

KETERAWETAN ENAM JENIS KAYU DARI JAWA BARAT DAN RIAU (*Treatability of Six Wood Species from West Java and Riau*)

Krisdianto¹, Didik Ahmad Sudika¹, Ahmad Wahyudi² & Mohammad Muslich¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610

²Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Pakuan
Jl. Pakuan, Bogor

Diterima 12 Januari 2015, Direvisi 10 Juni 2015, Disetujui 27 Juli 2015

ABSTRACT

Preserving wood is one way to enhance its natural durability. The degree of wood protection achieved depends on the preservative impregnated in the wood and measured by its retention and penetration. Preservative retention is calculated based on the gravimetric system, while penetration is observed based on the colour differences after spot test. Preservative penetration pattern is observed visually and percentage is calculated conventionally. Digital image interpretation using Image-J software is one way to measure the preservative penetration. This paper studies the treatability of six wood species from West Java and Riau. Preservative penetration was interpreted both conventionally and digitally. Result shows hamirung, jaha and mahang putih wood species are classified into easy to preserve (class I), while bung bulang, pasang taritih and bira-bira wood species are classified as medium to preserve (class II). Digital image identification provides easier, faster and more accurate in interpreting preservative penetration than the conventional method.

Keywords: Preservation, retention, penetration, digital image, interpretation, six wood species

ABSTRAK

Kayu merupakan bahan lignoselulosa yang mudah terserang organisme perusak sehingga perlu diawetkan untuk meningkatkan umur pakainya. Tingkat perlindungan kayu dipengaruhi oleh keberhasilan masuknya bahan pengawet ke dalam kayu. Retensi dan penetrasi bahan pengawet ke dalam kayu adalah dua parameter yang ditetapkan untuk mengukur keberhasilan masuknya bahan pengawet ke dalam kayu (keterawetan). Retensi bahan pengawet dihitung berdasarkan sistem gravimetrik perbedaan berat, sedangkan penetrasi diukur berdasarkan perbedaan warna akibat uji semprot (*spot test*). Saat ini, penetrasi bahan pengawet dinilai secara visual dan persentasinya dalam bidang luasan dihitung secara konvensional. Interpretasi penetrasi bahan pengawet dapat dilakukan berdasarkan foto digital menggunakan perangkat lunak *Image-J*. Tulisan ini mempelajari keterawetan enam jenis kayu dari Jawa Barat dan Riau. Perbandingan pengukuran penetrasi dilakukan dengan cara konvensional dan interpretasi foto digital. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu hamirung, jaha dan mahang putih termasuk mudah diawetkan (kelas I), sedangkan kayu bung bulang, pasang taritih dan bira-bira termasuk kelas keterawetan sedang (kelas II). Penilaian penetrasi dengan interpretasi digital lebih akurat, cepat, dan mudah daripada dengan cara konvensional.

Kata kunci: Pengawetan, retensi, penetrasi, gambar digital, interpretasi, enam jenis kayu

I. PENDAHULUAN

Kayu merupakan bahan berlignoselulosa yang dapat diserang oleh organisme perusak seperti jamur, rayap kayu kering, rayap tanah, kumbang bubuk dan penggerek di laut. Kayu yang rusak akibat serangan organisme tersebut tidak dapat digunakan dan harus diganti dengan kayu baru. Serangan organisme perusak memperpendek umur pakai kayu dan merugikan pengguna karena harus melakukan penggantian (Barly, 2013). Salah satu cara peningkatan umur pakai kayu adalah dengan mengawetkan kayu.

Pengawetan kayu adalah proses pencegahan agar kayu tidak terserang organisme perusak dengan memasukkan larutan bahan pengawet ke dalam kayu. Mudah-tidaknya kayu untuk diawetkan dikenal dengan istilah keterawetan kayu, yaitu kemampuan bahan pengawet masuk ke dalam kayu. Keterawetan kayu bervariasi, yang salah satu penyebabnya adalah adanya perbedaan struktur anatomi sel-sel penyusun kayu (Siau, 1983).

Masuknya bahan pengawet ke dalam kayu dipengaruhi oleh susunan struktur anatominya (Bamber & Burley, 1983; Siau, 1983). Untuk kayu daun lebar, aliran bahan pengawet ke dalam kayu dipengaruhi oleh keberadaan dan kondisi jaringan pembuluh (Choong, Tesoro, & Manwiller, 1974; Siau, 1983). Porsi jaringan pembuluhnya banyak, berdiameter besar dan tidak berisi bahan-bahan penghambat seperti tilosis dan endapan berwarna mengakibatkan bahan pengawet lebih mudah masuk ke dalam kayu.

Pada umumnya, keterawetan kayu dievaluasi berdasarkan dua parameter, yaitu retensi dan penetrasi bahan pengawet ke dalam kayu. Retensi adalah jumlah bahan pengawet yang tertinggal di dalam kayu, dinyatakan dalam kg/m^3 , sedangkan penetrasi adalah dalamnya penembusan bahan pengawet ke dalam kayu dan dinyatakan dalam mm (BSN, 1999). Penetrasi juga dapat dinilai dari persentase luas permukaan kayu yang ditembus oleh bahan pengawet (Jermer, Evans, & Johansson, 2001; Hansen, Sites, & Nicholas, 2010).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Pengawetan Kayu untuk Perumahan dan Gedung tahun 1999, rata-rata retensi bahan pengawet untuk penggunaan di bawah atap adalah 8 kg/m^3 , sedangkan rata-rata penetrasi yang disyaratkan adalah 5 mm. Hansen et al. (2010) menyatakan bahwa standar Eropa (EN 152) dan DIN 68800 mensyaratkan penetrasi minimum 4 - 6 mm tergantung penggunaannya.

Saat ini, pengukuran penetrasi bahan pengawet dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan menggambar pola penetrasi warna merah pada permukaan kayu yang diuji untuk diinterpretasikan kedalaman dan persentasenya (Abdurrohim, 1994; Sudika, 2013). Pengukuran perbedaan warna penetrasi bahan pengawet ke dalam kayu dapat dilakukan dengan interpretasi foto digital. Interpretasi perbedaan warna dengan perangkat lunak telah dilakukan oleh Mekhtiev dan Torgovnikov (2009) dan Sugiyanto (2011) serta Krisdianto, Dewi, & Muslich (2014). Interpretasi foto dilakukan dengan menghitung persentase luasan perbedaan warna pada suatu penampang kayu yang telah dipindai dengan *scanner digital*. Tulisan ini mempelajari keterawetan enam jenis kayu berdasarkan retensi dan penetrasinya. Penilaian penetrasi bahan pengawet dilakukan dengan membandingkan metode konvensional dan interpretasi foto digital.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Enam jenis kayu dari Jawa Barat dan Riau dikumpulkan untuk diuji keterawetannya menggunakan bahan pengawet golongan tembaga krom boron (CCB) berkonsentrasi 3 %. Dari setiap jenis, sepuluh contoh uji kayu berukuran 5 x 5 x 100 cm dipersiapkan dari potongan dolok bagian pangkal secara random tanpa membedakan bagian kayu gubal dan terasnya. Keenam jenis kayu yang dipelajari disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Enam jenis kayu dari Jawa Barat dan Riau
Table 1. Six wood species originated from West Java and Riau

No.	No Koleksi (Collection number)	Jenis (Wood species)	Family	Nama daerah (Local name)	Asal kayu (Wood origin)
1.	34400	<i>Premna tomentosa</i> Willd.	Combretaceae	Bung bulang	Jawa Barat
2.	34401	<i>Vernonia arborea</i> Ham.	Compositae	Hamirung	Jawa Barat
3.	34402	<i>Terminalia arborea</i> K.et.V.	Combretaceae	Jaha	Jawa Barat
4.	34404	<i>Lithocarpus elegans</i> Blume	Fagaceae	Pasang taritih	Jawa Barat
5.	34407	<i>Macaranga hypoleuca</i> Muell.Arg.	Euphorbiaceae	Mahang putih	Riau
6.	34408	<i>Fragaea crenulata</i> M.ex.C.B.	Loganiaceae	Bira-bira	Riau

B. Metode

1. Pengukuran diameter dan frekuensi pembuluh

Pengukuran diameter dan frekuensi pembuluh dilakukan pada preparat kayu utuh secara makroskopis. Pengukuran diameter tangensial pembuluh dilakukan pada penampang melintang (*transversal*) sedangkan frekuensi pembuluh dihitung berdasarkan banyaknya pembuluh dalam luasan 1 mm² pada penampang melintang (Wheeler et al., 1989).

2. Pengawetan kayu dan perhitungan retensi bahan pengawet

Dalam kondisi kering angin, contoh uji kayu kemudian diawetkan dengan bahan pengawet CCB 3 % yang terdiri dari C₆H₅SO₄ 34 % w/w, K₂CrO₇ 38% w/w, H₃BO₃ 25 % w/w. Garam CCB tersebut dilarutkan dalam air dengan konsentrasi 3% untuk selanjutnya diimpregnasikan ke dalam contoh uji dengan proses sel penuh, yaitu vakum awal (60 cm Hg) selama 15 menit dan diberi tekanan 10 atm selama 60 menit sebelum vakum akhir selama 15 menit. Berat dan volume awal dan akhir contoh uji sebelum dan sesudah proses pengawetan dilakukan untuk memperhitungkan retensi bahan pengawet mengacu pada Abdurrohman (1993) sebagai berikut:

$$R = \frac{B}{V} \times K \dots\dots\dots (1)$$

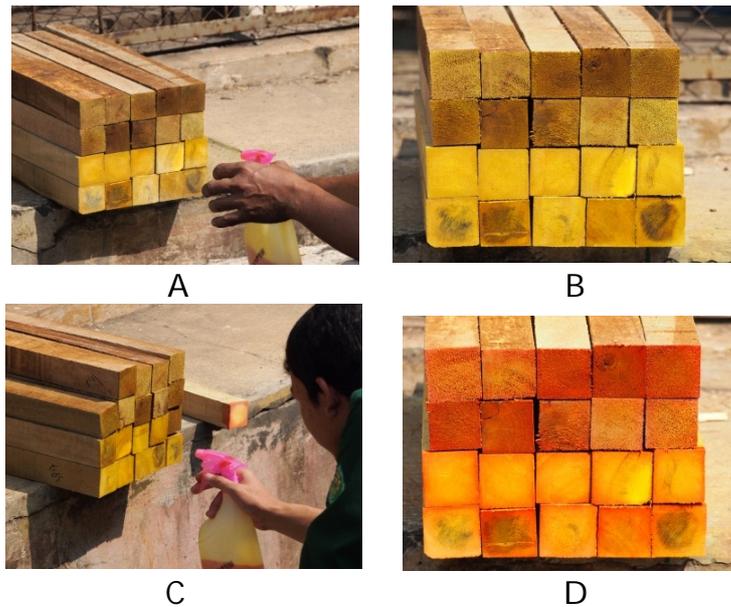
Dimana R= retensi bahan pengawet (kg/m³), B = selisih berat contoh uji sebelum dan sesudah

diawetkan (kg), V = volume contoh uji (m³) dan K= konsentrasi larutan bahan pengawet (%).

3. Pengujian penetrasi kayu konvensional dan interpretasi foto digital

Pengukuran penetrasi dilakukan dengan memotong bagian tengah panjang contoh uji yang telah diawetkan. Uji semprot dilakukan pada penampang melintang bekas potongan bagian tengah contoh uji dengan menyemprotkan pereaksi A dan setelah beberapa saat dilanjutkan dengan menyemprotkan pereaksi B. Pereaksi A berupa 50 gr serbuk kunyit yang dicampurkan dalam 500 ml spiritus bening, sedangkan pereaksi B adalah 100 ml HCl, 400 ml spiritus bening dan 65 gr asam salisilat teknis (Sudika, 2013). Penetrasi boron ditunjukkan dengan adanya warna merah pada permukaan kayu yang diuji (Gambar 1). Kelas keterawetan kayu dikelompokkan penetrasi bahan pengawet yang ditetapkan oleh Smith dan Tamblin (1970) seperti disajikan dalam Tabel 2.

Pengukuran penetrasi bahan pengawet dilakukan dengan dua cara yaitu secara konvensional dan interpretasi gambar digital. Secara konvensional pengukuran penetrasi dilakukan dari gambar pola penetrasi bahan pengawet setelah uji semprot pada plastik transparan dan menghitung luasannya pada kertas millimeter. Interpretasi foto digital dilakukan dengan memindai permukaan kayu dengan *digital scanner*, dan mengukur kedalaman penetrasi serta menghitung luasan penetrasi bahan pengawet ke dalam kayu dengan perangkat lunak ImageJ.



Gambar 1. Spot test dengan pereaksi A (A) dan hasil penyemprotannya berwarna kuning (B), dan penyemprotan dengan pereaksi B (C) dan hasil penyemprotan berwarna kemerahan (D)

Figure 1. Spot test of A reagent (A) and yellowish spraying result (B), B reagent (C) and reddish colour after spraying

C. Analisis Data

Hasil perhitungan retensi, diameter dan frekuensi pembuluh dinyatakan secara deskriptif. Hasil penilaian penetrasi bahan pengawet juga dilakukan secara deskriptif, namun perbandingan metode pengukuran persentase luasan penetrasi bahan pengawet dibandingkan secara berpasangan dengan uji-t. Uji-t berpasangan dilakukan untuk membandingkan beda rerata dua kelompok

data dari dua hasil pengukuran dengan metode konvensional dan metode interpretasi foto digital (Supardi, 2012).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan retensi bahan pengawet CCB 3 % hasil pengukuran pembuluh kayu disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata perhitungan retensi bahan pengawet dan hasil pengukuran pembuluh
Table 3. Average retention of preservative and wood vessels measurement

No.	Nama daerah (Local name)	Retensi (Retention, kg/m ³)	Diameter pembuluh (Vessel diameter, micron)	Frekuensi pembuluh per mm ² (Vessel frequency, per mm ²)
1.	Bung bulang	7,94 ± 0,51	774,2 ± 255,6	6,0 ± 0,9
2.	Hamirung	14,93 ± 0,69	1145,2 ± 198,6	4,5 ± 1,4
3.	Jaha	12,73 ± 0,71	1649,2 ± 196,6	3,0 ± 0,8
4.	Pasang taritih	4,60 ± 0,31	2020,2 ± 315,6	3,1 ± 0,6
5.	Mahang putih	16,90 ± 2,50	1620,9 ± 150,1	4,3 ± 0,4
6.	Bira-bira	11,30 ± 0,90	1177,4 ± 308,9	6,4 ± 1,1

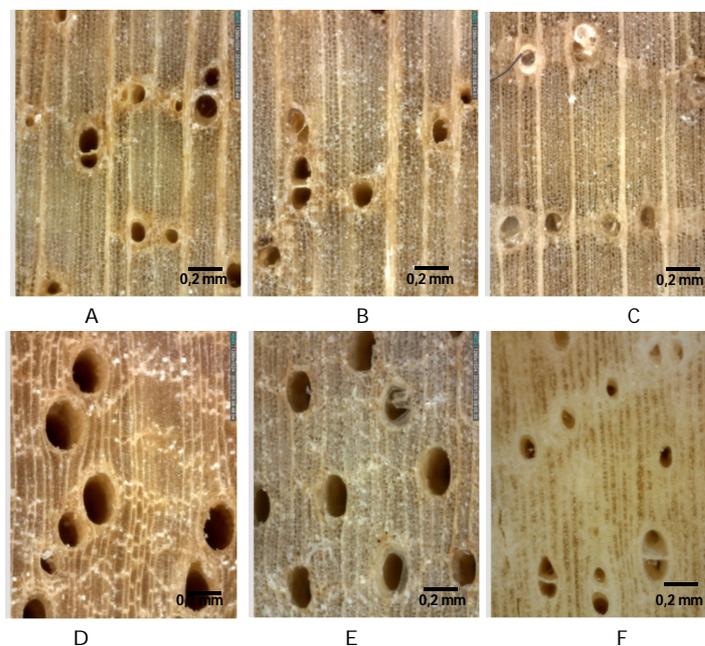
Tabel 3 menunjukkan bahwa retensi bahan pengawet CCB pada empat jenis kayu yaitu hamirung, jaha, mahang putih, dan bira-bira memenuhi persyaratan sebagaimana Standar Nasional Indonesia (SNI 03-5010.1-1999). Retensi bahan pengawet yang ditetapkan untuk perumahan dan gedung adalah 8 kg/m^3 dan untuk pemakaian di luar atap sebesar 11 kg/m^3 .

Dari keenam jenis kayu yang dipelajari, kayu mahang putih memiliki retensi bahan pengawet paling besar, yaitu dengan rata-rata $16,9 \text{ kg/m}^3$. Kayu mahang merupakan kayu yang cukup permeabel sehingga mudah dimasuki bahan pengawet (Lim, 1998). Diameter rata-rata pembuluh kayu mahang adalah 1620,9 mikron termasuk berukuran sedang dengan frekuensi 4,3 pembuluh per- mm^2 . Lim (1998) melaporkan bahwa tilosis dan endapan jarang ditemukan di pembuluh kayu mahang, sehingga larutan bahan pengawet mudah masuk ke dalam kayu melalui pembuluh.

Kayu pasang taritih memiliki rata-rata retensi bahan pengawet paling rendah yaitu $4,60 \text{ kg/m}^3$, namun memiliki diameter pembuluh paling besar, yaitu sekitar 2020,2 mikron dengan frekuensi 3,1 per mm^2 . Rendahnya retensi bahan pengawet pada kayu pasang taritih (*Lithocarpus elegans*)

disebabkan karena adanya tilosis dan endapan dalam pembuluhnya (Quy, 1995). Tilosis merupakan cairan sel yang mengering di dalam pembuluh membentuk lapisan tipis menutup aliran cairan melalui pembuluh (Thomas, 2000). Adanya tilosis dan endapan dalam pembuluh menghambat masuknya bahan pengawet ke dalam kayu dan menyebabkan retensi bahan pengawet pada kayu pasang taritih rendah.

Kayu bung bulang memiliki retensi bahan pengawet relatif rendah ($7,94 \text{ kg/m}^3$). Hal ini disebabkan ukuran diameter pembuluhnya relatif kecil dan banyak dijumpai tilosis yang menghambat masuknya bahan pengawet ke dalam kayu (Go, 1998). Dalam hal retensi bahan pengawet, adanya pembuluh mempengaruhi besarnya retensi pengawet ke dalam kayu, namun adanya endapan dan tilosis dalam pembuluh memperkecil retensi bahan pengawet ke dalam kayu. Komponen penyusun sel-sel kayu seperti parenkima dan jaringan parenkima jari-jari juga mempengaruhi tinggi rendahnya retensi bahan pengawet ke dalam kayu, namun pengaruhnya terhadap retensi bahan pengawet termasuk kecil (Siau, 1983). Gambar makro keenam jenis kayu yang dipelajari, disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 2. Gambar makro jenis kayu bung bulang (A), hamirung (B), jaha (C), pasang taritih (D), mahang putih (E) dan bira-bira (F)

Figure 2. Macroscopic photos of bung bulang (A), hamirung (B), jaha (C), pasang taritih (D), mahang putih (E) and bira-bira (F) woods

Tabel 4. Hasil pengukuran penetrasi bahan pengawet
Table 4. Wood preservative penetration results

No.	Nama daerah (Local name)	Penetrasi (Penetration)				Kelas keterawetan (Treatability class)
		Konvensional (Conventional)		Interpretasi digital (Digital interpretation)		
		Kedalaman (depth), mm	Persentase (Percentage), %	Kedalaman (depth), mm	Persentase (Percentage), %	
1.	Bung bulang	19	77,91 ± 3,76	20	78,13 ± 2,75	II (sedang)
2.	Hamirung	25	100	25	100	I (mudah)
3.	Jaha	25	100	25	100	I (mudah)
4.	Pasang taritih	16,5	65,99 ± 0,98	17	66,01 ± 0,85	II (sedang)
5.	Mahang putih	23	98,3 ± 3,1	24	98,6 ± 2,6	I (mudah)
6.	Bira-bira	10	68,8 ± 16,7	12	69,3 ± 16,8	II (sedang)

Selain retensi bahan pengawet dan kaitannya dengan struktur anatomi kayunya, hasil pengukuran penetrasi bahan pengawet ke dalam kayu disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa berdasarkan kedalaman penetrasi bahan pengawet, seluruh jenis kayu yang dipelajari memenuhi SNI 03-5010.1 (1999) yaitu penetrasi bahan pengawet lebih dari 5 mm. Berdasarkan persentase penetrasi bahan pengawet ke dalam kayu, kayu hamirung, jaha dan mahang putih termasuk mudah diawetkan (kelas I), sedangkan kayu bung bulang, pasang taritih dan bira-bira termasuk kelas sedang (kelas II).

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa pengukuran penetrasi bahan pengawet dilakukan dengan dua cara, yaitu konvensional dan interpretasi digital. Table 4 menunjukkan bahwa secara umum persentase penetrasi bahan pengawet ke dalam kayu dengan interpretasi foto digital lebih besar dari cara konvensional. Untuk kayu bung bulang, pasang taritih, mahang putih dan bira-bira perhitungan persentase penetrasi pengawet dengan cara digital lebih tinggi dari cara konvensional. Hal ini menunjukkan cara interpretasi digital lebih akurat dari cara konvensional, karena interpretasi perangkat lunak mampu mendeteksi perbedaan warna dalam contoh uji melebihi kemampuan mata manusia (Mekhtiev & Torgovnikov, 2009). Untuk kayu hamirung dan jaha yang memiliki penetrasi 100 %, pengukuran persentase secara konvensional dan digital memiliki nilai yang sama.

Hasil uji-T berpasangan (Tabel 5) menunjukkan bahwa data persentase bahan pengawet kayu bung bulang, pasang taritih dan bira-bira berbeda nyata, sedangkan pada pengukuran penetrasi kayu mahang tidak berbeda nyata. Perbandingan nilai t pada pengujian metode konvensional dan digital pada kayu dengan hasil penetrasi 100 % tidak dapat dilakukan karena dengan nilai yang sama, standar errornya adalah nol.

Walaupun hasil uji T menunjukkan kedua hasil pengukuran berbeda nyata, namun perbedaan persentase penetrasi bahan pengawet tersebut relatif kecil. Untuk kayu bung bulang, besarnya penetrasi bahan pengawet dengan cara konvensional adalah 77,91 % sedangkan dengan interpretasi gambar digital adalah 78,13 % dan masih termasuk dalam kelas keterawetan sedang (II). Pengukuran persentase penetrasi dengan cara konvensional memerlukan konsentrasi operator tinggi untuk mendapatkan ketelitian yang akurat, sehingga hasil pengukuran sangat ditentukan oleh kondisi operatornya. Cara perhitungan secara konvensional membutuhkan kecermatan dalam penghitungan blok dalam kertas millimeter serta penentuan secara manual jika ada blok yang tidak sepenuhnya terisi.

Dalam pengukuran penetrasi dengan interpretasi digital, kecermatan perhitungan sebagian besar dilakukan oleh perangkat lunak. Operator dapat melakukannya dengan cara yang akurat dan dalam waktu yang singkat. Perangkat lunak *Image-J* telah didesain agar mudah dimengerti, sehingga interpretasi gambar digital

Tabel 5. Hasil uji-t persentase penetrasi bahan pengawet
Table 5. T-test result of wood preservative penetration percentage

Pasangan (<i>Pairs</i>)	t	Nilai probabilitas (<i>Significant probability</i>)
Bung bulang (konvensional dan interpretasi digital, <i>conventional and digital interpretation</i>)	-10,585	0,000 *
Hamirung (konvensional dan interpretasi digital, <i>conventional and digital interpretation</i>)**	-	-
Jaha (konvensional dan interpretasi digital, <i>conventional and digital interpretation</i>)**	-	-
Pasang (konvensional dan interpretasi digital, <i>conventional and digital interpretation</i>)	-13,500	0,000 *
Mahang putih (konvensional dan interpretasi digital, <i>conventional and digital interpretation</i>)	-1,603	0,143
Bira-bira (konvensional dan interpretasi digital, <i>conventional and digital interpretation</i>)	-6,456	0,000 *

Keterangan (*Remarks*): * berbeda nyata pada taraf uji 95% (*significant difference at 95% level*), ** tidak dapat dibandingkan karena standar errornya '0' (*it is not comparable as the standar error is '0'*).

diharapkan mudah dilakukan oleh operator (Mekhtiev & Torgovnikov, 2009). Oleh karena itu, perhitungan penetrasi bahan pengawet dengan interpretasi gambar digital disarankan untuk dilakukan agar akurasi perhitungan tinggi dan mengurangi kesalahan manusia dalam mengukur persentase penetrasi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kayu hamirung, jaha, dan mahang putih termasuk mudah diawetkan (kelas I), sedangkan kayu bung bulang, pasang taritih dan bira-bira termasuk kelas sedang (II) untuk diawetkan.

Berdasarkan penetrasinya, keenam jenis kayu telah memenuhi SNI-1999 pengawetan kayu untuk perumahan dan gedung, sedangkan berdasarkan retensinya kayu bung bulang dan kayu pasang taritih tidak memenuhi persyaratan retensi SNI-1999.

Masuknya bahan pengawet ke dalam kayu tidak hanya ditentukan oleh ukuran diameter dan frekuensi pembuluh per mm², namun juga adanya tilosis dan endapan dalam pembuluh yang menghambat aliran bahan pengawet ke dalam kayu.

Cara pengukuran persentase penetrasi bahan pengawet dengan interpretasi digital lebih mudah,

cepat, cermat dan akurat daripada dengan cara konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrohim, S. (1993). Pengawetan lima jenis kayu secara rendaman dingin dengan dua jenis bahan pengawet CCB. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 11(7), 256 - 266.
- Abdurrohim, S. (1994). Pengawetan tiga jenis kayu secara rendaman dingin dengan bahan pengawet boraks dan asam borat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 12(5), 157-163.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (1999). *Standar pengawetan kayu untuk perumahan dan gedung*. Standar Nasional Indonesia (SNI 03-5010.1-1999). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Bamber, R.K. & Burley J. (1983). *The Wood Properties of Radiata Pine*. (First Ed.). Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Barly, (2013). Peran pengawetan kayu, penelitian dan aplikasinya dalam praktek. Dalam H.R. Sudradjat, Dulsalam, G. Pari & A. Santoso (Eds.) *Prosiding pertemuan ilmiah orasi peneliti utama* (pp. 45 - 65). Bogor, 3 - 4 Desember 2012.

- Choong, E.T., Tesoro, F.O., & Manwiller, F.G. (1974). Permeability of twenty-two small diameters hardwoods growing on southern pine sites. *Wood and Fiber*, 6(1), 91-101.
- Go, R. (1998). Premna L. Dalam M.S.M. Sosef, L.T. Hong, & S. Prawirohatmodjo. (Eds.) *Plant Resources of South-East Asia 5(3): Timber trees: Lesser-known timbers* (pp.470 - 472). Bogor: PROSEA.
- Jermer, J., Evans, F.G. & Johansson I. (2001). Experiences with penetration of copper-based wood preservatives. IRG/WP01-20233. *IRG Wood Protection 32nd Annual Meeting*, 20 - 25 Mei, Nara, Japan. International Research Group - Wood Protection.
- Hansen, K., Sites, L., & Nicholas, D.D. (2010). Methods for studying penetration depth of wood protection products. *IRG Wood Protection 41st Annual Meeting*, 9 - 13 May, Biarritz, France. International Research Group - Wood Protection.
- Krisdianto, Dewi, L.M., & Muslich, M. (2014). Analisis hasil pengujian kayu di laut dengan interpretasi gambar digital. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 11 - 18.
- Krisdianto, Jasni, Pari, G., Hadjib, N., Basri, E., & Muslich, M. (2013). Sifat dasar dan kegunaan kayu Sumatera. *Laporan Hasil Penelitian*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Lim, S.C. (1998). Macaranga Thouars. Dalam M.S.M. Sosef, L.T. Hong, & S. Prawirohatmodjo (Eds.) *Plant Resources of South-East Asia 5(3): Timber trees: Lesser-known timbers*, (pp. 340 - 344). Bogor: PROSEA.
- Mekhtiev, M. & Torgovnikov, G. (2004). Method of check analysis of MW modified wood. *Wood Science and Technology*, 38(7), 501-519.
- Quy, V. (1995). Lithocarpus Blume. Dalam R.H.M.J. Lemmens, I. Soerianegara, & W.C. Wong (Eds.) *Plant Resources of South East Asia 5(2): Timber trees: Minor commercial timbers*. (pp. 284 - 306). Bogor: PROSEA.
- Siau, J.F. (1983). *Transport processes in wood*. Berlin Heidelberg - New York - Tokyo: Springer-Verlag.
- Smith, D.N.R. & Tamblin, N. (1970). Proposes scheme for international standard test for the resistance of timbers to impregnation with preservatives. Ministry of Technology, Forest Products Research Laboratory, London, England.
- Sudika, D.A. (2013). Uji penetrasi boron secara sederhana. *Forpro: Majalah Ilmiah Populer Bidang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan*, 2(1), 36-37.
- Sugiyanto, K. (2011). *Physical and chemical modification of the bamboo species Dendrocalamus asper* (PhD thesis). The University of Melbourne, Australia.
- Supardi, U.S. (2011). *Aplikasi statistika dalam penelitian*. Jakarta: Ufuk Press.
- Thomas, P. (2000). *Trees: their natural history*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.