

Sifat Kimia Kayu Jati (*Tectona grandis*) pada Laju Pertumbuhan Berbeda

(*Chemical Properties of Teak Wood on Different Growth-rates*)

Ganis Lukmandaru

Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada
Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Sleman, Jogjakarta, 55281

Corresponding author: ganisarema@lycos.com (Ganis Lukmandaru)

Abstract

Chemical properties of 32 teak woods representing 3 different diameter classes (slow, medium, and fast growth-rate) at the same age class were evaluated. The content of cell wall component and extractives of outer heartwood part were determined according to ASTM and TAPPI standard. The extractives components of wood were characterized by Gas-Chromatography Mass-Spectrometry (GC-MS). By analysis of variance, there was not significant difference among the growth-rate in the content of holocellulose, α -cellulose, pentosan, Klason lignin, acid soluble lignin, ash, and hot-water soluble extractives. The diameter class significantly affected the ethanol-benzene soluble extractives which faster growth-rate trees tend to have higher values than those of slower growth-rate trees. However, based on GC and GC-MS, there was not significant differences in the levels of major components of ethanol-benzene extracts both of quinones (deoxylapachol and its isomer, lapachol, tectoquinone, and tectol) and non-quinones (palmitic acid and squalene).

Key words : *Tectona grandis* L.f., growth-rate, diameter class, chemical properties, extractive content

Pendahuluan

Laju pertumbuhan merupakan salah satu aspek penting dalam pengelolaan hutan dan sering menjadi parameter dalam pemuliaan pohon. Banyak faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan seperti geografis, kondisi tempat tumbuh, perlakuan silvikultur, maupun genetik. Kompetisi dalam mendapatkan cahaya maupun unsur hara akan menyebabkan adanya perbedaan laju pertumbuhan yang menghasilkan pohon tertekan dan dominan. Laju pertumbuhan yang tinggi sangat diharapkan sehingga dalam waktu relatif singkat pohon sudah bisa dipanen dengan volume kayu besar. Selain itu, pertumbuhan yang cepat diharapkan juga menghasilkan mutu kayu yang tetap baik.

Pohon jati (*Tectona grandis*) merupakan jenis kayu daun lebar komersial bernilai tinggi karena keunggulan sifat-sifat kayunya. Pengelolaan hutan tanaman jati dengan pendekatan pemuliaan pohon dan perlakuan silvikultur lainnya yang sesuai sudah dilakukan yang salah satunya dengan mempertimbangkan riap tumbuh. Pengaruh laju pertumbuhan jati terhadap sifat fisik atau anatomi kayunya telah dievaluasi sebelumnya (Bhat & Indira 1997, Bhat & Priya 2004, Yuniarti *et al.* 2011). Pengaruh kecepatan tumbuh terhadap sifat kimia pada beberapa spesies lainnya telah diteliti dengan hasil yang sangat bervariasi (Haygreen & Bowyer 1989, Humar *et al.* 2008, Kang *et al.* 2004, Miranda & Pereira 2002, Taylor *et al.*

2003, Wilkes 1984). Selain itu, penelitian yang membahas pengaruh laju pertumbuhan terhadap komponen ekstraktif sangatlah terbatas. Pada paper ini dibahas pengaruh laju pertumbuhan, dengan pendekatan perbedaan kelas diameter pohon pada kelas umur yang sama, terhadap sifat kimia kayunya.

Bahan dan Metode

Penyiapan bahan

Untuk mengurangi pengaruh genetik, tempat tumbuh, gangguan lingkungan, serta perlakuan silvikultur, penelitian dilakukan pada di areal hutan tanaman Perum Perhutani pada kelas umur yang sama. Sampel penelitian diperoleh dari hasil penebangan 32 pohon di Cibungur (petak 2, 3, dan 4), RPH Cianjur, KPH Purwakarta pada kelas umur V. Lokasi ini merupakan daerah bayangan hujan dengan tanah latosol dan ketinggian 110 m dpl. Klasifikasi pohon didasarkan pada kelas diameternya yang menunjukkan pertumbuhan lambat (diameter ≤ 75 cm), sedang (diameter 75-100 cm) dan pertumbuhan cepat (diameter > 100 cm). Sampel kayu diambil dari bagian kayu teras terluar pada 11, 12 dan 9 pohon untuk masing-masing kelompok diameter secara berturutan dengan kisaran diameter pohon keseluruhan 39-146 cm. Dari setiap pohon, sampel uji kayu diambil dari bagian pangkal (sekitar 20 cm dari tanah) kemudian dibuat serbuk ukuran 40-60 mesh untuk penentuan sifat-sifat kimianya.

Penentuan sifat kimia

Serbuk kayu setara 2 g berat kering tanur, diekstraksi secara berurutan dengan pelarut etanol-benzena (1:2, v/v) dengan alat soxhlet selama 8 jam (ASTM D-1107-1984) kemudian dengan air panas selama 3 jam (ASTM D-1110-1984). Selain kadar ekstraktif, untuk sampel uji awal juga

ditentukan kadar abu mengacu ASTM D1102-1984. Untuk serbuk bebas ekstraktif selanjutnya diuji kadar holoselulosa dengan metoda asam chlorite (Browning 1968), α -selulosa (ASTM-D1103-1984), pentosan (TAPPI T 233 cm-84 dengan modifikasi), lignin Klason (ASTM D-1106-1984) dan lignin terlarut asam dari filtrat penentuan lignin Klason melalui absorbansi pada 205 nm (SHIMADZU UV-1600) mengacu TAPPI T um-250 (TAPPI 1992).

Analisis komponen ekstraktif

Komponen kimia ekstrak etanol-benzena dianalisis dengan GC dan GC-MS. Sampel ekstrak hasil dievaporasi, dilarutkan dalam pelarut etanol-benzena dan diinjeksikan (konsentrasi 100 mg/ml) pada kromatografi gas (GC) Hitachi G-3500 dengan kolom NB-1. Identifikasi senyawa-senyawa utama dilakukan dengan kromatografi gas-spektrofotometer massa (GC-MS) Shimadzu QP 5000 dengan kolom DB-1. Prosedur analisis dan identifikasi komponen merujuk pada prosedur yang telah dilakukan sebelumnya oleh Lukmandaru (2009).

Analisis statistik

Analisa variansi satu arah (*one-way* ANOVA) digunakan untuk mengetahui perbedaan di antara rerata tiga kelompok. Perbedaan dianggap nyata pada taraf kepercayaan 95% sedangkan untuk uji lanjutan menggunakan uji pembandingan berganda Duncan. Perhitungan statistik dilakukan dengan menggunakan program SPSS versi 10.0.

Hasil dan Pembahasan

Interaksi yang kompleks antara pohon, asal biji, lokasi geografis, kondisi tempat tumbuh sering menyebabkan kesulitan dalam memisahkan pengaruh keseluruhan

pada faktor tunggal terhadap mutu kayunya. Analisis kimia kayu secara menyeluruh dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan komposisi kimia dalam kayu jati dari 32 pohon dalam 3 kelas diameter yang disarikan dalam Tabel 1. Secara umum, nilai yang diperoleh pada penelitian ini masih dalam kisaran data kadar komponen kimia kayu jati yang telah dilaporkan sebelumnya (Kass *et al.* 1970, Martawijaya *et al.* 2005, Polato *et al.* 2003, Syafii 2000, Wangaard 1966). Secara statistik, hanya parameter kadar ekstraktif terlarut etanol-benzena yang dipengaruhi nyata oleh kelas diameter pohon. Hal tersebut menandakan bahwa

laju pertumbuhan tidak banyak berpengaruh pada komponen dinding sel (holoselulosa, selulosa, pentosan, lignin) maupun komponen anorganik yang diambil dari tanah yang diukur melalui kadar abu. Penelitian pada jenis lain seperti *Eucalyptus globulus* usia muda yang dipercepat pertumbuhannya tidak didapatkan pengaruh yang nyata pada sifat kimianya (Miranda & Pereira 2002). Sampel dalam eksperimen ini termasuk kayu dewasa sehingga efek kayu juvenil yang umumnya menghasilkan kadar selulosa rendah dan lignin tinggi (Haygreen & Bowyer 1989) bisa diabaikan.

Tabel 1 Sifat kimia kayu teras luar jati berdasarkan laju pertumbuhan pohonnya

Pertumbuhan	Kadar (%)							
	KEEB ^a	KAP ^a	Abu ^a	Holoselulosa ^b	α -Selulosa ^b	Pentosan ^b	LK ^b	LTA ^b
Lambat (<i>n</i> =11)								
- Minimum	6,62	0,28	1,02	64,80	45,79	12,82	29,94	0,49
- Maksimum	12,09	3,83	2,68	76,63	52,01	15,53	33,72	1,23
Rerata	9,00	1,62	1,72	70,44	49,15	13,54	31,46	0,80
(St. deviasi)	(2,00)	(0,92)	(0,62)	(4,12)	(2,97)	(2,19)	1,49	(0,20)
Sedang (<i>n</i> =12)								
- Minimum	6,92	0,97	1,04	64,14	42,03	12,19	31,82	0,60
- Maksimum	16,18	4,10	3,82	75,90	53,80	15,81	33,56	1,12
Rerata	11,73	1,98	1,79	69,64	44,53	13,93	32,61	0,82
(St. deviasi)	(3,19)	(0,93)	(0,95)	(4,91)	(2,98)	(1,47)	(0,62)	(0,14)
Cepat (<i>n</i> =9)								
- Minimum	8,10	1,25	0,85	63,83	40,80	11,46	30,12	0,41
- Maksimum	16,24	3,34	3,74	71,74	51,50	15,67	33,78	1,05
Rerata	11,75	1,97	1,93	66,54	44,94	13,75	31,46	0,70
(St. Deviasi)	(2,37)	(0,65)	(0,87)	(2,96)	(4,91)	(2,04)	(2,10)	(0,18)
Uji ANOVA								
Nilai Prob.	0,03*	0,61 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,31 ^{ns}

Keterangan :

KEEB = kadar ekstraktif terlarut etanol-benzena

KAP = kelarutan dalam air panas

* = beda nyata pada taraf uji 5 %

a = % berdasarkan berat kering serbuk kayu

b = % berdasarkan berat serbuk kayu bebas ekstraktif

LK = lignin Klason

LTA = lignin terlarut asam

ns = tidak berbeda nyata

Kelompok kayu dari pohon dengan laju pertumbuhan rendah secara nyata lebih rendah kadar ekstraktifnya (rerata 9%) dibanding 2 kelompok lainnya. Penelitian pada spesies Douglas-fir (Taylor *et al.* 2003) pada laju pertumbuhan yang

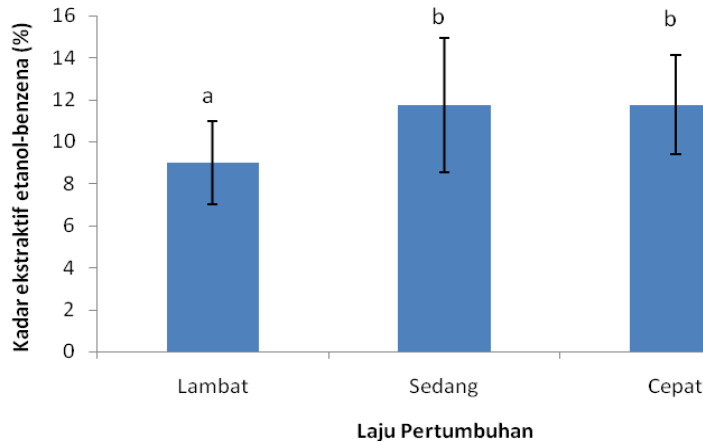
berbeda pada arah radial dalam kayu yang sama menunjukkan korelasi positif antara rata-rata pertumbuhan radial dengan komponen ekstraktif pada kayu teras. Wilkes (1984) yang meneliti 6 spesies *Eucalyptus* melaporkan kenaikan riap

tumbuh seiring kenaikan kadar ekstraktif pada bagian teras terluar. Sebaliknya, penelitian Humar *et al.* (2008), yang membandingkan 4 pohon *Quercus spp.*, tidak mendapatkan hubungan yang jelas antara kadar ekstraktif dan lebar lingkaran tumbuh. Kecenderungan yang sama juga diamati oleh Kang *et al.* (2004) pada kayu *Pinus banksiana* dimana perbedaan kelas diameter pada umur yang sama tidak berpengaruh terhadap kadar ekstraktif.

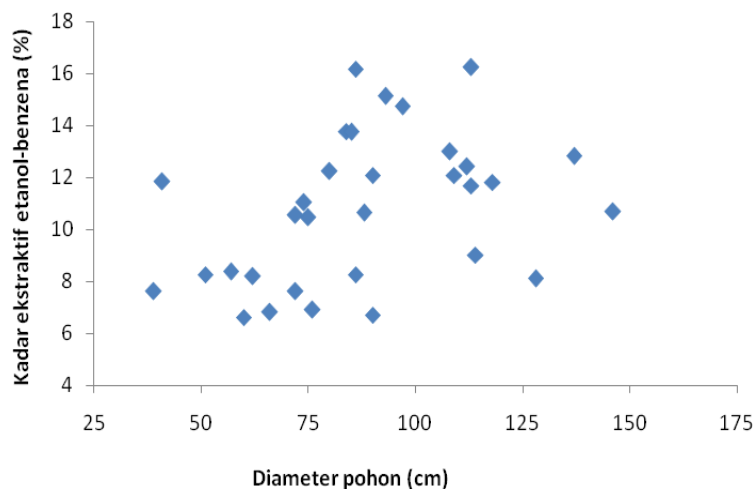
Secara teoritis, ekstraktif terbentuk dari karbohidrat yang dipindahkan atau tersimpan di dekat atau perbatasan teras-gubal (Wilkes 1984). Ekstraktif yang terbentuk akan dipengaruhi oleh prekursor karbohidrat yang ada atau tersimpan di zona transisi tersebut sehingga terdapat asumsi umum pada pertumbuhan yang cepat hasil fotosintesis akan digunakan untuk pertumbuhan sel dengan menyisakan sedikit untuk pembentukan ekstraktif. Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan sebaliknya yaitu kadar ekstraktif pada teras luar jati meningkat pada kelas diameter lebih tinggi. Taylor *et al.* (2006) mengasumsikan kalau hasil fotosintesis melimpah pada suatu pohon maka alokasi untuk pembentukan ekstraktif akan meningkat meski ada kemungkinan volume teras berkurang. Tidak ada perbedaan nyata antara laju pertumbuhan sedang dan cepat (Gambar 1), yang mengindikasikan fotosintesis yang lebih intens sampai batas tertentu akan menghasilkan ekstraktif yang semakin tinggi pada kayu teras. Hal ini mengarah pada perlunya dieksplorasi hubungan

antara laju pertumbuhan pada jati dengan jarak tanam, penjarangan, pemupukan, irigasi, dan genetis; serta pengaruhnya terhadap sifat kimia kayunya. Pada *Pinus banksiana* misalnya, sifat kimia kayunya lebih dipengaruhi oleh jarak tanam dibandingkan kelas diameternya (Kang *et al.* 2004).

Bagian kayu teras terluar umumnya mempunyai nilai kadar ekstraktif tertinggi dalam arah radial (Narayanamurti *et al.* 1962, Wilkes 1984, Windeisen *et al.* 2002). Selain itu, teras luar juga merupakan tempat dimana ekstraktif yang terakhir terdeposit dalam suatu pohon sehingga diduga ada hubungan dengan laju pertumbuhannya. Kadar ekstraktif berkisar antara 6-16% dan tidak ada korelasi yang tegas dengan diameter pohon (Gambar 2). Sebagai contoh, terdapat satu sampel dengan diameter 41 cm dengan kadar ekstraktif 11,84% dan tidak jauh berbeda dengan kadar ekstraktif dari pohon berdiameter 146 atau 137 cm. Meskipun demikian, dari diagram pencar terlihat bahwa pada pertumbuhan lambat atau di bawah diameter pohon 75 cm, sebagian besar mempunyai kadar ekstraktif dibawah 9%, sedangkan di atas diameter 75 cm sebagian besar kadar ekstraktifnya di atas 10%. Nilai kadar ekstraktif yang tinggi pada sebagian besar sampel sangat logis mengingat umur pohon yang cukup tua walaupun variasinya relatif besar. Hasil ini sesuai penelitian sebelumnya mengenai pengaruh umur terhadap kadar ekstraktif pada jati (Haupt *et al.* 2003, Narayanamurti *et al.* 1962).



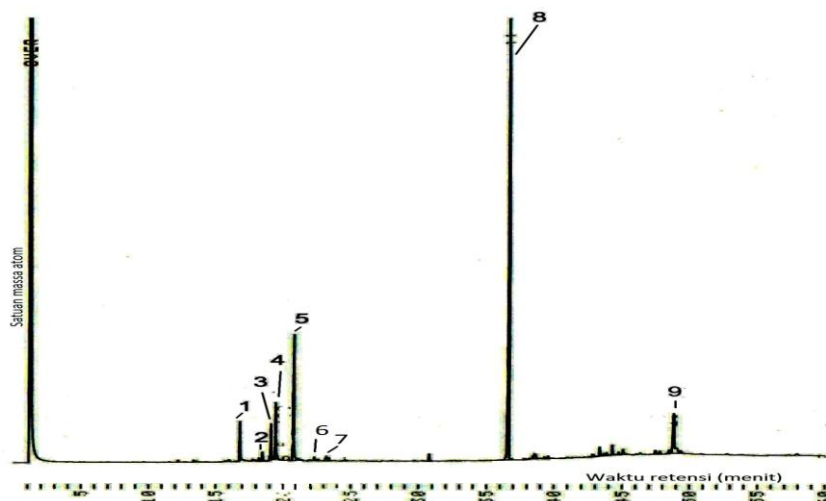
Gambar 1 Kadar ekstraktif etanol-benzena pada teras luar jati dalam laju pertumbuhan yang berbeda. Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada $\alpha=5\%$ pada uji Duncan.



Gambar 2. Diagram pencar antara diameter pohon dan kadar ekstraktif etanol-benzena pada teras luar kayu jati.

Kadar ekstraktif berpengaruh terhadap sifat kayu dan pengolahannya, misalnya sifat keawetan alami, warna, pengeringan, perekatan, dan lainnya. Ekstraktif terlarut dalam etanol-benzena merupakan senyawa-senyawa terpenoid sampai fenolat. Untuk mengetahui komposisi ekstraktif terlarut etanol-benzena, analisis komponen dilakukan dengan menggunakan kromatografi gas (Gambar 3) dengan hasil kuantifikasi senyawa disajikan dalam Tabel 2. Komposisi dan

proporsi senyawa utama dalam ekstrak etanol-benzena masih dalam kisaran dari hasil penelitian sebelumnya (Lukmandaru 2009, Lukmandaru & Takahashi 2009, Thulasidas & Bhat 2007, Windeisen *et al.* 2003). Skualen yang merupakan triterpena merupakan komponen paling dominan. Selain terdeteksi adanya asam palmitat dan beberapa senyawa kinon, juga terdapat dua komponen yang tidak teridentifikasi (TT1 dan TT2).



Gambar 3 Gas kromatogram dari ekstrak etanol-benzena pada teras luar kayu jati. Komponen: puncak 1 dan 4 = deoksilapakol dan isomer; 2 = asam palmitat; 3 = lapakol; 5 = tektokinon; 6 = tidak teridentifikasi (TT1), 7 = tidak teridentifikasi (TT2), 8 = skualen; 9 = tektol.

Tabel 2 Kadar komponen-komponen utama (persen berat kering tanur kayu) pada ekstrak etanol-benzena dari kayu teras luar jati berdasarkan laju pertumbuhan pohonnya

Pertumbuhan	Kadar (% berat serbuk kering tanur)								
	DL	AP	LP	IDL	TK	TT1	TT2	SK	Tektol
Lambat ($n=11$)									
- Minimum	0	0,006	0	0,01	0,03	0	0	0,05	0,04
- Maksimum	0,09	0,016	0,13	0,10	0,31	0,02	0,05	0,67	0,18
Rerata	0,02	0,009	0,03	0,05	0,14	0,003	0,01	0,28	0,10
(St. deviasi)	(0,03)	(0,003)	(0,04)	(0,03)	(0,08)	(0,006)	(0,01)	(0,20)	(0,04)
Sedang ($n=12$)									
- Minimum	0	0,005	0	0	0	0	0	0,07	0,01
- Maksimum	0,93	0,070	0,31	0,21	0,36	0,06	0,07	1,28	0,31
Rerata	0,20	0,020	0,07	0,07	0,14	0,01	0,02	0,54	0,09
(St. deviasi)	(0,27)	(0,018)	(0,09)	(0,06)	(0,08)	(0,02)	(0,01)	(0,38)	(0,07)
Cepat ($n=9$)									
- Minimum	0	0,003	0	0	0,02	0	0	0,14	0,03
- Maksimum	0,23	0,050	0,39	0,21	0,59	0,03	0,02	1,11	0,31
Rerata	0,08	0,017	0,07	0,07	0,18	0,005	0,01	0,56	0,14
(St. deviasi)	(0,08)	(0,013)	(0,12)	(0,06)	(0,16)	(0,01)	(0,008)	(0,31)	(0,08)
Uji ANOVA									
Nilai Prob.	0,06 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,33 ^{ns}

Keterangan :

DE = deoksilapakol, AP = asam palmitat, LP = lapakol, IDL = isodeoksilapakol, TK = tektokinon, SK = skualen, TT = komponen tidak teridentifikasi.

ns = tidak berbeda nyata

Secara statistik, tidak ada pengaruh nyata kelas diameter terhadap 9 komponen utama ekstraktif. Senyawa kinon (lapakol, deoksilapakol dan isomernya, tektokinon, tektol) maupun bukan kinon (skualen, asam palmitat) tidak menunjukkan adanya pengaruh dari kelas diameter pohon. Hal tersebut menandakan biosintesis senyawa tersebut tidak bergantung pada laju pertumbuhan dan diduga lebih dipengaruhi faktor lainnya, misalnya umur (Lukmandaru 2009, Lukmandaru & Takahashi 2009). Pengaruh laju pertumbuhan terhadap kuantitas senyawa kinon pada jati menjadi penting karena sifat anti-rayap maupun anti-jamur dari senyawa-senyawa tersebut (Haupt *et al.* 2003, Rudman & Gay 1961, Sandermann & Simatupang 1966, Sumthong *et al.* 2006, Thulasidas & Bhat 2007). Kang *et al.* (2004) yang mengevaluasi pengaruh diameter pohon terhadap sifat kimia pada *Pinus banksiana*, menemukan bahwa tidak ada dari pengaruh nyata kelas diameter pohon terhadap kadar asam resin maupun asam lemak.

Kesimpulan

Laju pertumbuhan jati berpengaruh nyata pada kadar ekstraktif etanol-benzena. Pohon dengan laju pertumbuhan lambat mempunyai nilai lebih rendah dibandingkan pohon dengan laju pertumbuhan sedang atau cepat. Meski demikian, tidak ada perbedaan nyata dari komponen utama ekstrak. Komponen dinding sel (holoselulosa, selulosa dan lignin), kadar abu dan kelarutan dalam air panas tidak secara nyata dipengaruhi oleh kelas diameter pohon.

Daftar Pustaka

- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 1984. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM.
- Bhat KM, Indira EP. 1997. Specific gravity as selection criterion of genetic improvement of wood quality in teak: tree Breeder's Perspective. In: Zhang SY, Grosselin R, Chauret G, editor. *Timber management toward wood quality and end-product value. Proceeding. CTIA-IUFRO International Wood Quality Workshop: Quebec, Canada, Aug. 1997*, Pp 91-96.
- Bhat KM, Priya PB. 2004. Influence of provenance variation on wood properties of teak from the western ghat region in India. *IAWA J* 25 (3): 273–282.
- Browning B. 1967. *Methods of wood chemistry Vol I*. Interscience Publishers: New York.
- Haupt M, Leithoff H, Meier D, Puls J, Richter HG, Faix O. 2003 Heartwood extractives and natural durability of plantation-grown teakwood (*Tectona grandis* L.) – a case study. *Holz Roh-Werkst.* 61: 473–474.
- Haygreen JG, Bowyer JL. 1996. *Forest products and wood science : an introduction*. Third edition. Iowa: Iowa State University Press.
- Humar M, Fabric B, Zupancic M, Pohleven F, Oven P. 2008. Influence of xylem growth ring width and wood density on durability of oak heartwood. *Intr. Biodet. Biodeg.* 62:368–371.
- Kang KY, Zhang SY, Mansfield SD. 2004. The effect of initial spacing on wood density, fiber and pulp properties in Jack Pine (*Pinus banksiana* Lamb). *Holzforschung* 58 : 455-463.

- Kass A, Wangaard FF, Schroeder HA. 1970. Chemical degradation of wood : the relationship between strength retention and pentosan content. *Wood Fiber Sci.* 2:31-39.
- Lukmandaru G. 2009. Sifat kimia dan warna kayu teras jati pada tiga umur berbeda. *J. Ilmu Teknol. Kayu Trop.* 7:1-7.
- Lukmandaru G, Takahashi K. 2009. Radial distribution of quinones in plantation teak (*Tectona grandis* L.f.). *Ann. For. Sci.* 66:1-9.
- Martawijaya A, Kartasujana I, Kadir K, Prawira SA. 2005. *Atlas Kayu Jilid I* (Edisi 3). Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Miranda I, Pereira H. 2002. The variation of chemical composition and pulping yield with age and growth factors in young *Eucalyptus globulus*. *Wood Fiber Sci.* 34:140-145.
- Narayanamurti D, George J, Pant HC, Singh J. 1962. Extractives in teak. *Sylvae Gen.* 11: 57-63.
- Polato R, Laming PB, Sierra-Alvarez R. 2003. Assessment some wood characteristics of teak of Brazilian origin. Dalam : KM Bhat, Nair KKN, Bhat KV, Muralidharan EM, & Sharma JK, editor. *Proceeding of the International Conference on Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management Kerala, India.* hlm. 257-265.
- Rudman P, Gay FJ. 1961. The causes natural durability in timber part VI. Measurement of anti-termite properties of anthraquinones from *Tectona grandis* L.f. by rapid semi-micro method. *Holzforschung* 15:117-120.
- Sandermann W, Simatupang MH. 1966. On the chemistry and biochemistry of teakwood (*Tectona grandis* L.f.). *Holz Roh-Werkst.* 24:190-204.
- Sumthong P, Damveld RA, Choi YH, Arentshorst M, Ram AFJ, Van den Hondel CAM, Verpoorte R. 2006. Activity of quinones from teak (*Tectona grandis*) on fungal cell wall stress. *Planta Med.* 72: 943-944.
- Syafii, W. 2000. The basic properties of Indonesia teakwood at various age classes. *Proceeding of the Third International Wood Science Symposium*, Kyoto, Japan. hlm. 300-304.
- [TAPPI] Technical Association of Pulp and Paper Industry. 1992. *TAPPI Test Methods 1992-1993*. Atlanta: TAPPI Press.
- Taylor AM, Gartner BL, Morrel JJ. 2003. Co-incident variations in growth rate and heartwood extractive concentration in Douglas-fir. *For. Ecol. Manag.* 186:257-260.
- Thulasidas PK, Bhat KM. 2007. Chemical extractive compounds determining the brown-rot decay resistance of teak wood. *Holz Roh-Werkst.* 65: 121-124.
- Wangaard FF. 1966. Resistance of wood to chemical degradation. *For. Prod. J* 16:53-64.
- Wilkes J. 1984. The influence of rate of growth on the density and heartwood extractives content of eucalypt species. *Wood Sci. Technol.* 18:113-120.
- Windeisen E, Wegener G, Lesnino G, Schumacher P. 2002. Investigation of the correlation between the extractives content and natural durability in 20 cultivated larch trees. *Holz Roh Werkst.* 60 : 373-374.
- Windeisen E, Klassen A, Wegener G. 2003. On the chemical characterization of plantation teakwood (*Tectona grandis* L.) from Panama. *Holz Roh-Werkst.* 61: 416-418.

Yunianti AD, Wahyudi I, Siregar IZ, Pari G. 2011. Kualitas kayu jati klon dengan jarak tanam yang berbeda. *J Ilmu Teknol. Kayu Trop.* 9(1):93-100.

Riwayat naskah (*article history*)

Naskah masuk (*received*): 29 Maret 2010

Diterima (*accepted*): 6 Mei 2010