

Sifat Kimia Kayu Eboni pada Perbedaan Pola *Strip* dan Arah Radial (*Chemical Properties of Diospyros celebica Bakh. in Different Streaks Pattern and Radial Direction*)

Muhammad Asdar^{1,2*}, Tibertius A Prayitno³, Ganis Lukmandaru³, Eny Faridah³

¹Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Ilmu Kehutanan UGM

²Balai Penelitian Kehutanan Makassar, Jl. P. Kemerdekaan Km. 16 Makassar,

³Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Agro, Bulaksumur, Yogyakarta

*Penulis korespondensi: muh.asdar@gmail.com

Abstract

The heartwood of ebony displayed series of axial and alternating black and paler streaks. Accordingly, ebony from Central Sulawesi was classified in two different streaks patterns i.e. *SL* (spider web) and *batang macis* (matches stick). We investigated the chemical properties (holocellulose, cellulose, lignin, extractive content, ash and pH value) of sapwood, intermediate, and heartwood from the different streaks patterns of ebony wood. The mean value of holocellulose, cellulose, lignin, ethanol-toluena extractive, hot water extractive, ash contents, and pH value were 76.59±3.02%, 50.62±4.86%, 26.72±3.05%, 9.71± 2.97%, 13.54±1.43%, 0.97±0.32%, 5.56±0.39, respectively. On the basis of t-test, holocellulose, cellulose, and hot-water soluble contents were differed significantly between the two streaks patterns. Analysis of variance showed the radial direction also affected significantly on the chemical contents. The contents of the holocellulose, cellulose, lignin, extractive ethanol-toluen and ash were significantly differed among sapwood, intermediate and heartwood. The heartwood showed higher levels of cellulose, lignin, ethanol-toluena extractive and ash contents than those of other parts. On the contrary, the lowest levels of cellulose, lignin, and ash contents and pH value were found in the intermediate wood region.

Keywords: chemical properties, *Diospyros celebica*, radial direction, spider web, streaks pattern

Abstrak

Kayu teras eboni memiliki corak berupa garis-garis (*strip*) hitam berseling dengan *strip* kecoklatan. Berdasarkan corak *strip* tersebut, eboni di Sulawesi Tengah dikelompokkan menjadi dua pola *strip* yaitu eboni *SL* dan eboni *batang macis*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pola *strip* tersebut dan arah radial dalam batang terhadap kadar holoselulosa, selulosa, lignin, ekstrakatif, abu dan nilai pH. Rerata kadar holoselulosa, selulosa, lignin, ekstrakatif etanol-toluena, ekstrakatif terlarut air panas, abu dan nilai pH kayu eboni berturut-turut yaitu 76,59±3,02%, 50,62±4,86%, 26,72±3,05%, 9,71±2,97%, 13,54±1,43%, 0,97±0,32% dan 5,56±0,39. Berdasarkan uji-t, kadar holoselulosa, selulosa dan ekstrakatif terlarut air panas berbeda nyata antar pola *strip*. Analisis ragam menunjukkan bahwa arah radial batang juga berpengaruh sangat nyata terhadap sifat kimia. Kadar holoselulosa, selulosa, lignin, ekstrakatif etanol-toluena dan abu berbeda nyata antara kayu gubal, intermediat dan teras. Kayu teras memiliki kadar selulosa, lignin, ekstrakatif etanol-toluena dan abu tertinggi dibanding posisi lainnya. Sementara itu, kadar selulosa, lignin, abu, dan nilai pH paling rendah terdapat pada kayu intermediat.

Kata kunci: arah radial, *Diospyros celebica*, SL, sifat kimia, pola *strip*

Pendahuluan

Kayu eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) merupakan jenis endemik Sulawesi (Whitmore *et al.* 1989) yang tergolong kayu mewah dengan corak yang khas yaitu memiliki kayu teras berwarna hitam dengan garis-garis (*strip*) dekoratif berwarna coklat kemerah-merahan, kelabu, atau coklat kehijau-hijauan. Kayu gubalnya berwarna coklat kemerah-merahan, putih kekuning-kuningan atau merah muda dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras (Martawijaya *et al.* 1981). Corak ini sangat penting dan menjadi penentu kualitas kayu eboni terutama pada sortimen papan radial untuk tujuan ekspor.

Corak *strip* kayu eboni berbeda antar lokasi tempat tumbuh. Di Sulawesi Tengah, eboni dikenal dengan istilah eboni batang macis (*strip* rapat, lurus, dan halus seperti batang korek api) dan sarang laba-laba (SL) (*strip* jarang dan bergelombang). Semakin rapat, halus, lurus dan teratur *strip* kayunya, semakin tinggi kualitasnya sehingga harganya juga semakin mahal. Industri pengolahan eboni secara umum menggolongkan kualitas kayu eboni dalam tiga kelas yaitu A, B, dan C (Gambar 1). Eboni batang macis tergolong dalam kualitas B hingga A sedangkan eboni SL umumnya tergolong kelas C.

Perajin eboni umumnya memperoleh eboni batang macis dari wilayah Kab. Parigi Moutong dan Kab. Donggala, sedangkan eboni SL umumnya ditemukan di Kab. Poso dan daerah di luar Sulawesi Tengah. Soerianegara (1967) dan Achmad (2002) menduga bahwa lebar dan warna garis, bentuk kayu teras serta perbedaan pola *strip* kayu kemungkinan dipengaruhi oleh

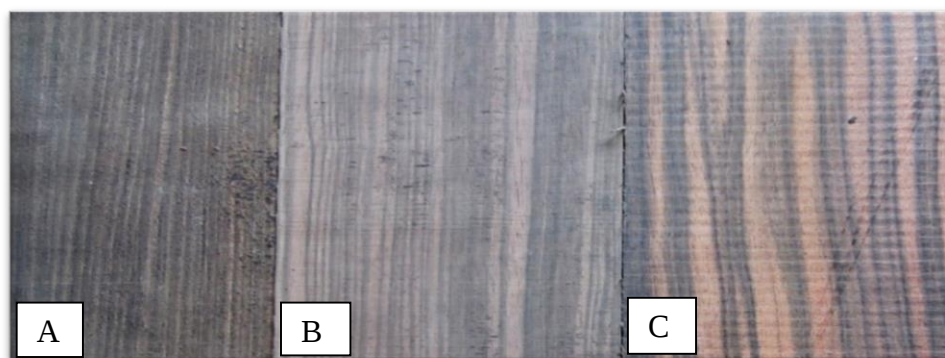
keadaan tempat tumbuh. Eboni yang tumbuh di daerah berbatu-batu cenderung menghasilkan corak eboni yang lebih bagus dibanding yang tumbuh di daerah yang lebih subur.

Selain pola *strip*, dalam arah radial, kayu teras eboni memiliki batas yang jelas dengan kayu gubal. Kayu ini juga memiliki zona intermediat yaitu zona peralihan antara kayu gubal dan teras (Hillis & Soenardi 1994), tetapi zona ini jarang diperhatikan dalam penelitian sifat kayu. Komposisi kimia kayu teras eboni dipublikasikan antara lain oleh Martawijaya *et al.* (1981), sedangkan Maiti dan Musgrave (1986) meneliti kadar *dimethoxynaphthol* dan *methoxy ether* lainnya pada ekstraktif kayu eboni. Komposisi kimia kayu eboni dari pola *strip* yang berbeda serta variasinya dari kayu gubal, intermediat menjadi kayu teras belum banyak diketahui. Kedua obyek tersebut menjadi tujuan dalam penelitian ini.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap yaitu pengambilan sampel dan analisis kimia kayu. Sampel kayu eboni *batang macis* (BM) diambil dari Sausu, Kab. Parigi Moutong pada koordinat 01° 04,055' LS 120° 31,687' BT dan eboni SL di Desa Towu, Kab. Poso pada koordinat 01° 19,109 LS 120° 36,354 BT, Provinsi Sulawesi Tengah. Analisis kimia kayu dilakukan di Laboratorium Kimia Kayu, Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan pada Juni 2013 - Agustus 2014.

Pohon yang ditebang masing-masing dua pohon tiap lokasi berdiameter rata-rata 40 cm. Pengambilan contoh uji



Gambar 1 Penggolongan tiga kelas kualitas kayu eboni (kelas A, B, dan C).

dilakukan pada bagian pangkal pohon yang bebas gerowong. Contoh uji diambil pada kayu gubal terluar (berbatasan dengan kulit), kayu intermediat (berbatasan dengan teras) dan kayu teras (Gambar 2). Ekstraksi dengan pelarut etanol-toluena berdasarkan ASTM D1107-96 (ASTM 2002), air panas (ASTM D 1110-80, ASTM 2002), holoselulosa dan selulosa (Browning 1967), lignin (TAPPI T222 – OS 78, TAPPI 1993), kadar abu (ASTM D 1102 84, ASTM 2002) dan nilai pH (Lukmandaru *et al.* 2009). Tiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

Untuk menguji perbedaan rerata komponen kimia antar kedua pola *strip*, dilakukan uji t-test (*independent sample*), sedangkan pengaruh arah radial terhadap sifat kimia kayu dianalisis menggunakan analisis ragam satu arah (*One-Way ANOVA*). Jika arah radial berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 95%, dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (LSD) (Ghozali 2008). Pengolahan data menggunakan SPSS 13.0.

Hasil dan Pembahasan

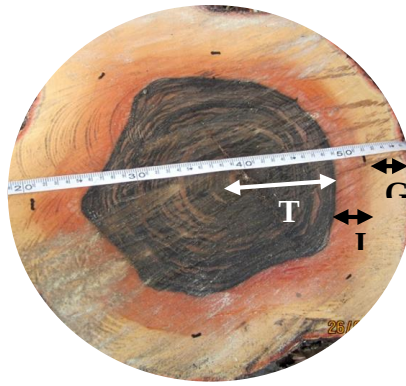
Kayu eboni yang diteliti memiliki rerata kadar holoselulosa sebesar $76,59 \pm 3,02\%$, selulosa $50,62 \pm 4,86\%$, lignin $26,72 \pm 3,05\%$, ekstraktif terlarut etanol-

toluena $9,71 \pm 2,97\%$, ekstraktif terlarut air panas $13,54 \pm 1,43\%$, abu $0,97 \pm 0,32\%$ dan nilai pH $5,56 \pm 0,39$. Kadar selulosa eboni dari penelitian ini lebih tinggi, sedangkan kadar lignin dan abu lebih rendah dibandingkan dengan nilai yang dipublikasikan oleh Martawijaya *et al.* (1981) yang mendapatkan kadar selulosa sebesar 46,5%, lignin 28,5%, abu 1,7%, dan kelarutan dalam etanol-benzena 7,1%.

Pengaruh pola *strip*

Rerata komposisi kimia kayu pada dua pola *strip* disajikan pada Gambar 3. Kadar holoselulosa, selulosa, lignin dan ekstraktif etanol-toluena eboni SL lebih tinggi dibandingkan dengan eboni BM, sedangkan kadar ekstraktif terlarut air panas, abu dan nilai pH lebih rendah. Meskipun demikian, hasil uji-t (Tabel 1) menunjukkan bahwa rerata ekstraktif terlarut air panas, holoselulosa dan selulosa berbeda nyata antara eboni BM dan SL, sedangkan komponen kimia lainnya tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan oleh tempat tumbuh Towu yang lebih mendukung untuk pertumbuhan eboni dibandingkan dengan tempat tumbuh Sausu.

Hamidah *et al.* (2005) mengamati kayu akasia yang tumbuh pada areal yang



Gambar 2 Posisi pengambilan sampel pada kayu eboni (G: Gubal, I: Intermediat, T: Teras).

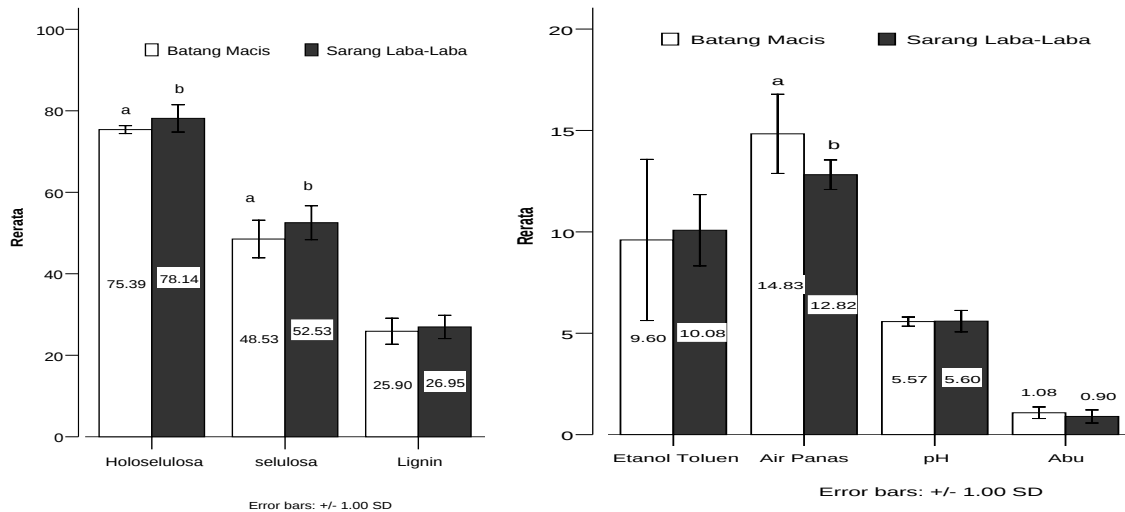
lebih mendukung pertumbuhan memiliki kadar holoselulosa, hemiselulosa, selulosa dan abu yang lebih tinggi, sedangkan lignin dan ekstraktif lebih rendah. Daya dukung yang lebih baik menyebabkan fotosintesis menjadi lebih baik sehingga menghasilkan holoselulosa yang lebih tinggi. Hasil penelitian Suranto (2014) menunjukkan bahwa jati pada bonita yang lebih baik memiliki ekstraktif yang lebih tinggi. Menurut Soerianegara (1967), eboni yang tumbuh pada tanah yang berbatu dan berbukit curam menghasilkan kayu dengan *strip* yang halus dan teratur (BM). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa tempat tumbuh lebih berpengaruh pada kadar komponen dinding sel (holoselulosa dan selulosa) dan ekstraktif terlarut air panas. Perbedaan corak *strip* lebih dipengaruhi oleh komponen fenolatnya tetapi uji-t tidak berbeda nyata dalam kadar ekstraktif etanol-toluena. Perbedaan kedua *strip* tersebut diduga karena perbedaan jenis komponen fenolatnya.

Pengaruh arah radial

Berdasarkan Anova (Tabel 2), arah radial dalam batang berpengaruh sangat nyata terhadap kadar ekstraktif etanol-toluena

dan abu, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap ekstraktif air panas dan pH. Hasil uji LSD menunjukkan bahwa kadar ekstraktif etanol-toluena dan abu kayu gubal berbeda tidak nyata dengan bagian intermediat, tetapi keduanya berbeda nyata dengan teras. Rerata kadar komponen kimia dan nilai pH pada arah radial dan uji LSD disajikan pada Gambar 4 dan 5.

Seperti yang diperkirakan, kadar ekstraktif etanol-toluena kayu eboni tertinggi pada kayu teras dan cenderung menurun ke kayu gubal. Hal ini disebabkan oleh adanya akumulasi metabolit sekunder yang bersifat fenolat dalam dinding sel dan lumen pada kayu teras. Sebagai pembanding, pada kayu jati, komponen fenolat ini terbanyak ditemukan pada kayu teras, menurun ke arah kulit dan tidak ditemukan pada gubal terluar (Datta & Kumar 1987). Di lain pihak, kadar ekstraktif terlarut air panas cenderung menurun ke arah kayu teras. Hal ini diduga disebabkan komponen ekstraktif larut dalam air panas seperti pati dan bahan pektik lebih banyak ditemukan pada kayu gubal dibanding kayu teras (Fengel & Wegener 1989). Transformasi kayu gubal menjadi



Gambar 3 Kadar komponen kimia dan nilai pH pada kayu eboni berbeda pola *strip* (huruf yang sama di atas bar menunjukkan reratanya tidak berbeda pada α 0,05).

Tabel 1 Nilai peluang (signifikansi) dari hasil t-test (2-arah)

	Etanol-toluena	Air panas	Abu	Holoselulosa	Selulosa	Lignin	pH
Nilai peluang	0,844	0,015*	0,098	0,017*	0,015*	0,446	0,936

Keterangan: *nilai peluang < 0,05 berarti rerata antar pola *strip* berbeda pada α 0,05.

Tabel 2 Rangkuman nilai peluang (signifikansi) dari hasil analisis ragam (ANOVA)

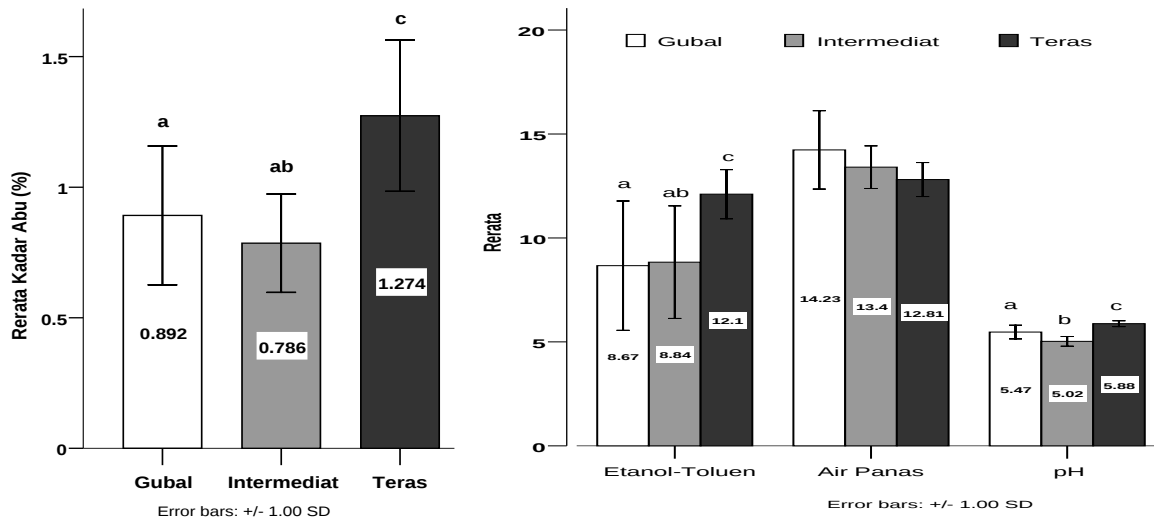
Sumber Keragaman	Etanol-toluena	Air panas	Abu	Holoselulosa	Selulosa	Lignin	pH
Arah radial	0,01>	0,11	0,01>	0,19	0,01>	0,01>	0,01>

Keterangan: Nilai peluang lebih kecil dari 0,01, berbeda sangat nyata pada α 0,01

teras ditandai berkurangnya pati, gula dan lemak dan meningkatnya ekstraktif (Hillis 1968, Datta & Kumar 1987, Kumar & Datta 1989).

Kadar abu tertinggi secara nyata diamati pada kayu teras. Secara teoritis, komponen utama abu adalah kalium, kalsium, magnesium dan silika (Fengel & Wegener 1989, Shmulsky & Jones 2011). Tingginya nilai abu pada kayu teras eboni diduga karena kadar kalsiumnya lebih tinggi seiring banyaknya butiran-butiran kristal yang ditemukan (Hillis & Soenardi 1994).

Nilai pH secara nyata paling tinggi diukur pada kayu teras, kemudian menurun pada kayu intermediat dan meningkat pada kayu gubal. Kayu teras umumnya memiliki pH lebih rendah karena banyak mengandung senyawa fenolat yang merupakan asam lemah sehingga keasaman kayu teras lebih tinggi karena kadar fenolatnya lebih besar (Krilov & Lasander 1988). Menurut Panshin dan de Zeeuw (1981), nilai pH berhubungan dengan kadar abu, makin tinggi kadar abunya, maka pHnya



Gambar 4 Rerata kadar abu dan ekstraktif (%) serta nilai pH pada kayu eboni. Keterangan: huruf yang sama di atas bar pada tiap parameter dan posisi, berbeda tidak nyata pada α 0,05.

akan meningkat karena komponen utama abu (Ca, Mg dan K) yang bersifat basa.

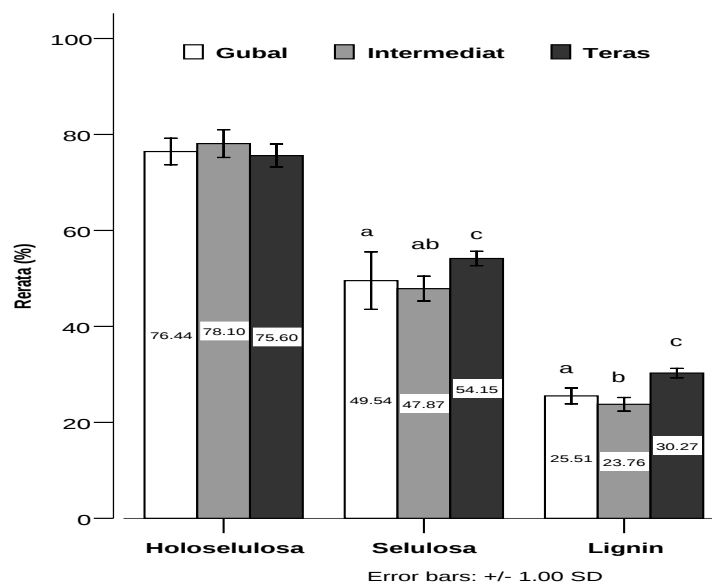
Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, kayu eboni memiliki pola kadar akstraktif etanol-toluena, air panas, abu dan nilai pH yang sama dengan kayu *Shorea macroptera* dan *S. macrophylla* (Yunanta *et al.* 2014), *Pinus latifolia* dan *P. murrayana* (Campbell *et al.* 1990), *Diospyros kaki* (Noda 2002), kayu jati dan mangium (Lukmandaru *et al.* 2009, Lukmandaru, 2012), kayu *Antocephalus macrophyllus* (Cahyono *et al.* 2012) serta kayu *Eucalyptus globulus* (Morais & Pereira 2011, Gominho *et al.* 2015).

Pola kadar abu dan nilai pH yang berbeda dengan penelitian ini, dilaporkan pada kayu *Robinia pseudoacacia* (Adamopoulos *et al.* 2005), *S. retusa* (Yunanta *et al.* 2014), jati (Lukmandaru 2011), *Baccaurea macrocarpa* dan *Garcinia cornea* (Krisdianto 2013).

Arah radial dalam batang juga berpengaruh sangat nyata pada kadar holoselulosa, selulosa dan lignin. Hasil

uji LSD menunjukkan kadar selulosa berbeda nyata antara teras dengan gubal dan intermediat, sedangkan gubal dan intermediat berbeda tidak nyata. Sementara itu, kadar lignin berbeda nyata antara ketiga posisi radial.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kadar holoselulosa meningkat ke intermediat dan menurun ke arah teras. Sebaliknya, selulosa dan lignin menurun dari gubal ke intermediat dan meningkat pada kayu teras. Variasi kadar holoselulosa, selulosa, hemiselulosa dan lignin dari kayu teras ke kulit pada kayu daun lebar belum diketahui dengan pasti, tetapi terindikasi hanya sedikit mengalami perubahan. Hal ini berbeda dengan kayu daun jarum yang memiliki kadar selulosa meningkat ke arah kulit, sedangkan hemiselulosa dan lignin kadarnya menurun. Komposisi kimia tersebut terutama dipengaruhi oleh trakeid yang semakin panjang ke arah kulit (Panshin & de Zeeuw 1981). Dibutuhkan pengamatan dimensi serat kayu eboni untuk menjelaskan masalah ini.



Gambar 5 Kadar holoselulosa, selulosa dan lignin pada arah radial pada kayu eboni. Keterangan: huruf yang sama di atas bar pada tiap parameter, berbeda tidak nyata pada α 0,05 uji LSD.

Untuk komponen dinding sel, variasi kadar holoselulosa, selulosa, dan lignin pada kayu teras dan gubal dari beberapa penelitian menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Kadar holoselulosa, selulosa, dan lignin eboni memiliki pola yang sama dengan kayu *S. macroptera* dan *S. macrophylla* (Yunanta *et al.* 2014), sedangkan holoselulosa serupa pada jenis *P. latifolia* dan *P. murrayana* serta lignin pada kayu *P. murrayana* (Adamopoulos *et al.* 2005) dan *Robinia pseudoacacia* (Campbell *et al.* 1990).

Penelitian tentang sifat kimia kayu intermediat yang telah ada masih terbatas pada kadar air, ekstraktif dan pati. Zona intermediat terdapat pada jenis-jenis kayu yang memiliki teras berwarna gelap, warnanya pucat, sempit, berada di antara gubal dan teras dan dapat diamati pada saat kayu baru dipotong. Zona ini sering disebut juga *white zone*, *dry zone* atau *intermediate wood*. Zona ini mengandung sedikit pati dan kadar air yang lebih rendah dibanding gubal dan

terkadang dengan kayu teras (Hillis 1987 1999). Pada kayu jati, *Acacia nilotica*, *Shorea robusta*, dan *Robinia pseudoacacia*, zona ini memiliki lebih sedikit pati, polisakarida tak terlarut dan karbohidrat non struktural dibanding gubal, tetapi memiliki senyawa fenolat yang tidak dijumpai pada kayu gubal (Datta & Kumar 1987, Kumar & Datta 1989, Shah *et al.* 1981, Magel *et al.* 1994).

Dalam eksperimen ini, kayu intermediat memiliki kadar abu, selulosa, lignin dan nilai pH yang paling rendah, tetapi kadar holoselulosanya paling tinggi. Kadar ekstraktif terlarut air panas zona intermediat lebih tinggi dibanding kayu teras karena diduga zona ini masih memiliki pati. Pengamatan anatomi eboni oleh Hillis dan Soenardi (1994), menemukan bahwa pati melimpah di kayu gubal, berkurang pada zona intermediat dan menghilang di kayu teras. Kadar ekstrakatif etanol-toluena yang lebih tinggi dibanding gubal

menunjukkan adanya komponen fenolat sehingga warnanya lebih gelap dibanding kayu gubal. Menurut Hillis (1987), hal tersebut berbeda dengan kecenderungan zona intermediat kayu lain yang lebih pucat.

Kesimpulan

Hasil analisis kimia kayu eboni menunjukkan bahwa kadar holoselulosa, selulosa dan ekstraktif terlarut air panas berbeda nyata antara kayu eboni *batang macis* dan *SL*. Arah radial sampel umumnya berpengaruh sangat nyata kecuali kadar holoselulosa dan ekstraktif air panas. Kayu teras memiliki kadar selulosa, lignin, ekstraktif etanol-toluena, pH dan abu lebih tinggi dan berbeda nyata dengan kayu gubal dan intermediat. Untuk pembahasan yang lebih mendalam, diperlukan dukungan data tempat tumbuh dan anatomi kayu.

Daftar Pustaka

- Achmad A. 2002. Strategi konservasi in-situ eboni bergaris/kayu hitam Makassar (*Diospyros celebica* bakh.) di Sulawesi. *Berita Biol.* 6(2):337-351.
- Adamopoulos S, Voulgaridis E, Passialis C. 2005. Variation of certain chemical properties within the stemwood of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Holz als roh-und Werkstoff* 63:327-333.
- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 2002. *Annual Book of ASTM Standards. Section Four Construction Volume 04.10 Wood*. Baltimore:ASTM.
- Browning BL. 1967. *Methods of Wood Chemistry Volume II*. New York: Interscience Publisher, John Wiley and Sons, Inc.
- Cahyono TD, Ohorella S, Febrianto F. 2012. Beberapa sifat kimia dan keawetan alami kayu samama (*Antocephalus macrophyllus* Roxb.) terhadap rayap tanah. *J Ilmu Teknol Kayu Tropis* 10(2):168–178.
- Campbell AG, Kim WJ, Koch P. 1990. Chemical variation in lodgepole pine with sapwood/heartwood, stem height, and variety. *Wood Fiber Sci.* 22(1):22-30.
- Datta SK, Kumar A. 1987. Histochemical studies of the transition from sapwood to heartwood in *Tectona grandis*. *IAWA Bull.* 8(4):363-368.
- Fengel D, Wegener G. 1989. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Berlin: Walter de Gruyter & Co.
- Ghozali I. 2008. *Desain Penelitian Eksperimental. Teori, Konsep dan Analisis Data dengan SPSS 16*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gominho J, Lourenço A, Miranda I, Pereira H. 2015. Radial and axial variation of heartwood properties and extractives in mature trees of *Eucalyptus globulus*. *BioResources* 10(1):721-731.
- Hamidah S, Al M, Wardani L. 2005. Kandungan kimia kayu akasia (*acacia mangium* willd) berdasarkan tempat tumbuh dan bagian batang. *Prosiding Seminar Nasional Mapeki VIII*. Tenggara. 2005 September 3-5; Kutai Kertanegara. Bogor: MAPEKI. hlm A64-72.
- Hillis WE. 1968. Chemical aspect of heartwood formation. *Wood Sci Technol.* 2:241-259.

- Hillis WE. 1987. *Heartwood and Tree Exudates*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hillis WE. 1999. *The Information of Heartwood and Its Extractives, An Overview*. In: Romeo, J.T., editor. *Phytochemicals in Human Health Protection, Nutrition, and Plant Defense*. New York: Springer Science + Business Media, LLC. hlm 215-253.
- Hillis WE, Soenardi. 1994. Formation of ebony and streaked wood. *IAWA J*. 15(4):425-437.
- Krisdianto. 2013. Variasi keasaman dan kapasitas penyangga kayu tampui beras (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Muell. Arg.) dan manggis hutan (*Garcinia cornea* Miq.). *J Penel Hasil Hutan* 31(4):242-249.
- Krilov A, Lasander WH. 1988. Acidity of heartwood and sapwood in some eucalypt species. *Holzforchung* 42(4):253-258.
- Kumar A, Datta SK. 1989. Histochemical and histoenzymological changes during heartwood formation in a timber tree *Shorea robusta*. *Plant Sci*. 99(1):21-27.
- Lukmandaru G. 2011. Sifat kelarutan dalam air, keasaman dan kapasitas penyangga pada kayu jati. Dalam: Sulisty, D. *et al.*, Editor. *Prosiding Seminar Nasional Mapeki XIV*; 2011 Nopember 2; Yogyakarta, Indonesia. Yogyakarta: MAPEKI. hlm 875-882.
- Lukmandaru G. 2012. Komposisi ekstraktif pada kayu mangium (*Acacia mangium*). *J Ilmu Teknol Kayu Tropis* 10(2):150-158.
- Lukmandaru G, Ashitani T, Takahashi K. 2009. Color and chemical characterization of partially black-streaked heartwood in teak (*Tectona grandis*). *J For Res*. 20(4):377-380.
- Magel E, Jay-Allemand C, Ziegler H. 1994. Formation of heartwood substances in the stemwood of *Robinia pseudoacacia* L. II. Distribution of nonstructural carbohydrates and wood extractives across the trunk. *Trees* 8:165-171.
- Maiti BC, Musgrave OC. 1986. Ebenaceae extractives. Part 9. New naphthoquinones and binaphthyl quinones from Macassar ebony. *J Chem Soc Perkin Trans*. 1:675-681.
- Martawijaya A, Kartasujana I, Kadir K, Prawira SA. 1981. *Atlas Kayu Indonesia. Jilid I*. Bogor: Balai Penelitian Hasil Hutan. Badan Litbang Pertanian.
- Morais MC, Pereira H. 2012. Variation of extractives content in heartwood and sapwood of *Eucalyptus globulus* trees. *Wood Sci Technol*. 46:709-719.
- Noda E, Aoki T, Minato K. 2002. Physical and chemical characteristics of the blackened portion of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*). *J Wood Sci*. 48:245-249.
- Panshin AJ, de Zeeuw C. 1980. *Textbook of Wood Technology*. Fourth Edition. New York: McGraw-Hill Book. Co.
- Shah JJ, Baqui S, Pandalai RC, Patel KR. 1981. Histochemical changes in *Acacia nilotica* L. during transition from sapwood to heartwood. *IAWA Bull*. 2(1):31-36.
- Shmulsky R, Jones PD. 2011. *Forest Products and Wood Science, An Introduction*. Sixth Edition. Mississippi: A John Wiley & Sons, Inc. Publication.

- Soerianegara I. 1967. Beberapa keterangan tentang jenis-jenis pohon eboni Indonesia. *Rimba Indones.*12(2):3-4.
- Suranto Y. 2015. Pengaruh umur pohon, nita dan posisi aksial batang terhadap kualitas kayu jati sebagai bahan ebel (studi kasus di KPH endal [Disertasi] Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [TAPPI] Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1993. *Acid-insoluble in wood and pulp. TAPPI Test Method T 222 os-78.* Atlanta: TAPPI.
- Whitmore TC, Tantra IGM, Sutisna U. 1989. *Tree flora of Indonesia Check List for Sulawesi.* Bogor: Forest Research and Development Centre.
- Yunanta RRK, Lukmandaru G, Fernandes A. 2014. Sifat kimia dari kayu *Shorea retusa*, *Shorea macroptera*, dan *Shorea macrophylla*. *J Penel Dipterokarpa* 8(1):15-24.
- Riwayat naskah:
Naskah masuk (*received*): 14 Maret 2016
Diterima (*accepted*): 25 Mei 2016