

**PENGARUH PENGERINGAN TERHADAP PERUBAHAN WARNA,
PENYUSUTAN TEBAL, DAN PENGURANGAN BERAT
EMPAT JENIS BAMBU**
*(The Influence of Drying on Color Changes, Thickness Shrinkages and Weight Loss
of Four Bamboo Species)*

Adik Bahanawan^{1*} & Krisdianto²

¹Pusat Penelitian Biomaterial LIPI

Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong 16911, Telp. (021) 87914511

²Sekretariat Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi

Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610, Telp. (0251) 8631238, Faks. (0251) 7520005

*Email: adikbahanawan@gmail.com

Diterima 2 Oktober 2019, direvisi 20 Januari 2020, disetujui 21 Februari 2020

ABSTRACT

*The surface color of bamboo stem changes naturally due to surrounding conditions. This paper studies the changes in bamboo surfaces color due to room temperature drying (KU) and oven drying (KO) at 60 ± 2 °C. The color changes of four bamboo species: mayan (*Gigantochloa robusta* Kurz.), ater (*Gigantochloa atter* (Hassk) Kurz. Ex. Munro), ampel kuning (*Bambusa vulgaris* var. *striata*), and wulung (*Gigantochloa atrovioleacea* Widjaja) were studied together with their correlation to water loss. Color measurements were conducted based on CIE-Lab system, while water content related to weight loss and thickness shrinkage during KU and KO. The result showed that there was a close relationship between water loss and discolouration of bamboo culms. The water loss of mayan, ater, and wulung showed a positive linear correlation to change of bamboo surfaces color, where the higher water loss affect greater value of color change too. Oppositely, in ampel kuning, higher water loss, affect smaller color change value (negatively correlated). This was because the natural color of ampel kuning in fresh conditions is not much different from color after drying. KU treatments, biggest thickness shrinkage was mayan = 46.03%; biggest weight reduction was ampel kuning = 28.52%; and biggest color changes (ΔE^*) was ater = 15.51%. KO treatments, biggest thickness shrinkage was mayan = 52.4%; biggest weight reduction was yellow ampel = 31.19%; and biggest color changes (ΔE^*) was ater = 18.8%.*

Keywords: Bamboo, color changes, thickness shrinkage, water loss, weight loss

ABSTRAK

Warna permukaan batang bambu berubah secara alami akibat kondisi di sekitarnya. Tulisan ini mempelajari perubahan warna permukaan bambu akibat pengeringan dalam ruangan (KU) dan dalam oven (KO). Perubahan warna empat jenis bambu yaitu mayan (*Gigantochloa robusta* Kurz.), ater (*Gigantochloa atter* (Hassk) Kurz. ex. Munro), ampel kuning (*Bambusa vulgaris* var. *striata*), dan wulung (*Gigantochloa atrovioleacea* Widjaja) dipelajari bersama dengan korelasinya terhadap kehilangan air. Pengukuran warna dilakukan menggunakan metode CIE-Lab sedangkan kehilangan air mengacu pada pengukuran susut tebal dan kehilangan berat selama KU dan KO. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara kehilangan air dengan perubahan warna batang bambu. Kehilangan air bambu mayan, ater, dan wulung menunjukkan korelasi linier positif terhadap perubahan warna permukaan bambu, dimana semakin besar kehilangan air maka semakin besar pula nilai perubahan warnanya. Namun, pada bambu ampel kuning, semakin besar kehilangan air maka akan semakin kecil nilai perubahan warnanya (berkorelasi negatif). Hal ini

disebabkan warna alami bambu ampel kuning pada kondisi segar tidak jauh berbeda dengan warna setelah pengeringan. Perlakuan pengeringan dalam ruangan, susut tebal terbesar adalah mayan = 46,03%; kehilangan berat terbesar adalah ampel kuning = 28,52%; dan perubahan warna (ΔE^*) terbesar adalah ater = 15,51%. Perlakuan pengeringan dalam oven, susut tebal terbesar adalah mayan = 52,4%; kehilangan berat terbesar adalah ampel kuning = 31,19%; dan ΔE^* terbesar adalah ater = 18,8%.

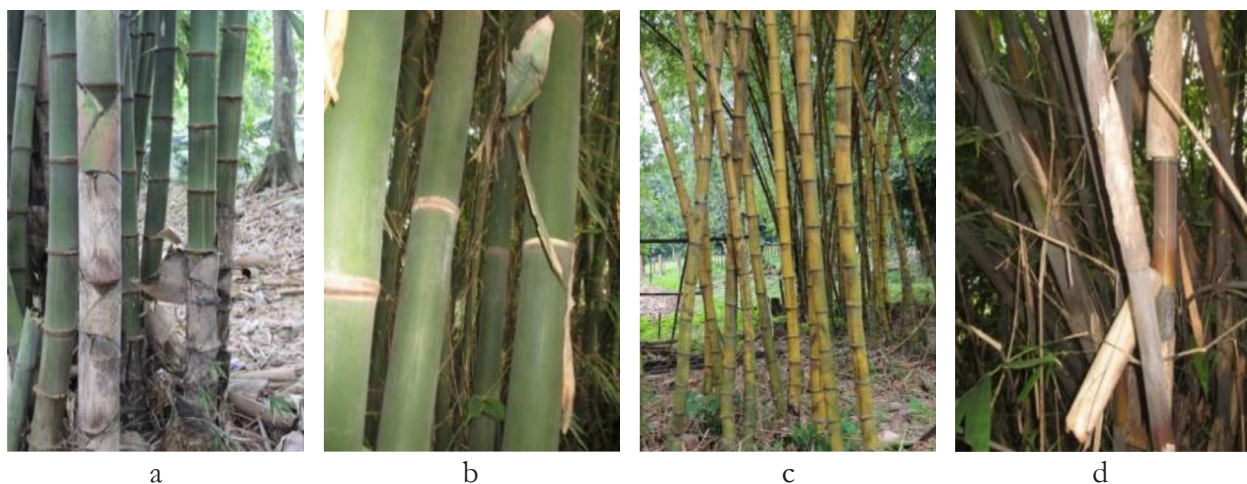
Kata kunci: Bambu, kehilangan air, kehilangan berat, perubahan warna, susut tebal

I. PENDAHULUAN

Bambu merupakan salah satu tumbuhan cepat tumbuh yang dikenal dengan istilah rumput raksasa (*giant grass*) (Dewanto, 2015), dengan rotasi tanaman relatif singkat yaitu antara 3–5 tahun (Mutia, Sugesty, Hardiani, Kardiansyah, & Risdianto, 2014). Bambu merupakan tumbuhan kosmopolit yaitu tumbuhan yang dapat bertahan hidup pada berbagai kondisi cuaca dan habitat tempat tumbuh yang bervariasi (Arsad, 2015). Ketersediaan bambu yang melimpah di Indonesia menyebabkan jenis ini banyak digunakan sebagai material lignoselulosa alternatif pengganti kayu (Murda, Nawawi, Maulana, Maulana, Park, Febrianto, 2018). Bahanawan, Darmawan, Sufiandi, dan Dwianto (2018) menyampaikan beberapa manfaat bambu secara umum diantaranya sebagai bahan konstruksi, pulp, mebel, kain, dan sumber pangan. Dibandingkan dengan rotasi pohon penghasil kayu yang memerlukan waktu

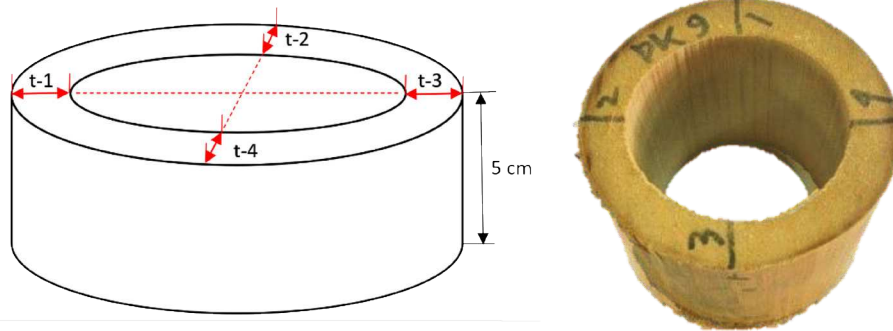
pertumbuhan lama, maka bambu menjadi salah satu bahan alternatif substitusi kayu (Bahanawan, Darmawan, Pramasari, Amin, Adi, Lestari, Sudarmanto, Akbar, Subyakto, Dwianto, 2017). Secara taksonomi, bambu termasuk dalam suku Poaceae (Graminae) dan anak suku Bambusoideae (Damayanto, Mambrasar, & Hutabarat, 2016). Tanaman bambu termasuk dalam sumber daya terbarukan (Jasni, Damayanti, & Pari, 2017) dan merupakan material berlignoselulosa yang berpotensi untuk pengembangan produk lebih jauh (Jasni, Damayanti, & Sulastiningsih, 2017).

Bambu merupakan material unik dengan beragam sifat dan karakteristiknya. Salah satu karakteristik unik bambu adalah warna alami batang segarnya bermacam-macam sesuai dengan jenis bambunya seperti warna umum bambu hijau, hitam, kuning, dan beberapa jenis memiliki tambahan corak dan keunikan spesifik jenisnya. Warna spesifik bambu tersebut menjadi salah satu daya tarik estetika bambu tersebut



Gambar 1. (a) Bambu mayan (*Gigantochloa robusta* Kurz.); (b) bambu ater (*Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz.); (c) bambu ampel kuning (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland (var. *sriata*); dan (d) bambu wulung (*Gigantochloa atrovioleacea* Widjaja)

Figure 1. (a) Mayan bamboo (*Gigantochloa robusta* Kurz.); (b) ater bamboo (*Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz.); (c) ampel kuning bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland (var. *sriata*); and (d) wulung bamboo (*Gigantochloa atrovioleacea* Widjaja)



Gambar 2. Sampel batang bambu berbentuk cincin dengan panjang 5 cm

Figure 2. Bamboo culm sample in 5 cm length

dan menjadi penciri jenis bambu. Warna khas batang bambu tersebut menambah kesan eksotis dalam produk bambunya seperti rumah bambu dan mebel bambu alami yang mempertahankan warna alami bambu. Secara alami, warna batang akan pudar seiring berjalannya waktu, terutama bila bambu terekspos secara langsung terhadap sinar matahari dan/atau suhu panas. Salah satu faktor yang diduga menjadi penyebab pudarnya warna alami bambu adalah kehilangan air selama proses pengeringan. Hal ini diperjelas dengan hasil penelitian pada kayu, bambu yang juga merupakan bahan lignoselulosa mengalami degradasi warna akibat perlakuan fisis seperti perlakuan panas (Evans, Haase, Shakri, Seman, & Kiguchi, 2015).

Sebagaimana kayu, bambu juga merupakan material yang memiliki sifat higroskopis (Manuhuwa, 2007). Sifat higroskopis bambu berarti bambu mampu menyerap dan/atau melepas air ke atmosfer tergantung dari kondisi lingkungannya. Sifat higroskopis bambu ini selayaknya pada kayu berperan dalam penurunan kualitas terutama perubahan warna. Hubungan perubahan warna dan penurunan kadar air pada bambu belum pernah dipelajari.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hubungan kehilangan air bambu terhadap penyusutan tebal, pengurangan berat, dan perubahan warna dari empat jenis bambu.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

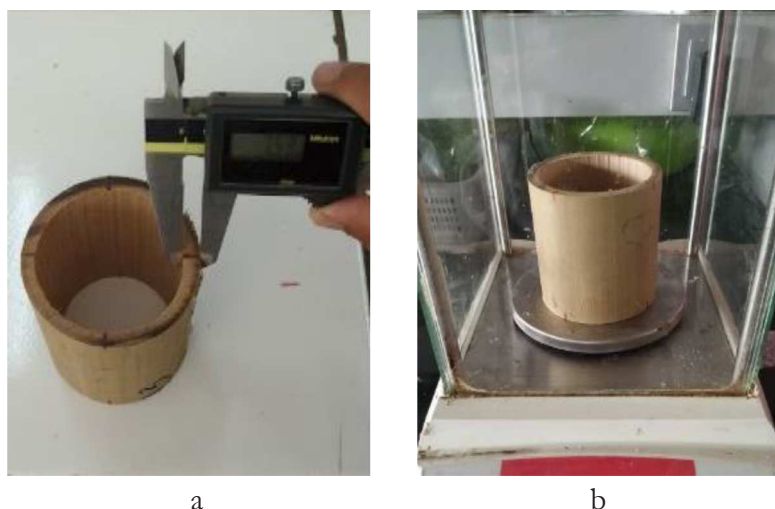
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang empat jenis bambu dengan umur dewasa (sekitar 4 tahun) yaitu mayan (*Gigantochloa*

robusta Kurz.), ater (*Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz. ex Munro), ampel kuning (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland var. *striata*), dan wulung (*Gigantochloa atrovioleacea* Widjaja). *Bambusa* dan *Gigantochloa* merupakan marga bambu asli Indonesia (Widjaja, Rahayuningsih, Rahajoe, Ubaidillah, Maryanto, Walujo, & Semiadi, 2014). Bambu ater juga dikenal dengan nama bambu legi (Marsoem et al., 2015) dan bambu temen (Abdullah, Karlina, Rahmatiya, Mudaim, Patimah & Fajrin, 2017). Bambu ampel kuning disebut juga dengan bambu kuning (Abdullah et al., 2017), sedangkan bambu wulung memiliki nama lain bambu hitam (Rulliaty et al., 2015). Keempat jenis bambu tersebut dipilih untuk mewakili warna bambu utama yaitu hijau, kuning, dan hitam. Mayan dan ater berwarna hijau, ampel kuning berwarna kuning, dan wulung berwarna hitam. Contoh uji bambu diperoleh dari koleksi kebun bambu Pusat Penelitian (P2) Biomaterial LIPI, kompleks *Cibinong Science Center–Botanical Garden* (CSC–BG), Cibinong, Kabupaten Bogor, tercatat pada koordinat 06°29'41,5" lintang selatan dan 106°51'11,7" bujur timur pada kompleks perkantoran P2 Biomaterial LIPI. Tegakan bambu pada habitat kebun percobaan ditampilkan pada Gambar 1.

B. Metode

1. Sampel pengujian

Sampel pengujian berupa potongan batang bambu dalam bentuk cincin dengan panjang 5 cm (Gambar 2). Setiap jenis bambu dipersiapkan 15 ulangan. Contoh uji dikelompokkan ke dalam dua kelompok, yaitu contoh uji yang akan dikeringkan dalam ruangan tertutup di bawah



Gambar 3. (a) Pengukuran susut tebal, (b) pengukuran berat
Figure 3. (a) Thickness shrinkage measurement, (b) weight measurement

naungan (KU) dan perlakuan pengeringan dengan oven (KO). Perlakuan KU, contoh uji dikondisikan dalam ruangan laboratorium tertutup dengan suhu rerata 25° C tidak terpapar sinar matahari, sedangkan pengeringan dengan KO dilakukan menggunakan oven listrik dengan suhu 60±2° C. Contoh uji disimpan dalam dua kondisi tersebut selama 5 bulan dari bulan Mei sampai dengan bulan Oktober 2017.

2. Pengukuran penyusutan tebal dan pengurangan berat

Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran susut tebal dan pengurangan berat (Gambar 3) pada batang. Pengukuran awal (kondisi segar) dilakukan pada bulan Mei 2017, sedangkan pengukuran akhir (KU dan KO) dilakukan pada bulan Oktober 2017. Pengukuran susut tebal menggunakan kaliper digital *Mitutoyo* sedangkan pengukuran pengurangan berat menggunakan timbangan digital *Ohaus* (Gambar 3). Penyusutan tebal dan pengurangan berat memperlihatkan kehilangan air yang akan dikorelasikan dengan hasil pengukuran nilai warna.

3. Pengukuran warna

Nilai warna (E^*) adalah pendeskripsian warna secara kuantitatif. Metode analisis warna menggunakan metode CIE-Lab yang dikembangkan oleh *the Commission International de l'Eclairage* (CIE) menggunakan parameter L^*

(kecerahan), a^* (merah-hijau), dan b^* (kuning-biru) (Ozgenc, Hiziroglu, & Yildiz, 2012). Warna yang dimaksud dalam penelitian ini adalah warna kulit bambu bagian luar. Pengukuran awal adalah saat kondisi segar, kemudian diukur pada dua kondisi perlakuan yaitu KU dan KO. Sama halnya dengan pengukuran susut tebal dan pengurangan berat, pengukuran awal (kondisi warna segar) dilakukan pada bulan Mei 2017 sedangkan pengukuran akhir (kondisi perlakuan KU dan KO) dilakukan pada bulan Oktober 2017. Hasil pengukuran warna awal dan akhir akan didapatkan nilai perubahan warna (ΔE^*). Nilai E^* dan ΔE^* diperoleh dari rumus:

$$E^* = \sqrt{(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan (*Remarks*): ΔE^* = perubahan warna (*Color changes*); ΔL^* = perubahan kecerahan (*Lightness*); Δa^* = perubahan merah-hijau (*Red-greenness*); Δb^* = perubahan kuning-biru (*Yellow-blueness*)

ΔE^* bisa positif (+) atau negatif (-), namun nilai akhir ΔE^* selalu positif. Warna batang bambu diukur dengan *Colorimeter* Konica Minolta CR-10 plus dengan spesifikasi sumber pencahayaan D65, sensor *photodiode array*, standar *observer* 10°. Pengambilan gambar warna batang bambu dilakukan dengan menggunakan *Scanner Epson*. Pengukuran warna tersaji pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Pengukuran warna batang bambu menggunakan colorimeter
Figure 4. Measurement of bamboo culm's color using colorymeter

C. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif terhadap tiga paramater yaitu susut tebal, pengurangan berat, dan perubahan warna. Nilai susut tebal dan pengurangan berat baik pada perlakuan KU dan KO, akan dihubungkan dengan nilai ΔE^* tiap-tiap jenis bambu. Nilai-nilai tersebut akan direratakan untuk memudahkan mengambil kesimpulan. Hipotesis yang dikemukakan adalah terdapat hubungan antara penyusutan tebal dan pengurangan berat dengan perubahan warna yang terjadi akibat perubahan komposisi kimia lebih rinci adalah kandungan airnya. Analisis regresi dan korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kehilangan air dengan perubahan warna pada dua kondisi perlakuan yaitu KU dan KO. Perhitungan statistik dilakukan dengan program statistik SPSS 16.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyusutan Tebal dan Pengurangan Berat

Susut tebal dan pengurangan berat sampel batang bambu merupakan akibat hilangnya sejumlah air dalam bambu akibat perlakuan KU dan KO selama lima bulan. Semua jenis bambu memperlihatkan nilai susut tebal dan pengurangan berat KO lebih besar daripada nilai susut tebal dan pengurangan berat selama KU. Hal ini disebabkan karena suhu pengeringan dalam oven lebih tinggi dari suhu pengeringan dalam ruangan laboratorium. Semakin besar kandungan air yang hilang dari dalam bambu ditunjukkan dengan semakin besar pula penyusutan tebal dan

pengurangan berat yang terjadi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Widyorini, Khotimah, dan Prayitno (2014) yang menyebutkan bahwa laju penurunan kandungan air semakin besar seiring dengan bertambah tingginya suhu perlakuan panas. Panas inilah yang akan menyebabkan air keluar menguap dengan cepat. Laju penurunan kadar air bervariasi antarspesies bambu karena karakteristik jenisnya berbeda-beda. Hal ini diperjelas dengan hasil penelitian Basri dan Pari (2017) yang menyebutkan bahwa variasi jenis bambu berpengaruh nyata terhadap sifat penyusutannya. Penelitian lain pada kayu juga menyebutkan bahwa kayu yang diberi perlakuan panas akan mengalami penurunan berat kayu karena komponen ekstraktifnya berkurang akibat berkurangnya air dalam dinding sel dan terjadinya degradasi hemiselulosa (Esteves, Domingos, & Pereira, 2008).

Nilai penyusutan tebal terbesar secara keseluruhan adalah ampel kuning sedangkan penyusutan tebal terkecil adalah wulung. Hal ini berlaku pada semua jenis bambu dan pada kedua macam perlakuan, yaitu perlakuan KU dan KO. Disinyalir, ketebalan dinding sel tiap jenis bambu yang berbeda memberikan pengaruh terhadap mobilitas dan kondisi air yang terdapat dalam sel karena berhubungan dengan kemampuan yang berbeda-beda pula terhadap tekanan turgor (turgidisitas) tiap jenis bambu. Besaran nilai susut tebal perlakuan KU dan KO dari nilai terbesar hingga terkecil berturut-turut adalah ampel kuning, mayan, ater, dan wulung. Kehilangan berat dari perlakuan KU dan KO dari nilai kehilangan berat terbesar hingga terkecil berturut-turut adalah mayan, ater, ampel

Tabel 1. Rerata susut tebal bambu akibat perlakuan dalam ruangan (KU) dan pengeringan dalam oven (KO)**Table 1. The average of thickness shrinkage of bamboo samples treated in room temperature (KU) and oven drying (KO)**

No.	Jenis bambu (<i>Bamboo species</i>)	Susut tebal (Thickness shrinkage, %)	
		Dalam ruangan (Room condition)	Dalam oven (Oven chamber)
1.	Mayan (<i>Gigantochloa robusta</i> Kurz.)	18,99	24,75
2.	Ater (<i>Gigantochloa atter</i> (Hassk.) Kurz.)	9,48	11,44
3.	Ampel kuning (<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland (var. <i>sriata</i>)	28,52	31,19
4.	Wulung (<i>Gigantochloa atroviolaceae</i> Widjaja)	6,67	12,67

kuning, dan wulung. Hal tersebut menunjukkan tidak ada hubungan positif antara susut tebal dan pengurangan berat pada bambu mayan, ater, dan ampel kuning, kecuali bambu wulung. Nilai susut tebal dan kehilangan berat disajikan pada Tabel 1 dan 2 di bawah ini.

Susut tebal dan pengurangan berat semua jenis bambu pada perlakuan KO lebih besar daripada nilai susut tebal dan pengurangan berat semua jenis bambu perlakuan KU. Perlakuan dalam oven menggunakan suhu 60°C akan lebih cepat menghilangkan kandungan air dalam batang bambu bila dibanding perlakuan dalam suhu ruangan dengan rerata suhu 25–30°C. Kandungan air menurun seiring dengan bertambahnya suhu, dimana semakin tinggi suhu maka akan semakin tinggi kehilangan air dari dalam bambu. Hal ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa semakin banyak air yang hilang dalam suatu materi, maka akan semakin besar pula susut tebal dan kehilangan berat suatu material.

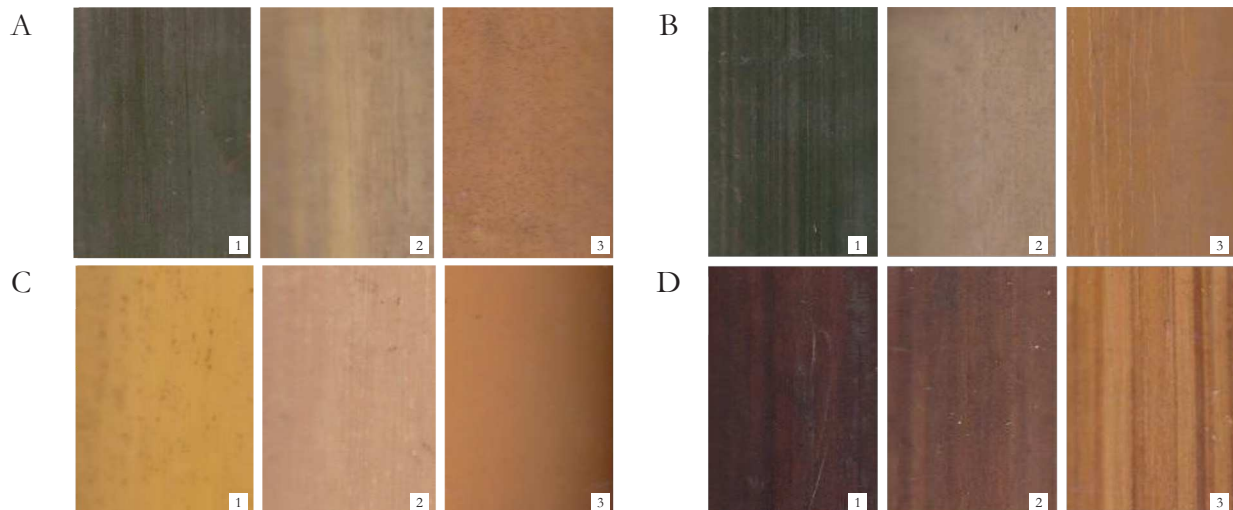
B. Perubahan warna (ΔE^*)

Warna batang kondisi segar mayan dan ater adalah hijau, sedangkan ampel kuning adalah kuning, dan wulung adalah hitam. Kondisi segar tersebut secara kuantitatif dinilai dengan nilai warna (E^*) dimana mayan sebesar 38,60; ater sebesar 36,46; ampel kuning sebesar 65,29; dan wulung sebesar 38,94. Perlakuan KU dan KO memperlihatkan semua jenis bambu mengalami perubahan warna dari kondisi segar ke kondisi perlakuan KU dan KO.

Sama seperti halnya dengan susut tebal dan kehilangan berat, perubahan warna merupakan akibat dari hilangnya sebagian air yang dikandung dari dalam bambu tersebut. Gambar 5 menunjukkan gambaran perubahan warna contoh uji bambu dalam kondisi segar hingga kondisi perlakuan KU dan KO. Secara lebih detail, nilai warna disajikan dalam nilai L^* , a^* , b^* , E^* dan ΔE^* dalam Tabel 3. Nilai warna tersebut diukur setelah contoh uji mengalami perlakuan KU dan KO.

Tabel 2. Rerata kehilangan berat bambu akibat perlakuan dalam ruangan (KU) dan pengeringan dalam oven (KO)**Table 2. The average of weight loss of bamboo samples treated in room temperature (KU) and oven drying (KO)**

No.	Jenis bambu (<i>Bamboo species</i>)	Pengurangan berat (Weight loss, %)	
		Dalam ruangan (Room condition)	Dalam oven (Oven chamber)
1.	Mayan (<i>Gigantochloa robusta</i> Kurz.)	46,03	52,40
2.	Ater (<i>Gigantochloa atter</i> (Hassk.) Kurz.)	32,74	41,95
3.	Ampel kuning (<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland (var. <i>sriata</i>)	37,48	45,59
4.	Wulung (<i>Gigantochloa atroviolaceae</i> Widjaja)	26,44	35,46



Gambar 5. Perubahan warna batang bambu dari kondisi segar (1); setelah dikeringkan dalam suhu ruangan (KU) (2); dikeringkan dalam oven (KO) (3) dari jenis bambu mayan (*Gigantochloa robusta* Kurz.) (A), ater (*Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz.) (B), ampel kuning (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland (var. *striata*) (C), dan wulung (*Gigantochloa atroviolaceae* Widjaja) (D)

Figure 5. Color changes of bamboo from fresh condition (1); dried in room temperature (KU) (2); dried in oven chamber (3) of mayan (*Gigantochloa robusta* Kurz.) (A), ater (*Gigantochloa atter* (Hassk.) (B), ampel kuning (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland (var. *striata*) (C) and wulung (*Gigantochloa atroviolaceae* Widjaja) (D)

Penyebab terjadinya perubahan warna disinyalir adalah teroksidasinya senyawa fenolat dengan udara diikuti terjadinya pembentukan senyawa gelap dari proses hidrolisis hemiselulosa (Widyorini, Khotimah & Prayitno, 2014). Penjelasan lainnya bahwa pada tumbuhan hijau dalam hal ini perubahan warna hijau menjadi kuning/kusam pada daun terjadi karena zat hijau daun (pigmen klorofil) melepaskan ion Mg^{2+} berubah menjadi pigmen pheopitin (pheophytin). Diasumsikan, hal tersebut juga terjadi pada semua bagian tumbuhan yang memiliki pigmen klorofil seperti batang bambu karena pheopitin merupakan akseptor primer elektron pada proses fotosintesis dan terdapat pada semua klorofil (Kusmita, Puspitaningrum & Limantara, 2015). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa batang bambu berwarna hijau berubah menjadi berwarna coklat/kuning/kusam disinyalir karena klorofil berubah menjadi pheopitin.

Tabel 3 memperlihatkan nilai L^* , a^* , b^* , E^* akhir lebih besar dari nilai L^* , a^* , b^* , E^* awal. Hal ini berlaku untuk mayan, ater dan wulung pada perlakuan KU dan KO. Namun,

tidak demikian dengan ampel kuning. Hal ini dikarenakan adanya jenis-jenis bambu tertentu yang tidak menunjukkan perubahan signifikan karena memang dari awal warnanya sudah cerah seperti bambu ampel kuning ini atau dengan kata lain nilai E^* kondisi segar ampel kuning lebih mirip dengan nilai E^* perlakuan KO bila dibanding dengan nilai E^* perlakuan KU. Hasil penelitian di atas juga memperlihatkan hasil dimana ΔE^* perlakuan KO $> \Delta E^*$ perlakuan KU untuk bambu mayan, ater, dan wulung. Khusus untuk bambu ampel kuning, tidak demikian dimana ΔE^* perlakuan KO $< \Delta E^*$ perlakuan KU.

Berdasarkan klasifikasi pengaruh perbedaan nilai ΔE^* (Tabel 5), bambu mayan, ater, dan ampel kuning perlakuan KU dan KO memperlihatkan pengaruh perubahan warna yang besar karena nilai $\Delta E^* > 5$. Namun, tidak demikian dengan wulung pada perlakuan KU dan KO, pengaruh perubahan warna kecil dimana nilai ΔE^* berkisar antara 2–3,5 untuk perlakuan KU dan perbedaan cukup signifikan setelah perlakuan KO (3,5–5).

Tabel 3. Nilai warna L^* , a^* , b^* , E^* dan ΔE^* berbagai jenis bambu dengan perlakuan pengeringan dalam ruangan (KU)**Table 3. Color values of L^* , a^* , b^* , E^* and ΔE^* of bamboo species dried in room temperature (KU)**

No.	Jenis bambu (<i>Bamboo species</i>)	Pengeringan di ruangan (<i>Room temperature drying</i>)								ΔE^*
		Mei (<i>May</i>)				Oktober (<i>October</i>)				
		L^*	a^*	b^*	E^*	L^*	a^*	b^*	E^*	
1.	Mayan (<i>Gigantochloa robusta</i> Kurz.)	35,78	1,66	13,40	38,24	46,64	5,79	18,39	50,46	12,64
2.	Ater (<i>Gigantochloa atter</i> (Hassk.) Kurz.)	34,64	-0,23	12,11	36,70	48,00	3,28	19,18	51,79	15,51
3.	Ampel kuning (<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland (var. <i>sriata</i>))	54,95	14,27	34,32	66,34	54,96	9,81	22,19	60,08	12,93
4.	Wulung (<i>Gigantochloa atroviolacea</i> Widjaja)	36,06	9,20	14,97	40,11	38,02	9,44	15,63	42,18	2,09

Keterangan (Remarks): ΔE^* = perubahan warna (color changes); ΔL^* = perubahan kecerahan (lightness change); Δa^* = perubahan merah-hijau (red-greenes change); Δb^* = perubahan kuning-biru (yellow-blueness change)

C. Hubungan Susut Tebal dan Pengurangan Berat dengan ΔE^*

Hasil pengukuran susut tebal dan pengurangan berat menunjukkan jumlah air yang hilang akibat perlakuan KU dan KO. Air yang hilang menjelaskan kandungan air yang terkandung dalam bambu berubah yaitu terjadi penurunan kandungan air tersebut. Boonstra, Van Acker, Tjeerdsma, dan Kegel (2007) menjelaskan bahwa penurunan kandungan air akibat proses kimia

dimana terjadi pengurangan gugus hidroksil akibat perlakuan panas. Todaro, Zuccaro, Marra, Basso, dan Scopa (2012) menjelaskan pula bahwa perlakuan hidrotermal dapat menyebabkan perubahan tingkat kecerahan yang lebih besar dibanding proses termal. Artinya, pengaruh keberadaan air secara signifikan mempengaruhi proses-proses kimia dalam perubahan warna terlebih bila dikombinasikan dengan perlakuan suhu panas (termal).

Tabel 4. Nilai warna L^* , a^* , b^* , E^* dan ΔE^* berbagai jenis bambu dengan perlakuan pengeringan dalam oven (KO)**Table 4. Color values of L^* , a^* , b^* , E^* and ΔE^* of bamboo species dried in oven chamber (KO)**

No.	Bambu (Bamboo)	Pengeringan dalam oven (Oven chamber drying)								ΔE^*
		Mei (May)				Oktober (October)				
		L^*	a^*	b^*	E	L^*	a^*	b^*	E^*	
1.	Mayan (<i>Gigantochloa robusta</i> Kurz.)	36,70	1,64	12,94	38,95	44,11	11,37	23,38	51,20	16,08
2.	Ater (<i>Gigantochloa atter</i> (Hassk.) Kurz.)	33,99	-0,27	12,54	36,23	42,94	12,14	23,46	50,42	18,80
3.	Ampel kuning (<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland (var. <i>sriata</i>))	53,86	13,62	32,27	64,25	47,81	15,63	28,79	57,96	7,26
4.	Wulung (<i>Gigantochloa atroviolaceae</i> Widjaja)	34,37	9,43	12,50	37,77	34,81	11,61	16,31	40,15	4,41

Keterangan (Remarks): ΔE^* = perubahan warna (color changes); ΔL^* = perubahan kecerahan (lightness change); Δa^* = perubahan merah-hijau (red-greenes change); Δb^* = perubahan kuning-biru (yellow-blueness change)

Tabel 5. Klasifikasi perbedaan nilai warna (E^*)
Table 5. Classification of color differences value (ΔE^*)

No.	Perbedaan warna (Color difference, ΔE^*)	Pengaruh (Effect)
1.	0–1	Tidak terlihat perbedaan (No difference)
2.	1–2	Sangat kecil perbedaan yang dilihat oleh pengamat terlatih (Very small differences are seen by trained observers)
3.	2–3,5	Pengamat tidak terlatih dapat melihat perbedaan kecil (Untrained observers can see small differences)
4.	3,5–5	Perbedaan jelas (Clear differences)
5.	>5,0	Perbedaan sangat jelas (The difference is very clear)

Sumber: Mokrzycki & Tatol (2011)

Krisdianto, Satiti, dan Supriadi (2018) menjelaskan bahwa warna yang juga tergabung dalam komposisi zat ekstraktif akan terdegradasi akibat hilangnya kadar air yang dikandung. Tabel 6 dan 7 berikut menjelaskan hasil rerata susut tebal dan pengurangan berat dibandingkan dengan nilai ΔE^* tiap perlakuan KU dan KO. Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan nilai susut tebal dan pengurangan berat akibat perlakuan KO > perlakuan KU. Nilai susut tebal dan pengurangan berat mayan, ater, dan wulung akibat perlakuan KU dan KO bersifat linier positif dimana semakin besar nilai susut tebal dan pengurangan berat, maka akan semakin besar pula nilai ΔE^* . Namun, hal ini tidak berlaku pada ampel kuning yang menunjukkan linier negatif yaitu semakin besar nilai susut tebal dan pengurangan berat maka akan semakin kecil nilai ΔE^* . Hal ini menjelaskan bahwa, warna awal akan menentukan berapa besar nilai ΔE^* . Perlakuan KO pada ampel kuning

menyebabkan perubahan warna yang lebih mendekati warna dalam kondisi segar daripada perlakuan KU.

Perlakuan KO menyebabkan contoh uji mengeluarkan air yang dikandungnya lebih besar dari perlakuan KU sehingga kandungan air akan semakin menurun. Keluarnya air dari contoh uji bambu secara signifikan akan menyebabkan perubahan warna pada permukaan bambu sehingga kandungan air dalam bambu berperan nyata dalam perubahan warna bambu.

Widyorini et al. (2014) yang melakukan penelitian tentang perubahan warna kayu mahoni mendapati bahwa suhu perlakuan panas memberikan pengaruh yang nyata terhadap perubahan warna kayu mahoni, dimana semakin tinggi suhu yang diberikan maka akan semakin besar perubahan warna yang terjadi. Keluarnya air akan menyebabkan warna juga berubah, sehingga hal ini menjelaskan bahwa kandungan air berhubungan dengan warna.

Tabel 6. Rerata susut tebal dan nilai perubahan ΔE^*
Table 6. The average of thickness shrinkage and color value changes ΔE^*

No.	Jenis bambu (Bamboo species)	Pengeringan dalam ruangan/KU (Drying in room temperature)		Pengeringan dalam oven/KO (Drying in oven chamber)	
		Susut tebal (Thickness shrinkage, %)	ΔE^*	Susut tebal (Thickness shrinkage, %)	ΔE^*
1.	Mayan (<i>Gigantochloa robusta</i> Kurz.)	18,99	12,64	24,75	16,08
2.	Ater (<i>Gigantochloa atter</i> (Hassk.) Kurz.)	9,48	15,51	11,44	18,80
3.	Ampel kuning (<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland (var. <i>sriata</i>)	28,52	12,93	31,19	7,26
4.	Wulung (<i>Gigantochloa atrovioleaceae</i> Widjaja)	6,67	2,09	12,67	4,41

Tabel 7. Rerata pengurangan berat dan nilai perubahan ΔE^*
Table 7. The average of weight loss and color value changes ΔE^*

No.	Jenis bambu (<i>Bamboo species</i>)	Pengeringan dalam ruangan/KU (<i>Drying in room temperature</i>)		Pengeringan dalam oven/KO (<i>Drying in oven chamber</i>)	
		Pengurangan berat (<i>Weight loss, %</i>)	ΔE^*	Pengurangan berat (<i>Weight loss, %</i>)	ΔE^*
1.	Mayan (<i>Gigantochloa robusta</i> Kurz.)	46,03	12,64	52,40	16,08
2.	Ater (<i>Gigantochloa atter</i> (Hassk.) Kurz.)	32,74	15,51	41,95	18,80
3.	Ampel kuning (<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland (var. <i>sriata</i>)	37,48	12,93	45,59	7,26
4.	Wulung (<i>Gigantochloa atrovirens</i> Widjaja)	26,44	2,09	35,46	4,41

D. Korelasi Kehilangan Air dengan Perubahan Warna Bambu

Berdasarkan analisis sebelumnya, terdapat hubungan atau hubungan (korelasi) antara kehilangan air dengan perubahan warna bambu. Parameter yang digunakan untuk menilai hubungan antara kehilangan air dan perubahan warna bambu adalah susut tebal dan pengurangan berat. Parameter susut tebal, nilai korelasi (r^2) terbesar terekam pada mayan perlakuan KU ($r^2=0,4212$), sedangkan parameter pengurangan berat nilai terbesar r^2 adalah mayan perlakuan KO ($r^2=0,6364$). Secara garis besar, mayoritas nilai r^2 pada penelitian ini adalah rendah karena $<0,5$. Banyak faktor yang menyebabkan warna bambu berubah, salah satunya adalah air yang hilang. Faktor-faktor tersebut berbeda kadarnya pada tiap-tiap jenis bambu.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Kandungan air dalam bambu memiliki hubungan nyata dengan perubahan warna batang bambu. Kehilangan air akibat pengeringan alami dan buatan akan menyebabkan bambu berubah warna. Perlakuan pengeringan dalam oven (KO) menyebabkan nilai susut tebal dan pengurangan berat lebih besar daripada perlakuan pengeringan dalam ruangan (KU) pada seluruh jenis bambu. Mayan, ater, dan wulung menunjukkan pola semakin besar nilai penyusutan tebal dan pengurangan berat, menyebabkan perubahan nilai warna yang semakin besar.

Pada ampel kuning, semakin besar nilai penyusutan tebal dan pengurangan berat menyebabkan nilai perubahan warna yang semakin kecil. Hal ini disebabkan warna ampel kuning dalam kondisi segar tidak jauh berbeda dengan warna bambu setelah dikeringkan dalam oven (KO) daripada setelah dikeringkan dalam ruangan (KU). Perlakuan KU, susut tebal terbesar adalah mayan=46,03%; pengurangan berat terbesar adalah ampel kuning=28,52%; dan perubahan warna (ΔE^*) terbesar adalah ater=15,51%. Perlakuan KO, susut tebal terbesar adalah mayan=52,40%; pengurangan berat terbesar adalah ampel kuning=31,19%; dan ΔE^* terbesar adalah ater= 18,80%.

B. Saran

Perlu dilakukan pengamatan lebih mendalam terkait kandungan air dan komposisi lainnya pada contoh uji kondisi segar dan kondisi setelah pengeringan menggunakan NIR (*Near Infra-Red methods*). NIR bisa digunakan untuk melihat komposisi dalam suatu bahan termasuk material bambu namun tidak untuk kadar prosentasenya. Pengukuran kadar prosentase komposisi suatu bahan juga harus dilakukan dengan pengukuran konvensional sesuai prosedur yang sudah ada dan umum digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada program DIPA Tematik 2019, kelompok penelitian Modifikasi Kayu, Pusat Penelitian Biomaterial LIPI atas bantuan dananya dalam mendukung terlaksananya kegiatan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh AB dan KS; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh AB dan KS; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh AB dan KS; penulisan manuskrip oleh AB dan KS; perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh AB dan KS.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. H. D., Karlina, N., Rahmatiya, W., Mudaim, S., Patimah, & Fajrin, A. R. (2017). Physical and mechanical properties of five Indonesian bamboos. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 60(1), 1–5. doi: 10.1088/1755-1315/60/1/012014.
- Arsad, E. (2015). Teknologi pengolahan dan manfaat bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 7(1), 45–52. doi: 10.24111/jrihh.v7i1.856.
- Abdullah, A. H. D., Karlina, N., Rahmatiya, W., Mudaim, S., Patimah, & Fajrin, A. R. (2017). Physical and mechanical properties of five Indonesian bamboos. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 60(1), 1–5. doi: 10.1088/1755-1315/60/1/012014.
- Arsad, E. (2015). Teknologi pengolahan dan manfaat bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 7(1), 45–52. doi: 10.24111/jrihh.v7i1.856.
- Bahanawan, A., Darmawan, T., Pramasari, D. A., Amin, Y., Adi, D. S., Lestari, E., Sudarmanto, Akbar, F., Subyakto, Dwianto, W. (2017). Kajian sifat mekanik spesies bambu langka betung hitam (*Dendrocalamus asper* Black). *Prosiding Seminar Lignoselulosa 2017*, 22–29.
- Bahanawan, A., Darmawan, T., Sufiandi, S., & Dwianto, W. (2018). Mengenal bambu sembilang (*Dendrocalamus giganteus* Wallich ex Munro). *Prosiding Seminar Lignoselulosa 2018*, 88–91.
- Basri, E., & Pari, R. (2017). Sifat fisis dan pengeringan lima jenis bambu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(1), 1–13. doi: 10.20886/jphh.2017.35.1.1-13.
- Boonstra, M. J., Van Acker, J., Tjeerdsma, B. F., & Kegel, E. V. (2007). Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. *Annals of Forest Science*, 64, 679–690. doi: 10.1051/forest:2007048.
- Damayanto, I. G. P., Mambrasar, Y. M., & Hutabarat, P. (2016). Bamboos (Poaceae: Bambusoideae) of Papua, Indonesia. *Jurnal Biologi Papua*, 8(2), 57–61.
- Dewanto, B. P. (2015). *Pengaruh Waktu Tebang Terhadap Kekuatan Lentur Bambu Andong (Gigantochloa pseudoarundinaceae (Steudel) Widjaja)*. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Esteves, B. M., Domingos, I. J., & Pereira, H. M. (2008). Pine wood modification by heat treatment in air. *BioResources*, 3(1), 142–154. doi: 10.15376/biores.3.1.142-154.
- Evans, P. D., Haase, J. G., Shakri, A., Seman, B. M., & Kiguchi, M. (2015). The search for durable exterior clear coatings for wood. *Coatings*, 5, 830–864. https://10.3390/coatings5040830.
- Jasni, Damayanti, R., & Pari, R. (2017). Ketahanan alami jenis-jenis bambu yang tumbuh di Indonesia terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(4), 289–301. doi: 10.20886/jphh.2017. 35.3.289-301.
- Jasni, J., Damayanti, R., & Sulastiningsih, I. M. (2017). Pengklasifikasian ketahanan 20 jenis bambu terhadap rayap kayu kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(3), 171–183. doi: 10.20886/jphh.2017. 35.3.171-183.
- Krisdianto, K., Satiti, E. R., & Supriadi, A. (2018). Perubahan warna dan lapisan finishing lima jenis kayu akibat pencuciaan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3), 205–210. doi: 10.20886/jphh.2018. 36.3.205-218.
- Kusmita, L., Puspitaningrum, I., & Limantara, L. (2015). Identification, isolation and antioxidant activity of pheophytin from green tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze). *Procedia Chemistry*, 14, 232–238. doi: 10.1016/j.proche.2015.03.033.

- 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., Setiaji, F., Kim, N. H., Sulistyono, J., Irawati, D., Nugroho, W. D., Andini, Y., Pertiwi, B. (2015). Fiber morphology and physical characteristics of *Gigantochloa atter* at three different ages and heights of culms for better utilization. *Journal Korean Wood Science and Technology*, 43(2), 145–155. doi: 10.5658/WOOD.2015.43.2.145.
- Mokrzycki, W. & Tatol, M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383–411.
- Murda, R. A., Nawawi, D. S., Maulana, S., Maulana, M. I., Park, S. H., & Febrianto, F. (2018). Perubahan kadar komponen kimia pada tiga jenis bambu akibat proses steam dan pembilasan. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*, 16(2), 102–114.
- Mutia, T., Sugesty, S., Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Risdianto, H. (2014). Potensi serat dan pulp bambu untuk komposit peredam suara. *Jurnal Selulosa*, 4(1), 25–36. doi: 10.25269/jsel.v4i01.54.
- Ozgenc, O., Hiziroglu, S., & Yildiz, U. C. (2012). Weathering properties of wood species treated with different coating applications. *BioResources*, 7(4), 4875–4888. doi: 10.15376/biores.7.4.4875-4888.
- Rulliaty, S., Nadjib, N., Muslich, M., Jasni, Sulastiningsih, I. M., Komaryati, S., Suprati, S., Abdurrahman, Basri, E. (2015). *Informasi sifat dasar dan kemungkinan penggunaan 10 jenis bambu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Todaro, L., Zuccaro, L., Marra, M., Basso, B., & Scopa, A. (2012). Steaming effects on selected wood properties of Turkey oak by spectral analysis. *Wood Science and Technology*, 46, 89–100. doi: 10.1007/s00226-010-0377-8.
- Widjaja, E. A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J. S., Ubaidillah, R., Maryanto, I., Walujo, E. B., & Semiadi, G. (2014). *Kekinian keanekaragaman hayati Indonesia 2014*. Cibinong: LIPI Press.
- Widyorini, R., Khotimah, K., & Prayitno, T. A. (2014). Pengaruh suhu dan metode perlakuan panas terhadap sifat fisika dan kualitas finishing kayu mahoni. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 8(2), 65–74. doi: 10.22146/jik.10160.