

Sifat Kimia dan Warna Kayu Teras Jati pada Tiga Umur Berbeda

Chemical and Colour Properties of Teak Heartwood from Three Different Ages

Ganis Lukmandaru

Abstract

Teak (*Tectona grandis* L.f.) wood has gained its high reputation for natural durability, weather resistance, and appearance. The heartwood quality of 15, 25, and 72-year-old teak trees from forest plantation was assessed in relation to chemical and colour properties. With tree age, an increasing tendency was found in the ethanol-benzene and water soluble extractive contents, whereas a decreasing tendency was observed in the pH value. Furthermore, from the ethanol-benzene components, the contents of tectoquinone, squalene, and total quinone increased with age. With regard to the colour properties, the brightness (L^*), yellowness (b^*), hue (h), and chroma (C^*) levels tended to decrease while the redness (a^*) level fluctuated with tree age.

Key words: *Tectona grandis*, extractive content, colour properties, pH, tree age.

Pendahuluan

Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f.) tidak diragukan lagi merupakan salah satu spesies kayu keras terbaik di dunia dengan kelebihan sifat-sifat keawetan alami, ketahanan terhadap cuaca, keindahan warna dan tekstur kayunya. Keunggulan Jati terutama untuk kayu yang dihasilkan hutan alam atau hutan tanaman dengan rotasi umur yang panjang. Di Indonesia, khususnya di Jawa, kayu Jati sebagian besar berasal dari hutan tanaman Perhutani. Seiring dengan meningkatnya permintaan Jati, terdapat kecenderungan untuk menggunakan kayu Jati yang umurnya di bawah daur Jati dengan diameter yang semakin kecil pada dua dekade terakhir ini. Hal ini terjadi khususnya untuk kayu-kayu yang berasal di luar area Perhutani. Pertimbangan ekonomis tentunya menjadi hal utama untuk segera memanen kayu pada umur di bawah 50 tahun.

Keawetan alami dan warna selalu menjadi beberapa pertimbangan utama oleh konsumen untuk menilai kualitas kayu Jati. Keawetan alami berkaitan dengan sifat ketahanan kayu terhadap rayap dan jamur. Untuk warna, Jati dengan permukaan gelap lebih disukai, terutama untuk produk ekspor sebagai penanda 'ketropisan' kayunya. Dua sifat tersebut secara teknis dipengaruhi oleh zat ekstraktif dalam suatu kayu (Hillis 1987; Hon dan Minemura 2001). Pengaruh umur pohon terhadap keawetan alami atau kadar ekstraktif Jati telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Da Costa *et al.* 1958; Narayanamurthi *et al.* 1962; Syafii 2000; Bhat dan Florence 2003). Meskipun demikian, data tentang warna dan komponen ekstraktif berdasarkan umur pada Jati masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan dan kecenderungan sifat kimia dan warna di antara tiga umur Jati (15, 25 dan 72 tahun). Parameter yang diamati untuk sifat kimia adalah kadar ekstraktif, komponen utama zat ekstratif secara jumlah dan mutu, serta pH. Untuk sifat

warna adalah kecerahan, kemerahan, kekuningan, corak, dan kejenuhan warna.

Bahan dan Metode

Penyiapan Bahan

Pohon untuk penelitian ini ditebang di lahan Perhutani area Gombong (umur 15 dan 25 tahun) dan Randublatung (umur 72 tahun), propinsi Jawa Tengah. Piringan kayu (*disk*) setebal 5 cm diambil pada ketinggian ± 1 m dari setiap pangkal pohon. Kayu teras tiap piringan diserbukkan sampai ke ukuran 40 ~ 60 *mesh* untuk pengukuran sifat kimia dan warna.

Penentuan Kadar Ekstraktif dan Analisa Komponen

Kadar ekstraktif etanol-benzena dilakukan menurut standar ASTM D-1107-56 (ASTM 1984a), sedangkan kelarutan dalam air dingin dan air panas berdasarkan ASTM D-1110 (ASTM 1984b). Untuk analisa komponen, ekstraktif yang diperoleh dari larutan etanol-benzena dimasukkan ke kromatografi gas cair (Hitachi G-3500) sebanyak 1 μ l pada konsentrasi larutan (100 mg/ml). Kondisi kolom adalah kolom Neutral Bond - 1 (NB-1), suhu kolom 120 ~ 300°C, suhu deteksi dan injeksi 250°C, waktu pada suhu maksimal 15 menit, kecepatan 4°C/menit sedangkan helium dipakai sebagai gas pembawa. Penentuan berat molekul dilakukan dengan kromatograf gas-spektrometer massa (Shimadzu QP-500) dengan kondisi kolom yang sama dengan kromatografi gas (KG). Bahan kimia standar komersial yang digunakan adalah lapakol, tektokinon, asam palmitin, dan squalen. Untuk kuantifikasi, besaran puncak (*peak*) komponen utama dalam kromatogram dikalibrasi dengan tektokuinon komersial. 'Kadar ekstraktif total' KG dihitung berdasarkan puncak total yang teridentifikasi. Kadar kinon total dihitung dari penjumlahan kadar lapakol, tektokinon, deoksilapakol dan isomernya pada tiap sampel. Identifikasi komponen utama berdasarkan dari pola kromatogram hasil

pengukuran spektrometer massa, perbandingan waktu retensi dengan bahan standar, serta studi pustaka (Perry *et al.* 1991; Lemos *et al.* 1999).

Penentuan Nilai pH

Nilai pH diukur setelah serbuk kayu direndam di air panas dan dingin secara terpisah. Penyiapan sampel nilai pH rendaman air dingin dilakukan dengan merendam 1 g serbuk (berdasarkan berat kering tanur) dalam 20 ml aquades selama 48 jam. Setelah dilakukan penyaringan dengan kertas saring, pada filtratnya ditambahkan aquades sampai mencapai 50 ml. Pengukuran nilai pH rendaman air panas dilakukan dengan memanaskan serbuk dalam 50 ml aquades pada penangas air selama 3 jam. Selanjutnya prosesnya sama dengan penentuan pH rendaman dingin. Nilai pH diukur dengan alat HORIBA pH meter dengan 3 ulangan.

Pengukuran Warna

Pengukuran warna dilakukan dengan alat spektrokolorimeter NF333 pada serbuk kayu kering angin. Kondisi pengukurannya adalah sebagai berikut, diameter bukaan 6 mm, pencahayaan D65, sumber cahaya tungsten halogen. Persentase pemantulan diambil tiap interval 20 nm pada spektrum cahaya tampak (400 ~ 700 nm) dan dikonversikan ke sistem warna CIELAB (Burtin *et al.* 2000) yaitu L^* (kecerahan) dengan skala 0 (hitam) ~ 100 (putih), a^* (kemerahan) dengan skala + (merah) dan (-) untuk hijau, b^* dengan skala (+) untuk kuning dan (-) untuk biru. Selanjutnya dari nilai-nilai tersebut, dihitung sudut corak warna atau *hue* (h) dengan rumus $h = \arctg(b^*/a^*)$ dimana $h = 0^\circ$ berarti merah dan 90° menunjukkan kuning. Parameter lainnya yaitu kejenuhan atau *chroma* (C^*), dihitung dengan rumus $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ yang menunjukkan suatu kejenuhan/saturasi warna, dimana 0 menunjukkan warna keabu-abuan, sedangkan semakin besar nilainya berarti semakin jelas/terang warnanya. Pengamatan dilakukan 3 kali untuk tiap sampel.

Hasil dan Pembahasan

Kadar Ekstraktif

Pengukuran kadar ekstraktif dengan berbagai metode disajikan di Gambar 1. Etanol-benzena melarutkan sebagian besar zat ekstraktif kayu dari yang bersifat non-polar sampai senyawa polar. Kisaran hasil pengukuran pada penelitian ini nilainya lebih rendah dari Jati India (Thulasidas dan Bhat 2007) atau Jati dari Brazil (Polato *et al.* 2005), tetapi masih dalam kisaran Jati Indonesia (Da Costa *et al.* 1958; Syafii 2000). Kadar ekstraktif ini cenderung naik seiring umur, khususnya antara umur 15 dan 25 sedangkan antara umur 25 dan 72 tahun hampir sama. Kadar nilai tertinggi diperoleh di Jati 72 tahun, yaitu sebesar 7.5%. Kecenderungan kadar ekstraktif etanol-benzena naik seiring umur juga diperoleh Syafii (2000) pada Jati yang tumbuh di Jawa Timur dan

Jawa Barat. Di lain pihak, Da Costa *et al.* (1958) mendapatkan hasil tidak jelasnya kecenderungan nilai ekstratif eter-metanol pada sampel Jati dengan umur di bawah 50 tahun yang diambil dari beberapa tempat tumbuh berbeda.

Pada nilai 'kadar ekstratif total' melalui KG, umur 72 tahun menunjukkan nilai terendah (2.0%). Hal ini diduga karena polimerisasi senyawa terjadi lebih intensif pada umur tua, sehingga mempunyai lebih banyak senyawa penyusun ekstraktif dengan berat molekul tinggi yang tidak dapat dideteksi oleh kolom NB-1 di KG. Untuk Jati sendiri, belum diketahui pada umur berapa mulai terjadi polimerisasi intensif atau usia 'matang', tidak seperti halnya pada *Eucalyptus grandis* yang terindikasi sekitar 27 tahun (Nelson dan Heather 1972). Kayu umur 15 dan 25 tahun diasumsikan memiliki bagian kayu muda (*juvenile*) yang relatif besar, sehingga belum banyak terbentuk senyawa kompleks bila dibandingkan dengan sampel umur 72 tahun. Proses penuaan (*aging*) yang ditandai dengan polimerisasi intensif di lain pihak juga bisa menyebabkan suatu kayu kehilangan daya racunnya (*detoksifikasi*), meskipun fenomena tersebut belum terbukti sepenuhnya pada kayu Jati.

Kadar kelarutan ekstraktif dengan air dingin dan panas naik seiring umur, dimana nilai tertinggi diperoleh pada umur 72 tahun, yaitu 2.8 dan 4.8%, secara berturut-turut. Nilai yang berkesesuaian pada penelitian ini lebih rendah dari yang diperoleh Syafii (2000). Pada kadar ekstratif terlarut air panas, perbedaannya lebih tegas, khususnya antara umur 15 dan 25 tahun dibandingkan dengan nilai kadar ekstraktif larut air dingin. Data sebelumnya pada Jati tumbuh di Jawa Timur menunjukkan kecenderungan nilai ekstraktif larut air panas dan dingin yang berfluktuasi seiring umur, sedangkan pada Jati di Jawa Barat berpola cenderung naik mengikuti umur (Syafii 2000). Beberapa ekstraktif yang larut air juga terlarut dalam ekstrak etanol-benzena, misalnya tanin (Fengel dan Wegener 1989), sehingga ada tumpang tindih dalam jumlah antara kedua golongan pelarut tersebut karena proses ekstraksi tidak dilakukan secara berurutan. Kisaran kadar kelarutan dalam air panas setelah sebelumnya diekstrak dengan sikloheksana-etanol pada Jati Brazil adalah 0.6 ~ 2.5% (Polato *et al.* 2005). Beberapa ekstraktif yang dapat dilarutkan air diantaranya adalah tanin, karbohidrat, protein dan garam-garam anorganik (Fengel dan Wegener 1989). Diduga nilai kadar kelarutan dalam air panas lebih tinggi karena fraksi senyawa karbohidrat yang terlarut lebih banyak dari kadar kelarutan dalam air dingin.

Semakin tinggi kadar ekstraktif, khususnya ekstrak etanol-benzena akan menguntungkan pada sifat keawetan atau ketahanan cuaca alaminya. Di lain pihak, penelitian oleh Sakuno dan Moredo (1998) mendemonstrasikan korelasi negatif antara kadar ekstraktif etanol-benzena dengan kualitas perekatan,

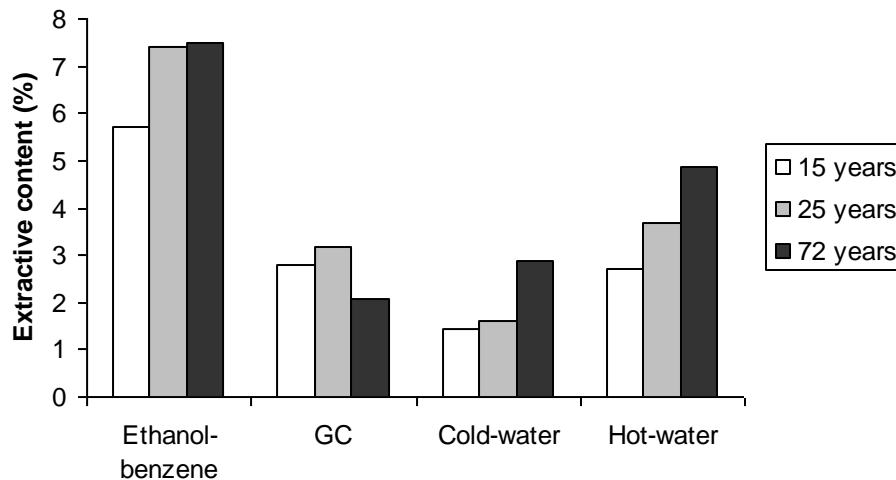


Figure 1. Extractive content of teak heartwood from different ages (% based on oven-dry wood).
Note: GC = gas chromatography.

yang selanjutnya disebutkan ekstraksi pendahuluan dengan heksana akan memperbaiki sifat rekat pada sampel Jati. Studi lainnya oleh Kanazawa *et al.* (1978), menyebutkan ekstrak air panas dari Jati bersifat menghambat perekatan. Dari studi tersebut dapat disarankan bahwa kadar ekstraktif lebih rendah akan lebih menguntungkan pada produk-produk perekatan.

Komponen Utama Ekstraktif

Kromatogram dan kuantifikasi komponen utama dari ekstrak ethanol-benzena bisa dilihat di Gambar 2 dan Tabel 1. Nilai kadar tektokinon dan tektol yang diperoleh sesuai kisaran dengan nilai yang didapatkan oleh Sandermann dan Dietrichs (1959); Thulasidas dan Bhat (2007). Nilai kadar lapakol, skualen dan tektokinon dari penelitian ini lebih rendah dari kayu Jati dari Panama (Windeisen 2003). Kadar komponen dalam kelompok naftakuinon, yaitu deoksilapakol dan isomernya (isodesoksilapakol) cenderung naik mengikuti umur pohon, dimana nilai tertinggi didapat pada umur 72 tahun.

Table 1. Major components content in the ethanol-benzene extract of teak heartwood from different ages (% based on oven-dry wood).

Component	15 years	25 years	75 years
Desoxylapachol	trace	trace	0.05
Palmitic acid	0.05	0.09	0.06
Lapachol	0.13	0.03	0.08
Isodesoxylapachol	0.15	0.13	0.28
Tectoquinone	0.17	0.48	0.81
Squalene	0.29	0.72	0.95
Tectol	0.20	0.25	0.35
Total quinone	0.45	0.89	1.22

Sebaliknya, kadar tertinggi senyawa naftakuinon lainnya, lapakol, didapatkan pada umur 15 tahun. Kadar tektokinon dan skualen naik seiring umur. Pada skualen terdapat perbedaan mencolok pada umur 15 dan 25 tahun, sedangkan pada tektokinon lebih tegas antara 25 dan 72 tahun. Tektol yang merupakan dimer kinon, konsentrasinya cenderung naik dengan umur kayu. Hal ini diduga karena polimerisasi yang lebih intensif seiring waktu seperti yang diindikasikan pada 'kadar ekstratif total' melalui KG (Gambar 1). Pengaruh umur pada kadar asam palmitin kurang jelas dari hasil penelitian ini.

Tektokinon, deoksilapakol, dan lapakol sebelumnya telah dilaporkan sebagai zat aktif terhadap rayap dengan derajat yang berbeda-beda, sedangkan tektol tidak menunjukkan sifat bioaktifnya (Sandermann dan Simatupang 1966). Kadar tektokinon atau kelompok naftakuinon terindikasi berpengaruh terhadap aktivitas jamur (Haupt *et al.* 2003; Thulasidas dan Bhat 2007). Untuk keawetan alami, tentunya kadar kinol total yang tinggi akan lebih menguntungkan dalam pemakaian. Dalam hal ini, kadar kinon total naik seiring umur sehingga kayu teras berumur 72 tahun diharapkan akan lebih awet dibandingkan kayu pada usia di bawahnya. Meskipun demikian, sebelumnya dilaporkan variasi yang tinggi pada keawetan alami antar pohon dan antar usia (Da Costa *et al.* 1958; Bhat dan Florence 2003), dimana ditemukan pohon tua tetapi tidak menunjukkan keawetan yang tinggi, demikian pula sebaliknya. Variasi tersebut diduga disebabkan variasi pada komponen kimia serta kompleksitas senyawa-senyawa penyusun zat ekstraktif Jati, sehingga perlu diteliti adanya korelasi langsung antara tiap komponen bioaktif ataupun kadar kinon totalnya dengan keawetan alaminya.

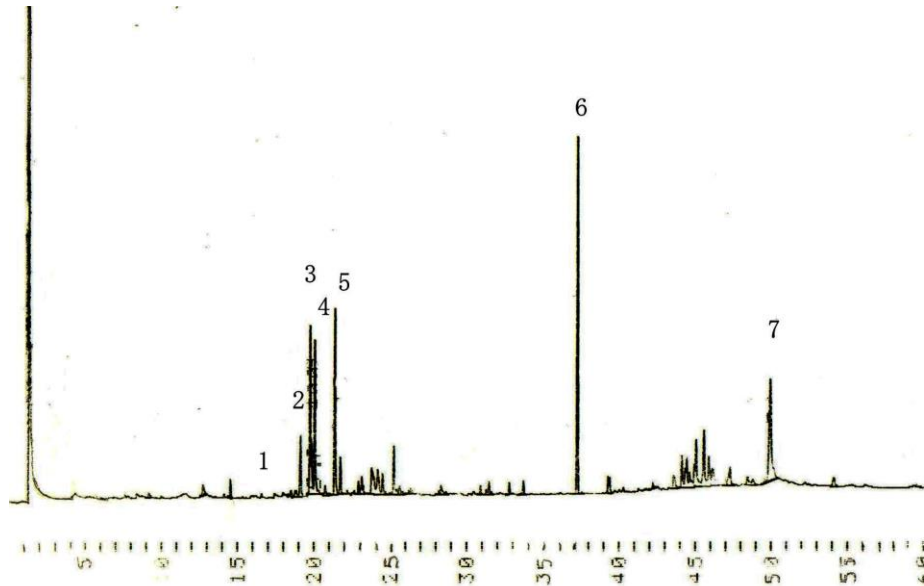


Figure 2. Gas chromatogram of the ethanol-benzene extract from 15-year-old teak heartwood. Note: Numbering of the constituents (1-7) is as in Table 1.

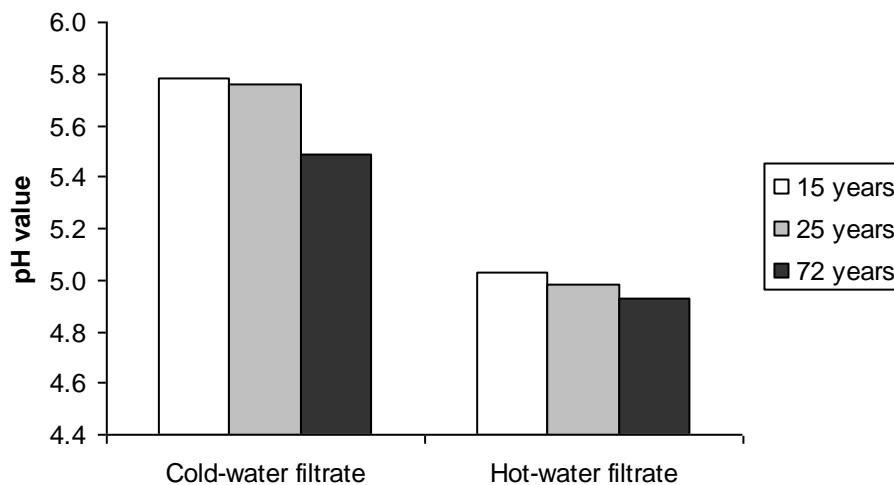


Figure 3. pH value of teak heartwood from different ages, obtained by cold and hot water filtration.

Sebagai komponen utama terbanyak dari segi jumlah, skualen yang bersifat *hidrofob* sejauh ini belum jelas perannya dan dalam keawetan alami kayu Jati demikian juga peranan asam palmitin. Selain bersifat bioaktif terhadap rayap, deoksilapakol juga terbukti sebagai zat penyebab alergi pada kulit manusia (Simatupang 2003). Oleh karena itu, kadar deoksilapakol atau isomernya yang relatif tinggi pada umur 72 tahun secara teoritis akan lebih mudah menyebabkan masalah alergi pada penggunaan sehari-hari dari kayu tersebut.

Nilai pH

Nilai pH yang diperoleh pada semua umur masih dalam kisaran asam lemah (Gambar 3). Kisaran untuk pH kayu Jati dari saringan rendaman dingin sedikit lebih tinggi dari penelitian sebelumnya (Sandermann dan Rothkamm, 1959; Windeisen *et al.* 2003). Kayu umur 72 tahun cenderung bersifat sedikit lebih bersifat asam pada 2 jenis pH dibandingkan dengan sampel umur lainnya. Keasaman kayu secara teoritis disebabkan oleh gugus asam bebas dan gugus bersifat asam yang mudah terurai (Fengel dan Wegener 1989). Selanjutnya disebutkan nilai

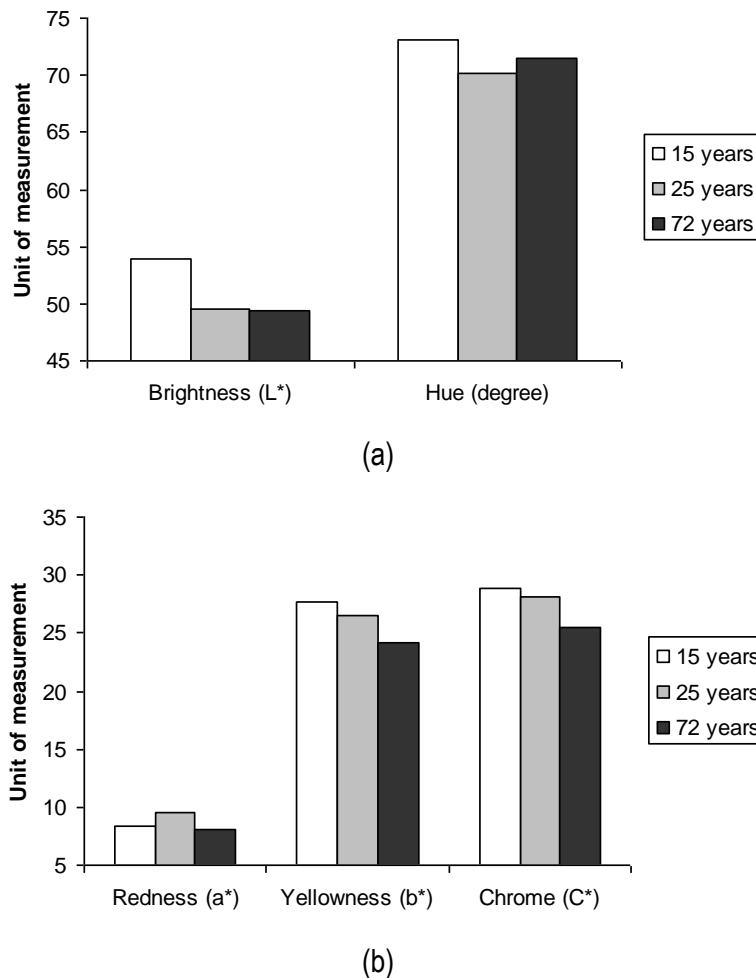


Figure 4 a-b. Colour properties of teak heartwood from different ages.

pH kayu ini cukup penting, seperti yang menyangkut proses perekatan atau karat pada logam. Selain itu juga diperoleh data nilai pH untuk hasil penyaringan rendaman panas ($\text{pH} = 4.9 \sim 5.1$) lebih asam dibandingkan nilai di rendaman dingin ($\text{pH} = 5.4 \sim 5.8$). Menurut Hart (1968), air panas melarutkan senyawa yang sama dengan air dingin, selanjutnya air panas akan menghidrolisa grup asetil yang terikat dengan hemiselulosa melalui ikatan ester, sehingga asam asetat yang terbentuk dari reaksi tersebut menurunkan nilai pH dari saringan air panas dibanding saringan air dingin. Berdasar hal tersebut, juga bisa diduga bahwa produksi asam asetat dari proses hidrolisa dalam kayu Jati dipengaruhi oleh umur kayu.

Sifat Warna

Sifat warna kayu Jati pada 3 umur disajikan di Gambar 4a dan 4b. Nilai kecerahan Jati pada penelitian ini masih dalam kisaran Jati India (Thulasidas *et al.* 2006) dan Togo (Kokutse 2006 *et al.*), sedangkan perbedaan

kisaran terdapat pada nilai kemerahan dan kekuningannya. Pada pengamatan kecerahan dan corak warna, nilainya cenderung menurun seiring umur yang terlihat jelas umur 15 ke 25 tahun. Nilai parameter-parameter tersebut pada umur 25 ($L^* = 49$, $h = 70$) dan 72 tahun ($L^* = 49$, $h = 71$) selisihnya relatif kecil. Hal ini berarti semakin tua maka kayu terasnya cenderung semakin gelap dan berwarna lebih ke arah merah daripada ke kuning. Pada indeks kekuningan dan kejenuhan, didapatkan hasil yang menurun seiring umur, terutama dari umur 25 ($b^* = 26$, $C^* = 28$) ke 72 tahun ($b^* = 24$, $C^* = 25$). Hasil ini diinterpretasikan sebagai semakin tua kayu terasnya, maka kejenuhan dan kekuningan warnanya akan berkurang. Nilai kemerahan berfluktuatif dengan umur, dimana nilai tertinggi diperoleh pada umur 25 tahun ($a^* = 9.5$). Idealnya dalam penelitian warna kayu, tempat tumbuh diusahakan homogen untuk membandingkan umur karena faktor iklim, seperti tempat kering dan basah memberikan pengaruh berarti pada nilai

kekuningan dengan sampel Jati India (Thulasidas *et al.* 2006).

Warna tentunya tidak bisa dilepaskan dari zat ekstraktif pada kayu. Dalam hal ini, pola seiring umur pada parameter kecerahan berkesesuaian dengan pola pada kadar ekstraktif etanol-benzena secara terbalik. Pemikiran secara sederhana, semakin gelap kayu terasnya maka kadar ekstraktifnya akan semakin banyak. Pada kayu Oak, warna kayu dipengaruhi oleh umur, dimana kayu yang lebih muda lebih terang dan lebih kuning daripada kayu umur tua (Klumpers *et al.* 1993). Untuk Jati sendiri, derajat korelasi antara warna dengan kadar ekstraktif perlu diteliti lebih dalam lagi dengan jumlah sampel yang memadai, seperti halnya penelitian korelasi antara kadar ekstraktif dan warna pada kayu *Larix sp* (Gierlinger *et al.* 2004). Dari sisi komponen penyusunnya, meskipun banyak ekstraktif yang telah diisolasi dari Jati, belum banyak diketahui senyawa-senyawa fenolik mana yang berperan besar pada warna teras Jati.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tiga umur yaitu 15, 25 dan 72 tahun, nilai kadar ekstraktif etanol-benzena, kelarutan air panas dan dingin cenderung naik, sedangkan 'kadar ekstraktif total' KG dan harga pH cenderung semakin menurun. Pada komponen di ekstrak etanol-benzena, khususnya senyawa kinon, secara umum naik seiring umur. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan berarti kadar kinon total. Pada sifat warna terlihat adanya kecenderungan nilai kecerahan (L*), kekuningan (b*), corak (h), dan kejenuhan (C*) menurun seiring umur, sedangkan nilai kemerahan (a*) bersifat fluktuatif.

Penelitian ini bersifat pendahuluan untuk sifat warna dan kimia berdasarkan usia pohon di kayu Jati. Dengan jumlah sampel terbatas beberapa parameter menunjukkan kecenderungan yang jelas. Variasi yang tinggi untuk sifat kimia dan fisik pada Jati dari hutan tanaman sebelumnya dilaporkan Richter *et al.* (2003) dan Weindeisen *et al.* (2003). Oleh karena itu, jumlah sampel lebih banyak pada penelitian berikutnya akan diperlukan untuk memastikan kecenderungan seiring umur pada Jati yang tumbuh di hutan tanaman serta Jati yang tumbuh di luar area Perhutani dan luar Jawa.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials. 1984a. Standard Test Method for Alcohol-benzene Solubility of Wood. Designation of D 1107-84. ASTM, Philadelphia, PA.
- American Society for Testing and Materials. 1984b. Standard Test Method for Water Solubility of Wood. Designation of D 1110-84. ASTM, Philadelphia, PA.
- Bhat, K.M. and E.J.M. Florence. 2003. Natural Decay Resistance of Juvenile Teak Wood Grown in High Input Plantations. *Holzforschung* 57: 453-455.
- Burtin, P.; C. Jay-Allemand; J.P. Charpentier; G. Janin. 2000. Modifications of Hybrid Walnut (*Juglans nigra* 23 x *Juglans regia*) Wood Colour and Phenolic Composition under Various Steaming Conditions. *Holzforschung* 54: 33-38.
- Da Costa, E.W.B.; P. Rudman; F.J. Gay. 1958. Investigations on the Durability of *Tectona grandis*. *Empire Forestry Review* 37: 291-298.
- Fengel, D. dan G. Wegener. 1989. Kayu: Kimia, Ultrastuktur, Reaksi-reaksi. Gadjah Mada University Press (diterjemahkan oleh Sastrohamidjojo, H.), Jogja.
- Gierlinger, N.; D. Jacques; M. Grabner; R. Wimmer; M. Schwaninger; P. Rozenberg; L.E. Paques. 2004. Colour of Larch Heartwood and Relationship to Extractives and Brown-rot decay Resistance. *Trees* 18: 102-108.
- Hart, J.H. 1968. Morphology and Chemical Differences between Sapwood, Discoloured Sapwood, and Heartwood in Black Locust and Osage Orange. *Forest Science* 14: 334-338.
- Haupt, M.; H. Leithoff; D. Meier; J. Puls; H. G. Richter; O. Faix. 2003. Heartwood Extractives and Natural Durability of Plantation-grown Teakwood (*Tectona grandis* L.f) - A Case Study. *Holz als Roh- und Werkstoff* 61: 473-474.
- Hillis, W.E. 1987. Heartwood and Tree Exudates. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Kanazawa, H.; T. Nakagami; K. Nobashi; T. Yokota. 1978. Studies on the Gluing of the Wood. Articles XI. The Effects of Teak Wood Extractives on the Curing Reaction and the Hydrolysis Rate of the Resin Urea Adhesive. *Mokuzai gakkashi*. 24: 55-59.
- Hon, D.N.S. and N. Minemura. 2001. Colour and Discoloration. In: Wood and Cellulosic Chemistry. Hon, D.N.S., N. Shiraiishi (editor). Marcel Dekker, New York.
- Lemos, T.G.; S.M. Costa; O.L. Pessoa; R. Braz Filho. 1999. Total Assignment of ¹H and ¹³C NMR Spectra of Tectol and Tecomaquinone. *Magnetic Resonance in Chemistry* 37: 908-911.
- Klumpers, J.; G. Janin; M. Becker; G. Levy. 1993. The Influences of Age, Extractive Content and Soil Water on Wood Colour in Oak: the Possible Genetic Determination of Wood Colour. *Annales des Sciences Forestières* 50: 403-409.
- Kokutse, A.D.; A. Stokes; H. Bailleres; K. Kokou; C. Baudasse. 2006. Decay Resistance of Togolese Teak (*Tectona grandis* L.f.) Heartwood and Relationship with Colour. *Trees* 20: 219-223.
- Narayanamurthi, D.; J. George; H.C. Pant; J. Singh. 1962. Extractives in Teak. *Sylvae Geneticae* 11: 57-63.

- Nelson, N.D. and A.H. Heather. 1972. Wood Colour, Basic Density, and Decay Resistance in Heartwood of Fast-grown *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Holzforschung* 26: 54-60
- Perry, N.B.; J.W. Blunt; M.H.G. Munro. 1991. A Cytotoxic and Antifungal 1,4 naphthaquinone and Related Compounds from a New Zealand Brown Alga, *Landsburgia quercifolia*. *Journal of Natural Product* 54: 978-985.
- Polato, R.; P.B. Laming; R. Sierra-Alvarez. 2003. Assessment Some Wood Characteristics of Teak of Brazilian Origin. Proceeding of the International Conference on Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management, Kerala, India. p. 257-265.
- Richter H.G.; H. Leithoff; U. Sonntag. 2003. Characterisation and Extension of Juvenile Wood in Plantation Grown Teak (*Tectona grandis* L.f.) from Ghana. Proceeding of the International Conference on Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management, Kerala, India. p. 266-272.
- Sakuno, T. and C. Moredo. 1998. Bonding Properties of Some Tropical Woods after Solvent Extraction. Proceeding of the second International Wood Science Seminar, Serpong, Indonesia. p. 183-189.
- Sandermann, W. and H.H. Dietrichs. 1959. Chemische Untersuchungen an Teakholz. *Holzforschung* 13: 137-148.
- Sandermann, W. and M. Rothkamm. 1959. The Determination of pH Values of Woods and their Practical Importance. *Holz als Roh- und Werkstoff* 17: 433-440
- Sandermann, W. and M.H. Simatupang. 1966. On the Chemistry and Biochemistry of Teakwood (*Tectona grandis* L.f.). *Holz als Roh- und Werkstoff* 24: 190-204.
- Simatupang, M.H. 2003. Is Deoxylapachol, the Allergenic Agent in Teak, a Potential Threat? Proceeding of the International Conference on Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management, Kerala, India. p. 279-284.
- Syafii, W. 2000. The Basic Properties of Indonesia Teakwood at Various Age Classes. Proceeding of the Third International Wood Science Symposium, Kyoto, Japan. p. 300-304.
- Thulasidas, P.K. and K.M. Bhat. 2007. Chemical Extractive Compounds Determining the Brown-rot Decay Resistance of Teak Wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 65: 121-124.
- Thulasidas, P.K.; K.M. Bhat; T. Okuyama. 2006. Heartwood Colour Variation in Home Garden Teak (*Tectona grandis*) from Wet and Dry Localities of Kerala, India. *Journal of Tropical Forest Science* 18: 51-54
- Windeisen, E.; A. Klassen; G. Wegener. 2003. On the Chemical Characterization of Plantation Teakwood (*Tectona grandis* L.f.) from Panama. *Holz als Roh- und Werkstoff* 61: 416-418.
- Makalah masuk (*received*) : 27 Juli 2008
 Diterima (*accepted*) : 15 April 2009
 Revisi terakhir (*final revision*) : 18 Mei 2009

Ganis Lukmandaru
 Jurusan Teknologi Hasil Hutan
 (Department of Forest Product Technology)
 Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada
 (Faculty of Forestry, Gadjah Mada University)
 Jl. Agro, Bulaksumur, Sleman
 Tel : 0274-901420
 Fax : 0274-550541
 Email : ganisarema@lycos.com