisi II.* Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Menon PKB, Burgess HJ. 1979. *Malaysian Timbers for Furniture. Revised by H.C. Sim. Timber Research Officer*. Kepong: Forest Research Institute.
- Moon RJ, Martini A, Nairn J, Simonsen J, Youngblood J. 2011. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chem. Soc. Rev.* 40:3941–3994.
- Navi P, Girardet F, Heger F. 2000. Thermo-hydro-mechanical post treatments of densified wood. In: P D. Evans. *Proceed. of 5th Bio-Based Composites Symposium in Canberra*, December 10-13, 2000. Canberra: The Australian National University.
- Oey DS. 1990. *Berat Jenis dari Jenis-Jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek. Pengumuman No. 1*. Bogor: Pusat Litbang Hasil Hutan.
- Praptoyo H. 2010. *Pengenalan Sifat Dasar Kayu untuk Mebel dan Kerajinan. Dalam Peningkatan Kualitas Mebel dan Kerajinan Kayu Ekolabel*. Yogyakarta: Pusat Pendidikan dan Pelatihan THH Fahutan UGM dan Cakrawala Media Yogyakarta.
- Snedecor GW, Cochran WG. 1980. *Statistical Methods. 5th edition*. Ames: IOWA State Univ. Press.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1989. Kayu untuk Mebel, Syarat Sifat Fisik dan Mekanik. SNI 01-0608-1989. Jakarta: BSN.
- Suhasman S, Sadiyo S, Coto Z. 2009. Perbaikan karakteristik kayu kelapa hibrida melalui metode pemanasan dan pemadatan. *J. Perennial* 5 (1): 1-8.
- Supriadi A, Rachman O. 2003. Hubungan sifat pemesinan dengan berat jenis dan jumlah pori empat jenis kayu kurang dikenal asal Kalimantan Timur. *Bul. Penelit. Has. Hutan* 21(2): 175-188.

Takahashi K, Marooka T, Norimoto M.
1998. Thermal softening of wet wood
in the temperature range of 0 – 200
°C. *Bull. Wood Research Insti.* 78-80.

Utami NG. 2013. Penentuan masa
transisi kayu juvenil ke kayu dewasa
pada bagian tengah batang sengon

(*Falcataria moluccana* (Miq). B.
Grimes) dan jabon (*Anthocephalus
cadamba* Miq.). [Skripsi]. Bogor: IPB.

Riwayat naskah (*article history*)

Naskah masuk (*received*): 24 Februari 2014

Diterima (*accepted*): 5 April 2014