

Hubungan sifat berat jenis dengan sifat higroskopisitas melalui pendekatan nilai rerata kehilangan air

Relationship between specific gravity and hygroscopicity through average water loss approach

Adik Bahanawan*, Teguh Darmawan, Wahyu Dwianto

Pusat Penelitian Biomaterial

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Jl. Raya Bogor KM 46, Cibinong Science Center-Botanical Garden (CSC-BG)

Cibinong, Kabupaten Bogor, 16911

E-mail*: adikbahanawan@gmail.com

Diterima 08 Oktober 2019 Direvisi 23 Desember 2019 Diterima 29 Mei 2020

ABSTRAK

Sifat higroskopisitas kayu diduga berhubungan dengan nilai berat jenis (BJ) kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai BJ kayu sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes), jati (*Tectona grandis* L. f.), merbau (*Intsia bijuga* (Colebr.) Kuntze) dan mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) terhadap nilai kehilangan air saat diberi perlakuan pengeringan pada suhu 60°C selama beberapa waktu. Sengon dan jati yang berusia muda mewakili kayu dengan BJ rendah, sedangkan mahoni dan merbau mewakili kayu dengan BJ tinggi. Hasil penelitian menunjukkan massa awal setelah perendaman dengan air selama 24 jam untuk sengon, jati, mahoni dan merbau berturut-turut adalah 5,346 g; 7,356 g; 7,366 g dan 7,469 g. Nilai BJ sengon, jati, mahoni dan merbau berturut-turut sebesar 0,294; 0,511; 0,625 dan 0,733. Pengukuran kehilangan air yang dilakukan selama 7,5 jam menunjukkan nilai rerata kehilangan air total untuk sengon, jati, mahoni dan merbau berturut-turut adalah 2,431 g; 2,440 g; 2,363 g dan 1,560 g. Uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa nilai BJ antar keempat spesies tersebut berbeda nyata. Uji lanjut Tukey untuk nilai rerata kehilangan air selama 7,5 jam tidak berbeda nyata antara sengon, jati dan mahoni namun berbeda nyata antara sengon, jati dan mahoni dengan merbau.

Kata Kunci: berat jenis; kehilangan air; hubungan

ABSTRACT

*Hygroscopicity of wood is related to specific gravity (SG). This research was aimed to understand the relationship between specific gravity of sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes), jati (*Tectona grandis* L. f.), merbau (*Intsia bijuga* (Colebr.) Kuntze) and mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) through their water loss from heat treatment. Results showed that SG of sengon, jati, mahoni and merbau were 0.294; 0.511; 0.625 and 0.733 respectively. Measurements of water loss performed for 7.5 hours at 60°C for sengon, jati, mahoni and merbau were 2.431 g; 2.440 g; 2.363 g and 1.560 g. Tukey's test showed that the SGs among wood species were significantly different. Tukey's test for average water loss was not significantly different between sengon, jati and mahoni, but significantly different between sengon, jati and mahoni and merbau.*

Keywords : *specific gravity; relationship; water loss*

I. PENDAHULUAN

Kayu merupakan material unik karena bersifat higroskopis (Manuhuwa, 2007). Sifat higroskopis kayu adalah kemampuannya dalam menyerap dan melepaskan air. Kondisi ini sangat berhubungan erat dengan jenis kayu tersebut dan lingkungan sekitar tempat kayu tersebut diletakkan. Higroskopisitas kayu dapat dikatakan sebagai salah satu sifat yang sedikit banyak merugikan karena sifat ini akan berpengaruh pada stabilitasnya (Harijadi, 2009). Selain itu, sifat higroskopis dalam hal ini saat kayu menyerap air, akan menjadikan kayu tersebut lebih lembab dan menjadi stimulan berbagai cendawan/jamur perusak kayu untuk masuk ke jaringan. Salah satu faktor internal kayu yang mempengaruhi sifat higroskopisitas ini diduga adalah berat jenisnya (BJ). Berat jenis merupakan salah satu sifat fisis kayu yang sangat penting dan mendasar yang dapat digunakan untuk menilai mutu suatu kayu (Kasmudjo, 2010; Marsoem *et al.*, 2014). Semakin tinggi nilai BJ maka akan semakin tinggi pula nilai kekuatan kayunya (Haygreen dan Bowyer, 1982).

Berat jenis setiap jenis kayu berbeda, dengan demikian akan berpeluang berbeda pula dalam hal kemampuan menyerap dan melepaskan air. Hal ini belum banyak dibahas. Banyak keterkaitan antara BJ sebagai salah satu sifat fisis dengan sifat higroskopisitasnya yang belum diketahui. Pengetahuan akan hal ini akan memberikan gambaran salah satunya bagaimana seharusnya memperlakukan jenis kayu yang beragam terutama dalam hal penanganan saat penyimpanan dan pengeringan mengacu pada nilai BJ jenis-jenis kayu tersebut. Kerapatan yang sangat erat kaitannya dengan BJ merupakan hal yang penting untuk diketahui guna bagaimana menyusun metoda pengeringan jenis-jenis kayu (Meyer dan Barton, 1971; Hisada dan Sato, 1976; Durand, 1985). Tentunya, penanganan tersebut juga harus memperhatikan tujuan yang ingin dicapai dari penyediaan sortimen kayu tersebut. Metoda penanganan pengeringan kayu

adalah hal yang sangat penting untuk dilakukan (Listyanto, 2010). Pengetahuan akan sifat higroskopis kayu mutlak diperlukan terutama terkait bagaimana air hilang dari material kayu. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan nilai perbedaan berat jenis dengan tingkat perbedaan kehilangan air dari beberapa jenis kayu. Pengetahuan akan hal ini nantinya dapat digunakan sebagai referensi pengelolaan kayu lebih spesifik pada penanganan pengeringan jenis-jenis kayu yang mempunyai tingkat BJ berbeda-beda. Perbedaan spesies dengan perbedaan BJnya akan membutuhkan penanganan pengeringan yang berbeda-beda pula.

II. BAHAN DAN METODE

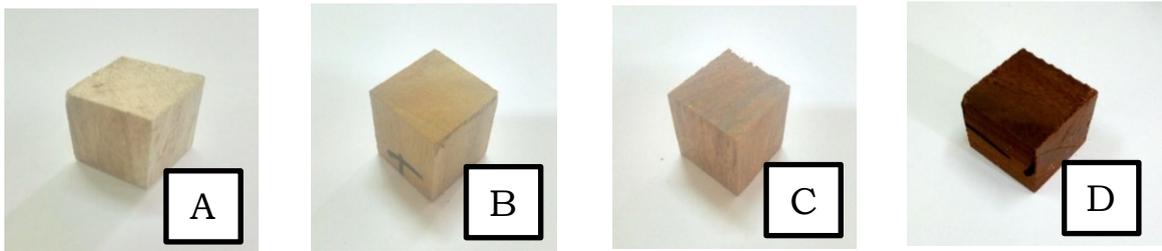
2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah sampel kayu sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes), jati (*Tectona grandis* L. f.), merbau (*Intsia bijuga* (Colebr.) Kuntze) dan mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) masing-masing berukuran $p \times l \times t = (2 \times 2 \times 2) \text{ cm}^3$ dengan masing-masing memiliki ulangan sebanyak 12 buah. Sampel jati yang digunakan adalah sampel jati muda berusia sekitar 10 tahun. Sengon dan jati muda mewakili kayu dengan BJ relatif rendah, sedangkan merbau dan mahoni merupakan kayu dengan BJ relatif tinggi. Sampel kayu-kayu tersebut seperti tampak pada Gambar 1. Peralatan yang digunakan diantaranya kaliper digital *Mitutoyo*, timbangan digital *Ohaus*, Oven dan alat tulis serta komputer dengan program *Microsoft Excel*, *Microsoft Word* dan *SPSS Statistical Analysis* versi 16.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa dan Modifikasi Biomaterial, Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Cibinong. Waktu pelaksanaan penelitian mulai dari Maret hingga April 2018.



Gambar 1. (A) sampel kayu sengon, (B) jati, (C) mahoni dan (D) merbau

2.2.2. Pengukuran berat jenis kayu

Pengukuran BJ kayu mengacu pada metoda *British Standard (BS) 373: 1957*. Penentuan berat jenis berdasarkan volume kering dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{kerapatan kayu (kk)} = \text{bkt/vk} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{berat jenis (BJ)} = \text{kk/kbs} \dots \dots \dots (2)$$

di mana,

- kk : kerapatan kayu (g/cm^3)
- kbs : kerapatan benda standar (air pada suhu 4°C) (g/cm^3)
- bkt : berat kering tanur (g)
- vk : volume kayu (cm^3)

2.2.3. Pengukuran kehilangan air melalui susut massa

Tiap-tiap sampel kayu direndam dalam air selama 24 jam. Selanjutnya, sampel kayu ditimbang massa awal setelah perendaman tersebut untuk kemudian dimasukkan ke dalam oven bersuhu 60°C .

Tabel 1. Waktu pengukuran massa, waktu pengovenan dan interval waktu

Waktu pengukuran massa (WIB)	Waktu pengovenan (WIB)	Interval waktu (menit)
08.45	08.30-08.45	15
09.00	08.45-09.00	15
09.15	09.00-09.15	15
10.15	09.15-10.15	60
12.15	10.15-12.15	120
14.15	12.15-14.15	120
16.45	14.15-16.15	120

Pengukuran kehilangan air dengan cara mengukur penurunan massa sampel tiap-tiap kayu dilakukan secara berkelanjutan untuk seluruh sampel kayu pada jam 08.30

(pengukuran massa awal setelah perendaman selama 24 jam), 08.45, 09.00, 09.15, 10.15, 12.15, 14.15 dan 16.15 WIB (Waktu Indonesia Barat). Berikut interval waktu pengeringan oven mengacu pada waktu pengukuran tersebut di atas tersaji dalam Tabel 1.

2.2.4 Pengolahan dan analisis data

Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis varians (*annova*) menggunakan *software* SPSS 17. Bila signifikan, dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey dengan taraf kepercayaan 95%. Pengolahan data yang dilakukan meliputi rerata BJ dengan rerata kehilangan air tiap-tiap waktu pengukuran dan untuk rerata kehilangan air total.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Massa dan Berat Jenis Kayu

Hasil penelitian menunjukkan massa rerata tiap sampel setelah perendaman selama 24 jam adalah 5,346 g (sengon), 7,356 g (jati), 7,366 g (mahoni) dan 7,469 g (merbau). Nilai BJ merupakan perbandingan antara kerapatan kayu dengan kerapatan air (Harjadi, 2009). Rerata BJ tiap sampel menunjukkan hasil yang berbeda yaitu 0,294 (sengon), 0,511 (jati), 0,625 (mahoni) dan 0,733 (merbau). Penelitian ini tidak jauh berbeda hasilnya dengan penelitian-penelitian lain yang menyebutkan sengon memiliki BJ rendah sekitar 0,3 (Harjadi, 2009, Martawijaya *et al.*, 1989) sedangkan BJ jati berkisar 0,6 (Martawidjaya *et al.*, 1981; Rulliaty dan Lempang, 2004; Susetyo, 2001; Yunianti, 2011). Penelitian lain menyebutkan rerata BJ jati adalah 0,62-0,75 (Martawijaya *et al.*, 2005), dan 0,35 untuk jati berumur 4 tahun dan 0,45 untuk jati berumur 5 tahun

Tabel 2. Nilai rerata Berat Jenis (BJ) dan rerata kehilangan air pada perbedaan satuan waktu

Parameter Pengukuran	Sengon	Jati	Mahoni	Merbau
Rerata BJ	0,294 a	0,511 b	0,625 c	0,733 d
Rerata kehilangan air :				
● 08.30-08.45 WIB (15 menit)	0,211 a	0,214 a	0,120 b	0,188 a
● 08.45-09.00 WIB (15 menit)	0,122 a	0,161 b	0,121 a	0,141 ab
● 09.00-09.15 WIB (15 menit)	0,142 a	0,159 a	0,158 a	0,155 a
● 09.15-10.15 WIB (60 menit)	0,737 a	0,728 a	0,621 b	0,373 c
● 10.15-12.15 WIB (120 menit)	0,854 a	0,733 b	0,844 a	0,486 c
● 12.15-14.15 WIB (120 menit)	0,305 a	0,318 a	0,317 a	0,140 b
● 14.15-16.15 WIB (120 menit)	0,059 a	0,127 b	0,182 c	0,078 a
● Kehilangan total (08.30-16.15 WIB (7,5 jam)	2,431 a	2,440 a	2,363 a	1,560 b

Keterangan: huruf yang sama di belakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata uji Tukey pada taraf uji 5

(Wahyudi *et al.*, 2014). Jati plus perhutani (JPP) umur 5 tahun BJ = 0,46 ± 0,06, umur 7 tahun BJ = 0,49 ± 0,04 dan umur 9 tahun BJ = 0,51 ± 0,11 (Basri dan Wahyudi, 2013). Mahoni memiliki BJ berkisar 0,64 (Martawidjaya *et al.*, 2005) sedangkan merbau memiliki BJ sekitar 0,84 (Martawidjaya *et al.*, 1989).

Massa setelah perendaman selama 24 jam dengan nilai BJ menunjukkan kecenderungan hubungan yang linier, semakin berat massa sampel maka akan semakin besar pula nilai BJ. Nilai massa dengan nilai BJ dari yang terkecil berturut-turut dalam penelitian ini adalah sengon, jati, mahoni dan merbau. Gambar 2 menunjukkan hubungan linier antara nilai BJ dengan nilai massa di mana semakin besar BJ maka akan semakin besar nilai massa. Hubungan linier ini cukup erat dengan ditunjukkan nilai $r^2 = 0,8033$ dengan persamaan $y = 4,8997x + 4,2347$. Perbedaan BJ ini berhubungan dengan beberapa faktor antara lain tebal dinding sel, proporsi kayu akhir dan kandungan zat ekstraktif (Harijadi 2009; (Zobel & Jett, 1995). Lebih jauh, perbedaan tersebut tentunya dipengaruhi oleh genetik perbedaan jenis, dan lingkungan tumbuh masing-masing (Bowyer *et al.*, 2003; Praptoyo 2010; Shmulsky & Jones, 2011); Tsoumis 1969). Lempang (2014) menjelaskan pula bahwa sifat fisis kayu di mana termasuk di dalamnya adalah BJ, merupakan sifat yang spesifik sesuai dengan faktor internal spesies kayu tersebut. Oleh karenanya sengon, jati, mahoni dan merbau dengan perbedaan spesies otomatis memiliki nilai BJ yang

signifikan berbeda pula. Dengan demikian, berdasarkan klasifikasi Seng (1990) maka dalam penelitian ini sengon termasuk dalam kelas kuat (KK) V, jati KK III, mahoni KK II, dan merbau KK II. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa semakin tinggi BJ maka kayu akan semakin kuat (Bowyer *et al.*, 2003). BJ juga sangat terpengaruh oleh kecepatan tumbuh dari tiap-tiap spesies. Semakin cepat pertumbuhan suatu jenis kayu maka akan semakin rendah BJ yang dihasilkan (Spurr dan Hsuing (1954); Zobel dan van Buijtenen (1989). Hal ini sesuai dengan pemahaman umum, berturut-turut pertumbuhan paling cepat ke paling lambat jenis kayu pada penelitian ini adalah sengon, jati, mahoni dan merbau. Jati pada penelitian ini merupakan jati cepat tumbuh berusia 10 tahun yang dikembangkan oleh LIPI.

3.1 Berat Jenis Kayu dan Kehilangan Air

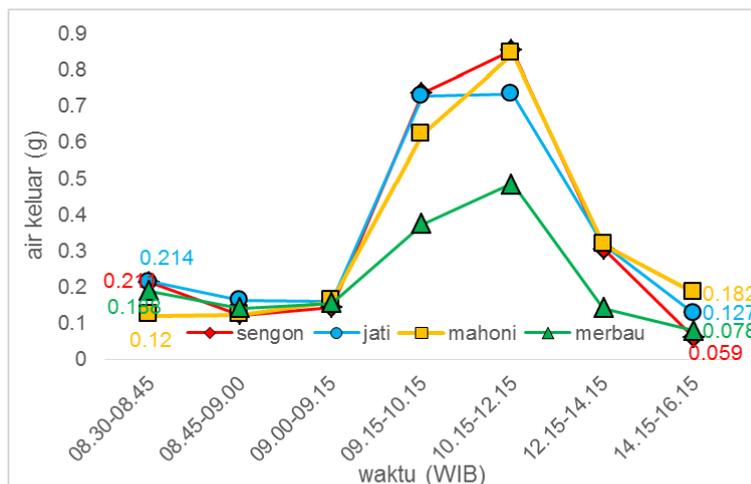
Nilai kehilangan air diukur pada pukul 08.45, 09.00, 09.15, 10.15, 10.15 sd 12.15, 14.15, 16.15 WIB. Interval waktu ini diberikan karena kayu diduga memiliki kemampuan melepaskan air berbeda-beda sesuai dengan lamanya waktu kayu menerima panas. Pengukuran tersebut akan menghasilkan nilai kehilangan air total yaitu selama 7,5 jam dengan mengurangi nilai massa pada awal 08.30 dengan massa pada akhir 16.15. Tabel 2 menunjukkan nilai rerata BJ dan rerata kehilangan air pada perbedaan satuan waktu Penghitungan statistik menunjukkan perbedaan jenis kayu bersignifikansi dengan perbedaan nilai BJ. Uji lanjut Tukey

memperlihatkan BJ sengon, jati, mahoni dan merbau saling berbeda signifikan. Hal ini berimplikasi pada perbedaan nilai rerata kehilangan air tiap-tiap waktu pengukuran. Namun demikian, nilai rerata kehilangan air yang berbeda-beda tersebut ada yang tidak berbeda nyata dan ada yang berbeda nyata. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan BJ tidak menjadi satu-satunya faktor yang mempengaruhi nilai rerata kehilangan air. Pengaruh inilah yang menyebabkan inkonsistensi hasil dihubungkan dengan pernyataan bahwa semakin tinggi BJ akan semakin rendah nilai kehilangan air. Inkonsistensi hasil juga terlihat pada pengukuran rerata kehilangan air 7,5 jam (kehilangan total) di mana jati dengan BJ lebih tinggi daripada BJ sengon, menunjukkan hasil rerata kehilangan air lebih besar dibanding rerata kehilangan air sengon. Sekali lagi, hal ini menunjukkan bahwa BJ tidak menjadi satu-satunya faktor yang berpengaruh pada nilai kehilangan air sampel kayu.

Penelitian Sulistyono dan Marsoem (2000) tentang jati menjelaskan bahwa ada dugaan peran kadar ekstraktif juga berpengaruh pada inkonsistensi hubungan antara BJ dengan penyusutan di jati. Bárcenas-Pazos *et al.*, (2000) juga menjelaskan bahwa ada korelasi antara kadar lignin dengan nilai penyusutan kayu. Penelitian lain menyebutkan, kadar ekstraktif akan berpengaruh terhadap kualitas kayu termasuk pada sifat fisik

(Torelli *et al.*, 2006). Salah satu sifat fisik tersebut adalah BJ. Nilai massa sampel saat kondisi setelah perendaman selama 24 jam masing-masing sampel kayu adalah 7,469 g (merbau), 7,366 g (mahoni) dan 5,346 g (sengon) menunjukkan nilai perbedaan keseragaman air yang dikandung yang tentunya berhubungan dengan nilai BJ yang berbeda-beda. Nilai keseragaman air yang dikandung ini merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada nilai penyusutan (Haygreen and Bowyer, 1996).

Gambar 2 menunjukkan fluktuasi nilai kehilangan air tiap waktu pengukuran. Secara garis besar, gambar tersebut menjelaskan bahwa semakin lama interval waktu pengovenan maka akan semakin banyak pula air hilang. Hasil penelitian menunjukkan rerata kehilangan air/15 menit untuk sengon, jati, mahoni dan merbau berturut-turut adalah 0,158 g; 0,178 g; 0,133 g dan 0,161 g. Hasil tersebut menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dikarenakan pengukuran dilakukan pada awal waktu, yaitu pada 08.45 WIB, 09.00 WIB dan 09.15 WIB. Hal berbeda mulai nampak pada rerata kehilangan air selama 60 menit berturut-turut untuk sengon, jati mahoni dan merbau adalah 0,632 g; 0,593 g; 0,594 g dan 0,333 g. Hasil ini sudah mulai menunjukkan tren bahwa semakin tinggi nilai BJ, maka akan semakin rendah nilai kehilangan air yang terjadi.



Gambar 2. Grafik rerata kehilangan air pada sengon, jati, mahoni dan merbau pada tiap-tiap waktu pengukuran

Hasil penelitian seperti tersaji dalam Tabel 2 dan Gambar 3 dapat dijadikan acuan dalam mengambil keputusan menjalankan metode pengeringan kayu dengan berbagai macam jenis spesies dengan BJ-nya yang berbeda-beda. Terlebih lagi, di dunia industri perkerajinan kayu, masih banyak industri yang masih menerapkan generalisasi dalam tata kelola pengeringan kayu semisal menempatkan kayu dengan BJ dan spesifikasi sifat yang berbeda-beda dalam 1 jenis oven dengan perlakuan suhu dan waktu yang seragam. Hal ini tidak boleh dilakukan jika ingin menjaga kualitas produk kayu. Nilai kehilangan air yang berbeda-beda antar spesies per satuan waktu tertentu menjelaskan bahwa memang tidak bisa disamakan dalam pengelolaan metode pengeringan satu jenis dengan jenis lainnya terlebih bila dihubungkan dengan nilai BJ yang berbeda-beda.

3.2 Nilai Rasio Antara Berat Jenis dengan Rerata Kehilangan Air

Nilai BJ dan rerata kehilangan air selanjutnya bisa digunakan untuk mengukur dan menjadikan acuan melihat rasio. Rasio yang akan dijelaskan merupakan nilai perbandingan antara nilai BJ dengan nilai rerata kehilangan air. Rerata kehilangan air disajikan per satuan waktu pengukuran. Secara lebih jelas, nilai rasio tersebut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 menjelaskan bahwa nilai rasio didapat dengan membagi antara nilai rerata kehilangan air dengan BJ. Melalui nilai rasio ini, dapat diprediksi berapa nilai rerata kehilangan air dengan pendekatan nilai BJ tersebut. Nilai rasio dapat memperlihatkan suatu hubungan bahwa semakin tinggi BJ maka akan semakin rendah rasionya. Berkaca pada nilai rerata kehilangan air selama 7,5 jam, didapat nilai tren penghitungan juga memperlihatkan nilai rasio akan semakin rendah bilamana BJ semakin tinggi. Perhitungan nilai rasio tersebut dapat digunakan sebagai salah satu acuan mengetahui berapa nilai rerata kehilangan air tiap-tiap spesies tersebut.

Tabel 3. Nilai rasio antara rerata kehilangan air dengan mengacu Berat Jenis tiap sampel kayu

Jenis kayu	BJ	Rerata kehilangan air (/15 menit)	Rasio
sengon	0,294	0,158	0,54
jati	0,511	0,178	0,35
mahoni	0,625	0,133	0,21
merbau	0,733	0,161	0,22
jenis kayu	BJ	rerata kehilangan air (/60 menit)	rasio
sengon	0,294	0,737	2,51
jati	0,511	0,728	1,42
mahoni	0,625	0,621	0,99
merbau	0,733	0,373	0,51
jenis kayu	BJ	rerata kehilangan air (/120 menit)	rasio
sengon	0,294	0,406	1,38
jati	0,511	0,393	0,77
mahoni	0,625	0,448	0,72
merbau	0,733	0,235	0,32
jenis kayu	BJ	rerata kehilangan air (7,5 jam)	rasio
sengon	0,294	2,431	8,27
jati	0,511	2,440	4,77
mahoni	0,625	2,363	3,78
merbau	0,733	1,560	2,13

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, berturut-turut sampel kayu dengan nilai BJ paling rendah ke nilai BJ paling tinggi adalah sengon = 0,294; jati=0,511; mahoni = 0,625 dan merbau = 0,733. BJ tiap jenis kayu tersebut saling berbeda signifikan dan berpengaruh nyata terhadap nilai rerata kehilangan air. Namun demikian, pada pengukuran nilai rerata kehilangan air total selama 7,5 jam nilai rerata kehilangan air sengon, jati dan mahoni tidak berbeda nyata antar ketiganya, sedangkan nilai rerata kehilangan air untuk merbau berbeda nyata dengan ketiga jenis kayu tersebut. Semakin tinggi nilai BJ, maka akan semakin rendah nilai rerata kehilangan airnya. Namun demikian, BJ tidak menjadi satu-satunya faktor yang mempengaruhi nilai rerata kehilangan air. Hal ini terlihat dari inkonsistensi hasil rerata kehilangan air tiap-tiap waktu pengukuran. Perbedaan nilai BJ dan sifat higroskopisitas terutama kemampuan melepas air berguna sebagai acuan untuk menerapkan metode pengeringan kayu yang berbeda-beda dan spesifik antar spesies. Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dibandingkan karakteristik anatomi dan sifat bahan kimia yang terkandung oleh 4 jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini sehingga akan didapat informasi yang lebih holistik dan komprehensif bagaimana sifat higroskopisitasnya dari sudut pandang keanatomian dan kimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Sudarmanto sebagai teknisi di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI atas bantuannya dalam penyiapan sampel penelitian. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Ahdiar Fikri Maulana, M. Agr. dan Ibu Fahriya Puspita Sari, ST atas bantuannya dalam penyusunan naskah tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bárcenas-Pazos, G., Velázquez-Morales, P., & Dávalos-Sotelo, R. (2000). Effect

of lignin content on shrinkage of four Mexican woods. *Holzforschung*, 54 541-543. <http://dx.doi.org/10.1515/HF.2000.091>

Basri, E., & Wahyudi, I. (2013). Sifat dasar kayu jati plus perhutani dari berbagai umur kaitannya dengan sifat dan kualitas pengeringan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(2), 93-102. <http://dx.doi.org/10.20886/jphh.2013.31.2.93-102>

Bowyer J.L., Shmulsky, R & Haygreen, J. G. (2003). *Forest products and wood science: An Introduction*. Fourth Edition. Amer, Iowa, USA. Iowa State Press a Blackwell Publishing Company.

[BS] British Standard. (1957). *Methods of testing small clear specimens of timbers*. BS 373. Inggris.

Durand, P.Y. (1985). Contribution to the study of determination tables of drying-physical properties of wood. *Tropical Timber and Forest*, 207, 63-78.

Harijadi, A.R. (2009). *Kadar air titik jenuh serat beberapa jenis kayu perdagangan Indonesia*. Skripsi. IPB. Bogor.

Haygreen, J.G., & Bowyer, J.L. (1982). *Forest product and wood Science. An introduction*. Iowa State Univ. Press. USA.

Haygreen, J.G & Bowyer, J. L. (1996). *Hasil hutan dan ilmu kayu, suatu pengantar* (Terjemahan Sutjipto, AH), Gadjah Mada University Press Yogyakarta.

Hisada, T & Sato, S. (1976). Estimation of suitable kiln drying schedule for Southeast Asian wood based on wood properties. *Journal Japan Wood Research Society*, 22(9), 498-504.

Kasmudjo. (2010). *Teknologi hasil hutan*. Yogyakarta: Cakrawala Media.

Listyanto, T., Lukmandaru, G., Pramadya, C., Siswanto, D., & Hattori, N. (2010). Relationship between wood properties and developed drying schedule of inferior teak (*Tectona grandis* L.f) and mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Wood Research Journal*, 1(2), 83-88.

- Lempang, M. (2014). Sifat dasar dan Jurnal Riset Industri Hasil Hutan Vol.12, No.1, Juni 2020: 1-8 potensi kegunaan kayu jabon merah. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3 (2), 163-175.
- Manuhuwa, E. (2007). Kadar air dan berat jenis pada posisi aksial dan radial kayu sukun (*Arthocarpus communis*, J.R dan G.Frest). *Jurnal Agroforestri*, 2(1), 49-55.
- Marsoem, S.N. Prasetyo, V.E., Sulisty, J. Sudaryono, & Lukmandaru, G. (2014). Studi mutu kayu jati di hutan rakyat gunungkidul III. Sifat fisika kayu. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 8(2), 75-88.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., & Prawira, S.A. (1981). *Atlas Kayu Indonesia. Jilid I*. Balai Penelitian Hasil Hutan. Badan Litbang Kehutanan. Bogor, Indonesia.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., Mandang, Y.I, & Prawira, S.A. (1989). *Atlas Kayu Indonesia. Jilid II*. Balai Penelitian Hasil Hutan. Badan Litbang Kehutanan. Bogor, Indonesia.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., Prawira S.A. (2005). *Atlas Kayu Indonesia. Jilid 1*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor, Indonesia.
- Meyer, R.W., & Barton, G.M. 1971. A relationship between collapse and extractives in Western Red Cedar. *Forest Products Journal*, 21(4), 58-60.
- Praptoyo, H. (2010). Sifat anatomi dan sifat fisika kayu mindi (*Melia azedarach* Linn) dari hutan rakyat di Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 4(1), 21-27.
- Rulliaty, S. & Lempang, M. (2004). Sifat anatomi dan fisis kayu jati dari Muna dan Kendari Selatan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 22(4), 231-237.
- Seng, O. D. (1990). *Berat jenis dari jenis-jenis kayu Indonesia dan pengertian beratnya kayu untuk keperluan praktek*. Pengumuman No.13. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Shmulsky, R., & Jones, P. D. (2011). Forest products and wood science an introduction: Sixth edition. In *Forest Products and Wood Science An Introduction: Sixth Edition*. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470960035>.
- Spurr, S.H., & Hsuing, W. (1954). Growth rate and spsefic gravity in conifers. *Forest Product Journal*, 55, 191-200.
- Sulistyo, J., & Marsoem, S.N. (2000). *Pengaruh umur terhadap sifat fisika dan mekanika kayu jati (Tectona grandis L.f.)*. Prosiding Seminar Nasional II MAPEKI. Yogyakarta, 2-3 September 1999. 49-63.
- Susetyo, D. (2001). *Kajian berat jenis dari beberapa sifat mekanis kayu jati yang berasal dari KPH Purwakarta dan KPH Saradan* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Torelli, N., Trajković, J., & Sertić, V. (2006). Influence of phenolic compounds in heartwood of Silver fir (*Abies alba* Mill.) on the equilibrium moisture content. *Holz Als Roh - Und Werkstoff*, 64:341–342. <http://dx.doi.org/10.1007/s00107-005-0070-z>
- Tsoumis, G. (1969). *Wood as raw material: source, structure, chemical, composition, growth, degradation and identification*. Pergamon Press, Oxford, London.
- Wahyudi, I., Priadi, T., & Rahayu, I.S. (2014). Karakteristik dan sifat-sifat dasar kayu jati unggul umur 4 dan 5 tahun asal jawa barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(1), 50-56.
- Yunianti, A.D., Wahyudi, I., Siregar, I.Z., & Pari, G. (2011). Kualitas kayu jati klon dengan jarak tanam yang berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 9(1), 93-100.
- Zobel, B.J., & Van Buijtenen, J.P. (1989). *Wood variation: Its causes and control*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Zobel, B. J., & Jett, J. B. (1995). *Genetics of wood production*. In *Springer Verlag*. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-79514-5>