

EFEKTIVITAS *WOOD FILLER* PADA TIGA JENIS KAYU (*Wood Filler Effectivity on Three Wood Species*)

Jamal Balfas, Efrida Basri, & Adi Santoso

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl Gunung Batu No. 5 Bogor 16610 Telp. (0251) 8633378; Fax. (0251) 8633413
E-mail: jamalbs2000@yahoo.com

Diterima 22 Desember 2017, direvisi 14 Februari 2018, disetujui 18 April 2018

ABSTRACT

The use of wood filler is vital in wood finishing. However, the most commercial wood fillers available in the market are made of chemical solvent-based resins, such as polyurethane and nitrocellulose. These products contain volatile organic compounds. This study examines performance of the alternative and commercial wood fillers. The alternative wood fillers were made from the mixture of putty powder and organic resins, i.e. shellac, acrylic and polyvinyl acetate. The wood fillers were tested on tusam, jabon and rubber wood by assessing their physical, mechanical and chemical performances in comparison with the most commercial wood filler, i.e. nitrocellulose wood filler. Samples of three wood species were treated by spreading them with various wood filler solutions. Weight and dimensional changes due to treatment were determined in wet and dry sample conditions. Chemical and scratch resistance of the wood filler films were also tested to determine their chemical and mechanical performance. Color similarity of the wood filler treated samples and control were evaluated using the CIELab color system. The effect of treatment were varied according to wood species. Tusam samples possess greater weight and dimensional gains than those of jabon and rubber wood samples. All organic wood filler formula could effectively protect wood from water intrusion, comparable to that of the commercial wood filler (WF). The organic wood fillers had higher scratch resistance, less chemical resistance and better color appearance than the commercial WF.

Keywords: Finishing, organic wood filler, shellac, acrylic, polyvinyl acetate

ABSTRAK

Penggunaan *wood filler* sangat penting dalam pekerjaan *finishing* kayu. Namun *wood filler* komersial yang tersedia di pasar dewasa ini umumnya terbuat dari resin yang menggunakan pelarut kimia, seperti poliuretan dan nitroselulosa. Produk ini mengandung bahan yang dapat melepas polutan. Penelitian ini bertujuan menguji performa bahan *wood filler* alternatif dan komersial. *Wood filler* alternatif dalam penelitian ini dibuat dari campuran tepung dempul dengan resin organik yaitu sirlak, akrilik, dan polivinil asetat. Performa *wood filler* diamati pada kayu tusam, jabon, dan karet, serta dibandingkan dengan performa bahan dempul komersial, yaitu nitroselulosa. Contoh uji ketiga jenis kayu dilabur dengan larutan *wood filler* kemudian dikeringkan. Perubahan berat dan dimensi contoh uji akibat laburan ditentukan pada kondisi basah dan kering. Ketahanan film *wood filler* terhadap pereaksi kimia dan pelarut diuji menurut prosedur ASTM. Ketahanan gores pada film *wood filler* diuji untuk mengetahui sifat mekanis dari formula *wood filler*. Kedekatan warna antar perlakuan *wood filler* dengan warna kayu kontrol dievaluasi dengan menggunakan sistem pengukuran warna CIELab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan *wood filler* beragam menurut jenis kayu. Pertambahan berat dan dimensi pada kayu tusam lebih besar daripada kayu jabon dan karet. Formula *wood filler* alternatif mampu melindungi kayu dari intrusi air, setara dengan *wood filler* komersial (WF). Formula *wood filler* organik memiliki ketahanan gores lebih tinggi, ketahanan lebih rendah terhadap larutan kimia serta penampilan warna lebih baik daripada *wood filler* komersial (WF).

Kata kunci: *Finishing, wood filler* organik, sirlak, akrilik, polivinil asetat

I. PENDAHULUAN

Dalam aplikasi komersial, penyempurnaan kualitas penampakan kayu umumnya dilakukan dengan perlakuan pemberian lapisan (*coating*) bahan *finishing* pada permukaan kayu. Perlakuan ini dapat meningkatkan stabilitas dimensi kayu, melindungi permukaan kayu dari berbagai kotoran dan noda cairan kimia atau cairan rumah tangga, serta meningkatkan keindahan struktur kayu (Williams, Railings, & Cleaners, 2010). Namun demikian, menurut Jewitt (2014), Kaci, Djidjelli, Boukerrou, dan Zaidi (2007) efektivitas perlakuan *finishing* sangat ditentukan oleh tahapan kerja yang dilalui dalam proses pekerjaan tersebut, terutama tahapan persiapan pada permukaan kayu sebelum diberi lapisan film terakhir (*top coat*).

Salah satu langkah penting dalam tahapan persiapan permukaan kayu adalah pemberian bahan pengisi (*wood filler*) pada permukaan kayu setelah dilakukan pengampelasan. Pemberian *wood filler* dimaksudkan untuk mengisi semua rongga halus pada struktur kayu, seperti rongga serat/trakeida, pembuluh, parenkim, jari-jari, dan saluran damar. Pengisian rongga pada struktur kayu dengan *wood filler* akan menyebabkan penutupan rongga halus pada kayu sehingga menimbulkan kesan permukaan kayu lebih padat dan merata. Pemberian *wood filler* juga dapat mencegah perembesan getah pada permukaan kayu, serta memberikan hasil pewarnaan (*staining*) lebih merata (Hawks, 1995; Ellis, 2011). Pemberian *wood filler* pada permukaan kayu dapat menyebabkan pengurangan porositas pada permukaan kayu saat dilakukan *top-coating*, sehingga dapat menghemat penggunaan bahan *top-coat* (Williams et al., 2010; Ellis, 2011).

Serupa dengan perlakuan modifikasi kayu di atas, bahan *finishing* yang digunakan di Indonesia umumnya menggunakan resin atau bahan kimia impor, berupa epoksi, silikon, nitroselulosa, dan akrilik, sehingga memiliki implikasi melemahkan daya saing produk akhir kayu Indonesia. Pada sisi lain, kelompok resin tersebut, kecuali akrilik, menggunakan pelarut *xylene* atau *toluene* yang banyak melepas komponen volatil (VOCs) dan komponen polutan udara beracun (HAPs) yang mengganggu lingkungan maupun kesehatan yang bisa menyebabkan kanker pada manusia

(Darmono, 2010; Kim, 2010; Vollmer & Evans, 2013). Menurut Natasya (2015) kriteria ramah lingkungan untuk suatu bahan, di antaranya adalah tidak beracun, dalam proses pembuatannya tidak memproduksi zat-zat berbahaya bagi lingkungan, mudah diperoleh dengan harga terjangkau, dan mudah terurai secara alami. Tujuan penelitian ini mempelajari penggunaan *wood filler* alternatif dari resin organik berupa sirlak, polivinil asetat, dan akrilik yang dicampur dengan tepung dempul. Masing-masing resin tersebut dicampurkan dalam beberapa kombinasi campuran dan digunakan pada tiga jenis kayu bersamaan dengan satu jenis *wood filler* komersial sebagai pembanding.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan untuk formulasi bahan *wood filler* terdiri pelarut organik (metanol), air destilata, resin sirlak, akrilik, polivinil asetat, dan tepung dempul. Sebagai pembanding diperlukan bahan *wood filler* komersial dari kelompok nitroselulosa beserta pelarut *thinner*. Bahan kayu yang digunakan sebagai media aplikasi adalah kayu karet (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.), jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb.) dan tusam (*Pinus merkusii* Jungh et de Vr.).

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari alat penggerus kayu (*hammermill*), *beaker glass*, kuas, ampelas, *spray gun*, timbangan elektrik digital, *electric hand sander*, dapur pengering kombinasi tenaga surya dan tungku, alat ukur kadar air, alat ukur suhu atau termometer, alat ukur pengembangan atau *swellometer*, dan oven.

B. Metode Penelitian

1. Persiapan percobaan

Dolok segar bebas cacat dengan ukuran panjang 200 cm digergaji dua sisi untuk mendapatkan papan tangensial dan papan radial. Papan tersebut sebelum dijadikan contoh uji, baik contoh uji penelitian maupun sortimen aplikasi, dikeringkan terlebih dahulu hingga kadar airnya mencapai sekitar 15–20% agar tidak terserang jamur pewarna kayu (*blue stain*). Pengeringan dilakukan dalam dapur pengering kombinasi tenaga surya dan tungku.

Contoh uji untuk pengujian fungsi bahan penolak air (*water repellency*) berukuran 1 cm (T) x 1 cm (L) x 10 cm (R) dan 1 cm (R) x 1 cm (L) x 10 cm (T) sebagaimana digunakan dalam Basri dan Balfas (2014). Contoh uji untuk pengujian aspek kimia ketahanan lapisan *wood filler* terhadap senyawa asam, basa serta berbagai pelarut berukuran 1 cm (tebal) x 10 cm (lebar) x 30 cm (panjang), tidak ditentukan orientasi seratnya sebagaimana digunakan dalam ASTM D-1308-02 (2013). Jumlah ulangan untuk kontrol maupun perlakuan, masing-masing lima ulangan.

2. Pembuatan formula *wood filler*

Formulasi bahan *finishing* yang diteliti adalah pembuatan bahan pengisi kayu (*wood filler*) organik dengan beberapa komposisi, sebagai berikut:

- a. 5% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 20% bobot/volume tepung dempul (kode SF1),
- b. 10% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 20% bobot/volume tepung dempul (kode SF2),
- c. 10% akrilik bobot/volume dalam air ditambah 20% bobot/volume tepung dempul (kode AF1),
- d. 20% akrilik bobot/volume dalam air ditambah 20% bobot/volume tepung dempul (kode AF2),
- e. 10% PVAc bobot/volume dalam air ditambah 20% bobot/volume tepung dempul (kode PF1),
- f. 20% PVAc bobot/volume dalam air ditambah 20% bobot/volume tepung dempul (kode PF2).

Formulasi *wood filler* di atas dibandingkan performanya dengan *wood filler* komersial yang banyak tersedia di pasaran. Bahan dempul komersial tersebut dibuat dengan menggunakan bahan resin nitroselulosa dan menggunakan pelarut minyak berupa *thinner*. Masing-masing *wood filler* digunakan sebanyak dua kali pelaburan yang dilakukan dengan kuas.

3. Pengujian bahan *finishing*

Pada penelitian ini dilakukan beberapa macam pengujian, yaitu pengujian fungsi bahan dalam hal penolak terhadap air (*water repellency*) dengan pengukuran perubahan dimensi (*swelling*) pada contoh uji kayu yang sudah dilapisi dengan

wood filler. Semua contoh uji diukur dimensi dan beratnya pada saat sebelum perlakuan, setelah perlakuan pada kondisi basah dan kondisi kering, yaitu setelah contoh uji dikeringkan dalam oven selama 12 jam pada suhu 65°C. Perlakuan pelaburan dilakukan pada masing-masing komposisi bahan *wood filler* di atas dan bahan *wood filler* komersial. Pengujian kemampuan proteksi bahan *finishing* terhadap air dilakukan dengan metode rendaman. Pengujian pengembangan contoh uji dilakukan dengan menggunakan *swellometer* pada periode rendaman 5 menit, 10 menit, 30 menit, 1 jam, 4 jam, dan 24 jam, sebagaimana diuraikan dalam Basri dan Balfas (2014).

Pengujian aspek mekanis pada lapisan *wood filler* dilakukan berupa pengukuran ketahanan gores pada permukaan film dengan prosedur pengujian mengikuti ASTM D4366-16 (ASTM, 2016; Malassenet, 2015). Pengujian aspek kimia terdiri atas ketahanan lapisan dempul terhadap senyawa asam, senyawa basa, dan berbagai pelarut dilakukan dengan metode tetes yang diamati secara visual sebagaimana diuraikan dalam ASTM D1308-02 (ASTM, 2013). Perlakuan pemberian larutan asam, basa, dan pelarut beragam menurut waktu perlakuan sebagaimana tercantum dalam Tabel 1.

Contoh uji untuk aplikasi *wood filler* pada permukaan kayu berukuran 1 cm (tebal) x 10 cm (lebar) x 30 cm (panjang) dibagi dua bagian panjangnya, yaitu 10 cm kontrol dan 20 cm perlakuan sebagaimana digunakan dalam ASTM D-1308-02 (ASTM, 2013) diberi perlakuan *wood filler* (Gambar 1). Masing-masing contoh uji dilaburi dengan komposisi bahan *wood filler* sebanyak 2 kali laburan dengan ukuran lebar kuas 25 mm. Perubahan berat akibat perlakuan atau banyaknya konsumsi *wood filler* pada luas permukaan contoh uji ditentukan melalui penimbangan contoh uji sebelum dan sesudah pelaburan dengan timbangan digital. Setelah pelaburan, contoh uji dibiarkan (*conditioning*) dalam ruangan terbuka selama 7 hari, kemudian diampelas dengan kertas ampelas grit 400 searah serat menggunakan *electric hand sander* sebelum dilakukan pengujian warna kayu. Pengujian warna pada permukaan kayu pada kondisi sebelum dan sesudah perlakuan *wood filler* dilakukan pengukuran dengan sistem CIElab. Pengukuran

warna dilakukan pada sepuluh titik setiap bidang contoh uji dengan *Precise Color Reader*, WR-10. Pengukuran warna kayu dilakukan dengan standar pengukuran yang telah ditetapkan yaitu standar iluminan D65 dan sudut observasi 10°. Parameter yang diukur meliputi nilai kecerahan (*lightness, L**), nilai kemerahan (*green-red, a**) dan nilai kekuningan (*blue-yellow, b**) sebagaimana diuraikan oleh Krisdianto (2013). Semua contoh uji kemudian dilapisi permukaannya dengan bahan dempul organik maupun dempul komersial, dibiarkan beberapa hari sebelum dilakukan pengujian kualitas permukaan dan warna.

Setiap komposisi di atas diuji performanya pada contoh uji kayu karet, jabon, dan tusam sebagai *wood filler*. Performa komposisi ini

dievaluasi efektivitasnya secara visual dan dibandingkan dengan produk komersial yang tersedia di pasaran.

4. Analisa data

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan percobaan faktorial 3 x 2 x 7. Ketiga faktor tersebut yaitu jenis kayu (3 taraf), orientasi serat (2 taraf), dan faktor komposisi bahan *wood filler* (7 taraf). Masing-masing taraf terdiri dari 5 buah contoh uji sebagai ulangan. Pengujian keragaman (Anova) dilakukan untuk mengetahui efektivitas masing-masing bahan *wood filler* (organik dan larut air) terhadap sifat fisis, terutama penambahan berat dan perubahan dimensi akibat laburan *wood filler*. Analisis keragaman yang menunjukkan hasil berbeda nyata diuji lebih lanjut dengan uji beda nyata Tukey untuk mengetahui bagian mana dari faktor yang menunjukkan perbedaan.

Tabel 1. Perlakuan pemberian asam, basa, dan pelarut pada contoh uji
Table 1. Samples subjected to acid, alkaline and solvent

Bahan cair (<i>Liquid material</i>)	Waktu perlakuan (<i>Treatment time</i>)
Silen	2 menit (<i>minute</i>)
Aseton	15 detik (<i>second</i>)
HCl 5%	5 menit (<i>minute</i>)
NaOH 5%	5 menit (<i>minute</i>)
Etanol 48%	1 jam (<i>hour</i>)
Air	24 jam (<i>hour</i>)
NH ₄ OH 10%	60 menit (<i>minute</i>)



(a)

(b)

Keterangan (*Remarks*): a. Kondisi awal (*Initial condition*) b. Telah dilabur *wood filler* (*Wood filler coated surfaces*)

Gambar 1. Contoh uji aplikasi *wood filler* pada permukaan kayu
Figure 1. Wood filler application on the wood samples

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pelaburan *Wood Filler*

Pelaburan *wood filler* pada contoh uji kayu tusam (Tabel 2) tampak menyebabkan penambahan berat basah hampir 37% dan berat kering sekitar 16%. Pertambahan berat basah pada kayu karet yang dilaburi *wood filler* (Tabel 3) mencapai 18%, sedangkan pertambahan berat keringnya sekitar 12%. Pertambahan berat basah dan kering pada contoh uji kayu jabon yang dilaburi *wood filler* (Tabel 4) masing-masing mencapai sekitar 30% dan 13%.

Pertambahan berat basah dan kering akibat laburan pada kayu tusam (Tabel 2) jauh lebih tinggi daripada pertambahan berat yang terjadi pada kayu karet (Tabel 3) dan jabon (Tabel 4). Analisis statistik menunjukkan penambahan berat contoh uji secara nyata ($p > 99\%$) menurut faktor jenis kayu dan interaksi antara ketiga faktor seperti tampak pada Lampiran 1. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aplikasi bahan *wood filler* pada struktur kayu tusam terjadi lebih banyak daripada kayu karet dan jabon. Perbedaan tersebut diduga berhubungan dengan sifat kayu tusam yang lebih higroskopis dibandingkan kayu karet dan jabon, sebagaimana ditunjukkan pada sifat kecepatan pengembangan ketiga jenis kayu pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 juga tampak kecenderungan penambahan berat akibat laburan *wood filler* pada contoh kayu radial lebih besar daripada contoh kayu tangensial. Fenomena ini mungkin disebabkan oleh fasilitas penetrasi larutan *wood filler* yang lebih baik pada kayu radial dibandingkan dengan kayu tangensial sebagaimana dijumpai sebelumnya pada perlakuan impregnasi kayu tusam dan karet dengan bahan *finishing* organik (Basri & Balfas, 2014; Basri, Balfas, Hendra & Santoso, 2015). Menurut Gindl, Hansmann, dan Wolfgang (2002) kayu radial memiliki permeabilitas lebih tinggi daripada kayu tangensial karena memiliki jaringan trakeida jari-jari dan saluran damar radial.

Perlakuan laburan *wood filler* pada ketiga jenis kayu dan arah serat tampak menyebabkan penambahan berat basah yang beragam menurut komposisi bahan *wood filler* (Tabel 2, Tabel 3,

Tabel 4, dan Lampiran 2A). Pertambahan berat akibat laburan *wood filler* cenderung meningkat dengan pertambahan porsi bahan tambahan pada formula *wood filler*, yaitu dari SF1 ke SF2, dari AF1 ke AF2, dan dari PF1 ke PF2. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan porsi padatan (*solid content*) pada formulasi *wood filler* organik dapat meningkatkan berat penggunaan *wood filler* dalam aplikasinya pada permukaan kayu. Perbedaan tersebut tampak pada nilai rata-rata pertambahan berat pada Lampiran 2A.

Pada Tabel 2, 3, 4, dan Lampiran 2A tampak bahwa pertambahan berat akibat laburan *wood filler* tidak memiliki pola tertentu, beragam menurut jenis kayu, arah serat, dan formula *wood filler* yang digunakan. Pertambahan berat basah tertinggi pada kayu tusam dan jabon dijumpai pada contoh uji radial maupun tangensial dengan perlakuan *wood filler* SF2, sedangkan pada kayu karet dijumpai pada contoh uji radial dengan perlakuan *wood filler* PF2. Pada sisi lain, kenaikan berat kering tertinggi pada kayu tusam dijumpai pada contoh uji tangensial dengan perlakuan *wood filler* PF1, sedangkan pada kayu karet dijumpai pada contoh uji radial dengan perlakuan PF2, dan pada kayu jabon dijumpai pada contoh uji radial dengan perlakuan AF1.

Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 juga menunjukkan pertambahan dimensi basah pada contoh uji kayu tusam lebih tinggi daripada pertambahan dimensi pada kayu karet dan jabon, baik pada arah radial maupun tangensial. Hasil analisis statistik pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa perlakuan laburan *wood filler* pada contoh uji kayu pinus, karet, dan jabon dengan berbagai komposisi bahan *wood filler* menyebabkan pertambahan dimensi secara nyata ($p > 99\%$) menurut jenis kayu dan interaksi dengan dua faktor lainnya yaitu orientasi serat dan komposisi bahan sebagaimana ditunjukkan pada hasil uji Tukey pada Lampiran 2B.

Pertambahan dimensi basah dan kering akibat laburan *wood filler* pada contoh uji tangensial tidak berbeda nyata dengan pertambahan berat pada contoh uji radial baik pada kayu tusam, karet maupun kayu jabon (Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4). Hasil ini berbeda dengan fenomena yang dilaporkan sebelumnya pada penelitian perlakuan bahan *finishing* organik pada kayu tusam dan karet

Tabel 2. Pertambahan berat dan dimensi kayu tusam akibat laburan *wood filler*

Table 2. Weight and dimensional gains on tusam due to wood filler spread

Orientasi Serat (<i>Grain orientation</i>)	Kode Perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Pertambahan berat (<i>Weight gain, %</i>)		Pertambahan dimensi (<i>Dimensional gain, %</i>)	
		Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)	Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)
Radial	SF1	21,34	6,08	1,78	0,92
	SF2	36,59	11,78	3,77	1,28
	AF1	32,05	10,40	1,51	0,53
	AF2	25,77	10,96	1,65	1,21
	PF1	24,41	7,01	2,24	1,07
	PF2	32,07	8,15	2,57	1,08
	WF	8,88	7,49	0,38	0,31
Tangensial	SF1	32,53	8,30	2,33	0,80
	SF2	35,13	12,20	4,14	1,30
	AF1	26,17	9,11	2,49	0,96
	AF2	24,18	10,51	2,13	1,02
	PF1	32,88	16,15	2,97	2,82
	PF2	25,36	10,68	2,35	1,72
	WF	9,44	8,77	0,38	0,23

Keterangan (*Remarks*): SF1= 5% sirlak dalam metanol ditambah 20% tepung dempul (*Treated with 5% shellac in methanol added with 20% putty powder*); SF2= 10% sirlak dalam metanol ditambah 20% tepung dempul (*Treated with 10% shellac in methanol added with 20% putty powder*); AF1=10% akrilik dalam air ditambah 20% tepung dempul (*Treated with 10% acrylic in water added with 20% putty powder*); AF2= 20% akrilik dalam air ditambah 20% tepung dempul (*Treated with 20% acrylic in water added with 20% putty powder*); PF1=10% polivinil asetat dalam air ditambah 20% tepung dempul (*Treated with 10% polyvinyl acetate in water added with 20% putty powder*); PF2=20% polivinil asetat dalam air ditambah 20% tepung dempul (*Treated with 20% polyvinyl acetate in water added with 20% putty powder*); WF= Wood filler komersial (*Treated with commercial wood filler*)

Tabel 3. Pertambahan berat dan dimensi kayu karet akibat laburan *wood filler*

Table 3. Weight and dimensional gains on rubber wood due to wood filler spread

Orientasi Serat (<i>Grain orientation</i>)	Kode Perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Pertambahan berat (<i>Weight gain, %</i>)		Pertambahan dimensi (<i>Dimensional gain, %</i>)	
		Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)	Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)
Radial	SF1	3,31	2,19	0,22	0,15
	SF2	6,89	2,91	0,30	0,10
	AF1	11,07	4,78	0,24	0,14
	AF2	7,57	6,52	0,46	0,11
	PF1	11,95	5,74	0,29	0,17
	PF2	17,87	12,21	0,41	0,21
	WF	3,99	0,82	0,54	0,22
Tangensial	SF1	6,07	2,63	0,17	0,00
	SF2	6,01	4,23	0,62	0,13
	AF1	11,13	4,01	0,30	0,19
	AF2	8,71	4,65	0,64	0,29
	PF1	6,33	1,28	0,51	0,42
	PF2	6,58	0,54	0,65	0,23
	WF	3,68	3,42	0,18	0,11

Tabel 4. Pertambahan berat dan dimensi kayu jabon akibat laburan *wood filler*
Table 4. Weight and dimensional gains on jabon due to wood filler spread

Orientasi Serat (<i>Grain orientation</i>)	Kode Perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Pertambahan berat (<i>Weight gain, %</i>)		Pertambahan dimensi (<i>Dimensional gain, %</i>)	
		Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)	Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)
Radial	SF1	9,48	5,35	0,22	0,28
	SF2	29,36	10,24	1,53	0,56
	AF1	17,27	12,88	0,91	0,77
	AF2	18,47	6,51	0,77	0,63
	PF1	18,23	8,07	1,46	0,71
	PF2	19,35	8,30	1,00	0,87
	WF	11,69	8,78	0,21	0,14
Tangensial	SF1	6,50	4,12	0,21	0,25
	SF2	22,46	8,85	1,94	0,66
	AF1	11,60	4,88	0,79	0,46
	AF2	16,56	6,30	0,80	0,63
	PF1	15,33	6,82	1,15	0,63
	PF2	16,79	7,36	0,93	0,60
	WF	9,52	8,22	0,21	0,10

(Basri et al., 2015), dimana pertambahan dimensi pada arah tangensial memiliki satuan lebih tinggi daripada arah radial. Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 menunjukkan pertambahan dimensi pada contoh uji beragam menurut perlakuan *wood filler*, dimana formula campuran *wood filler* organik yang menggunakan pelarut polar (metanol atau air), cenderung menyebabkan pertambahan dimensi lebih besar dibandingkan dengan bahan nitroselulosa (WF) yang menggunakan pelarut minyak (*thinner*), yang bersifat non-polar.

Kemampuan bahan *wood filler* dalam proteksi kayu dari intrusi air diuji melalui metode kontak langsung (rendaman) maupun ekspose contoh uji pada kelembapan tinggi (pembasahan). Hasil pengujian sifat pengembangan kayu tusam, karet dan jabon selama rendaman dalam air disajikan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7. Ketiga tabel tersebut menunjukkan bahwa pola pertambahan dimensi pada kayu karet terjadi lebih lambat dibandingkan dengan pertambahan dimensi pada kayu tusam dan jabon. Pada sisi lain, nilai pertambahan dimensi pada kayu karet lebih rendah dibandingkan dengan pertambahan

dimensi pada kayu tusam dan jabon. Fenomena serupa dijumpai pada proses difusi Wolmanit-CB pada kayu tusam yang jauh lebih tinggi daripada kayu karet. Perbedaan ini diperkirakan berkaitan dengan dimensi dan porositas membran noktah yang lebih besar pada kayu tusam daripada kayu karet (Tobing & Febrianto, 1993). Hasil analisis keragaman pada perubahan dimensi kayu selama perendaman dalam air (Lampiran 2) menunjukkan keragaman yang nyata ($p > 99\%$) hanya menurut faktor jenis kayu.

Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 juga menunjukkan sifat pengembangan contoh uji ketiga jenis kayu (tusam, karet, jabon) yang lebih rendah terhadap kayu kontrol baik pada kayu contoh uji radial maupun contoh uji tangensial. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh perbedaan porositas struktur anatomi kayu pada arah radial dan tangensial. Menurut Bowyer, Shmulsky, dan Haygreen (2007) terdapat jaringan jari-jari serta pernoktah pada dinding dan penampang radial, sementara pada arah tangensial terdapat dominasi kayu "*summer*", serta perbedaan jumlah dinding sel pada kedua arah orientasi serat tersebut.

Tabel 5. Pengembangan kayu tusam selama rendaman dalam air
Table 5. Swelling on tusam due to water soaking

Orientasi Serat (Grain orientation)	Kode Perlakuan (Treatment code)	Pengembangan pada periode rendaman (Swelling on soaking period, %)					
		5 menit (minute)	10 menit (minute)	30 menit (minute)	1 jam (hour)	4 jam (hour)	24 jam (hour)
Radial	Kontrol	2,51	3,07	3,07	3,32	3,36	3,39
	SF1	2,13	2,52	2,86	2,94	2,99	3,04
	SF2	0,16	0,28	1,11	2,36	3,55	3,70
	AF1	1,07	1,61	1,92	1,94	2,05	2,09
	AF2	2,75	3,42	3,53	3,60	4,06	4,12
	PF1	0,46	1,67	2,94	3,23	3,32	3,39
	PF2	0,87	1,25	6,63	2,47	2,54	2,58
	WF	0,04	0,14	0,96	2,55	3,03	3,07
Tangensial	Kontrol	2,66	3,63	3,99	4,07	4,13	4,19
	SF1	1,73	2,34	2,71	2,91	2,98	3,05
	SF2	0,27	0,64	2,31	2,94	3,13	3,21
	AF1	2,76	2,89	2,98	3,01	3,07	3,13
	AF2	3,46	3,58	3,66	3,71	4,17	4,22
	PF1	1,18	2,77	3,16	3,22	3,29	3,35
	PF2	1,14	1,55	2,71	3,01	3,12	3,20
	WF	0,13	0,36	1,82	2,82	3,47	3,52

Tabel 6. Pengembangan kayu karet selama rendaman dalam air
Table 6. Swelling on rubber wood due to water soaking

Orientasi Serat (Grain orientation)	Kode Perlakuan (Treatment code)	Pengembangan pada periode rendaman (Swelling on soaking period, %)					
		5 menit (minute)	10 menit (minute)	30 menit (minute)	1 jam (hour)	4 jam (hour)	24 jam (hour)
Radial	Kontrol	0,11	0,19	0,60	1,31	2,36	3,04
	SF1	0,13	0,14	0,29	0,74	1,25	2,78
	SF2	0,08	0,12	0,21	0,38	0,91	1,01
	AF1	0,13	0,15	0,27	0,43	0,83	0,92
	AF2	0,13	0,17	0,35	0,51	0,94	1,00
	PF1	0,09	0,12	0,03	0,43	0,80	0,86
	PF2	0,05	0,08	0,15	0,19	0,61	0,71
	WF	0,04	0,08	0,19	0,59	1,77	1,93
Tangensial	Kontrol	0,06	0,11	0,55	1,22	2,25	3,37
	SF1	0,18	0,26	0,35	1,10	1,24	1,43
	SF2	0,12	0,16	0,30	0,70	2,13	2,56
	AF1	0,12	0,14	0,51	0,73	1,62	2,56
	AF2	0,14	0,19	0,49	0,83	2,33	2,67
	PF1	0,14	0,20	0,52	0,88	2,07	2,34
	PF2	0,11	0,16	0,32	0,56	1,97	2,52
	WF	0,05	0,10	0,21	0,58	2,19	2,45

Tabel 7. Pengembangan kayu jabon selama rendaman dalam air

Table 7. Swelling on jabon due to water soaking

Orientasi Serat (<i>Grain orientation</i>)	Kode Perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Pengembangan pada periode rendaman (<i>Swelling on soaking period, %</i>)					
		5 menit (<i>minute</i>)	10 menit (<i>minute</i>)	30 menit (<i>minute</i>)	1 jam (<i>hour</i>)	4 jam (<i>hour</i>)	24 jam (<i>hour</i>)
Radial	Kontrol	0,23	0,41	1,23	2,01	3,03	3,19
	SF1	0,50	0,90	1,51	1,82	2,79	2,96
	SF2	0,43	0,83	1,39	1,83	2,53	2,94
	AF1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	AF2	0,44	0,63	1,33	1,85	2,57	2,71
	PF1	0,50	0,72	1,29	1,83	2,70	2,86
	PF2	0,34	0,58	0,92	1,44	2,55	2,80
	WF	0,15	0,25	0,75	1,20	2,71	2,86
Tangensial	Kontrol	0,19	0,34	1,00	1,68	2,71	3,45
	SF1	0,46	0,81	1,40	1,99	2,59	3,21
	SF2	0,30	0,75	1,24	1,73	2,72	3,33
	AF1	0,49	0,91	1,44	2,12	2,98	3,40
	AF2	0,34	0,51	1,19	1,75	2,69	2,85
	PF1	0,34	0,52	1,03	1,50	2,46	2,62
	PF2	0,31	0,50	0,94	1,52	2,47	2,52
	WF	0,05	0,10	0,37	0,76	2,60	2,81







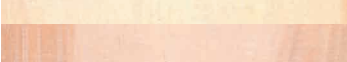

















Penggunaan bahan *wood filler* komersial (WF) mampu menahan penetrasi air lebih tinggi pada kayu tusam, karet, dan jabon (Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7) dibandingkan dengan penggunaan bahan *wood filler* organik. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh porsi kandungan padatan yang lebih tinggi pada resin komersial dibandingkan dengan resin organik. Selain itu, kedua bahan *wood filler* tersebut menggunakan resin dan pelarut *thinner* yang keduanya bersifat hidrofobik, sehingga memiliki daya tolak air lebih tinggi daripada bahan formulasi organik yang menggunakan pelarut metanol atau air yang bersifat polar. Fenomena serupa dilaporkan pada perlakuan *wood filler* komersial oleh Ellis (2011) pada kayu red oak, hickory, dan red maple.

B. Aplikasi *Wood Filler*

Penggunaan *wood filler* pada dasarnya ditujukan untuk menutup rongga mikroskopis yang terdapat pada struktur kayu, baik berupa rongga serat/trakeida, pembuluh, saluran damar maupun kerusakan jari-jari atau parenkim. Efektivitas penggunaan *wood filler* ditentukan oleh

kemampuan bahan dalam menutup rongga mikro pada permukaan kayu serta kedekatan warna *wood filler* terhadap warna kayu saat sebelum *finishing*. Hasil pengukuran warna pada permukaan kayu yang telah diberi *wood filler* dan warna kayu alami tusam, karet, dan jabon dengan sistem CIELab (Tabel 8) menunjukkan bahwa nilai kecerahan (L^*), kemerahan (a^*) dan kekuningan (b^*) pada kayu tusam kontrol adalah masing-masing 76,30; 5,14 dan 19,89, sedangkan pada kayu karet kontrol adalah 72,9; 6,28; dan 21,52, serta pada jabon kontrol adalah 77,55; 4,32; dan 21,49. Pada Tabel 8 tampak bahwa warna perlakuan *wood filler* yang mendekati warna kayu kontrol tusam, karet, dan jabon berbeda menurut jenis kayu. Perlakuan *wood filler* SF1, SF2, dan AF2 memberikan pengaruh perubahan warna yang minimal pada kayu tusam. Pada kayu karet tampak bahwa perlakuan AF1, AF2, PF1, dan PF2 memiliki nilai kecerahan, kemerahan, dan kekuningan yang mendekati nilai kayu kontrol. Sedangkan, pada kayu jabon perlakuan dengan menggunakan *wood filler* SF1, SF2, dan AF2 memberikan nilai warna paling dekat dengan warna kayu kontrol. Secara umum tampak bahwa *wood filler* organik memiliki

Tabel 8. Hasil pengukuran warna permukaan kayu dan perlakuan *wood filler*
Tabel 8. Color measuring results on control and wood filler treated surfaces

Jenis Kayu (<i>Wood species</i>)	Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Nilai rata-rata (<i>Average</i>)			Warna pada kontrol dan setelah perlakuan (<i>Color on control and after treatments</i>)
		L*	a*	b*	
Tusam	Kontrol	76,30	5,14	19,89	
	SF1	72,74	9,86	29,28	
	SF2	73,79	9,10	30,11	
	AF1	81,11	4,44	20,04	
	AF2	74,28	8,05	25,95	
	PF1	81,06	4,42	18,73	
	PF2	79,91	4,35	17,65	
	WF	72,81	12,44	39,31	
Karet	Kontrol	72,9	6,28	21,52	
	SF1	71,27	8,21	28,05	
	SF2	68,37	9,65	28,15	
	AF1	74,32	5,43	19,01	
	AF2	75,68	4,83	19,06	
	PF1	78,50	3,70	15,71	
	PF2	75,73	4,45	16,90	
	WF	64,85	12,31	34,12	
Jabon	Kontrol	77,55	4,32	21,49	
	SF1	76,13	6,50	28,76	
	SF2	79,63	3,64	19,13	
	AF1	78,59	3,91	20,73	
	AF2	77,30	4,24	21,94	
	PF1	80,00	3,09	16,88	
	PF2	79,63	3,64	19,13	
	WF	68,97	12,03	36,92	

Tabel 9. Ketahanan film *wood filler* terhadap asam, basa, dan pelarut

Table 9. *Wood filler film resistance against acid, alkaline and solvent*

Bahan Film (<i>Film material</i>)	Asam/basa/pelarut (<i>Acid/alkaline/solvent</i>)						
	Silen (<i>Xylene</i>)	Aseton (<i>Acetone</i>)	HCl 5%	NaOH 5%	Etanol 48%	Air (<i>Water</i>)	NH ₄ OH 10%
SF1	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
SF2	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
AF1	Baik	Baik	Baik	Rusak	Baik	Baik	Rusak
AF2	Baik	Baik	Baik	Rusak	Baik	Baik	Rusak
LF1	Baik	Baik	Baik	Rusak	Baik	Baik	Rusak
LF2	Baik	Baik	Baik	Rusak	Baik	Baik	Rusak
WF	Baik	Rusak	Baik	Baik	Baik	Baik	Rusak

Keterangan (*Remarks*): Baik (*Good*); Rusak (*Broken*)

kedekatan warna lebih baik daripada *wood filler* komersial. Bahkan beberapa komposisi *wood filler* organik, seperti SF1, SF2, AF1, dan AF2 memiliki nilai kecerahan, kemerahan dan kekuningan yang mendekati nilai kayu kontrol baik tusam, karet maupun jabon.

Wood filler sebagai bahan *finishing* yang digunakan untuk mengisi rongga mikroskopis pada kayu harus memiliki stabilitas fisis terhadap bahan kimia atau cairan rumah tangga. Hasil pengujian ketahanan film *wood filler* organik dan *wood filler* komersial pada Tabel 9 menunjukkan bahwa komposisi *wood filler* organik yang menggunakan resin sirlak memiliki ketahanan hanya terhadap silen, HCl 5%, dan air, sedangkan *wood filler* yang menggunakan resin akrilik dan polivinil asetat memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap silen dan etanol, yaitu tidak dijumpai kerusakan pada permukaan film kedua resin tersebut. Film *wood filler* dari kelompok bahan organik tersebut yang digunakan pada kayu tusam, karet maupun jabon mengalami kerusakan serius bila terkena larutan alkali NaOH dan NH₄OH. Pada Tabel 9 tampak bahwa *wood filler* komersial mengalami kerusakan bila kontak dengan larutan aseton dan NH₄OH. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *wood filler* formula organik maupun komersial memerlukan tambahan proteksi film dari kontak terhadap bahan kimia dan cairan rumah tangga. Proteksi pelapisan permukaan (*top coat*) dengan bahan resin sintetik yang menggunakan pelarut minyak seperti melamin dan nitroselulosa dilaporkan mampu melindungi kerusakan film *finishing* dari berbagai larutan tersebut (Balfas, 2017; Singh, Park, Nuryawan, & Kazayawoko, 2013).

Bahan *wood filler* sebagai komponen penyusun lapisan film *finishing* harus memiliki sifat mekanis, yaitu ketahanan terhadap goresan. Pengujian ketahanan gores pada film *wood filler* organik dan *wood filler* komersial yang merujuk pada ASTM D4366-16 (ASTM, 2016) disajikan pada Tabel 10. Penggunaan *wood filler* pada ketebalan film 200 µm baik pada *wood filler* organik maupun *wood filler* komersial (WF) memiliki ketahanan gores lebih tinggi daripada aplikasi film 100 µm. Ketebalan film 200 µm juga cenderung memiliki stabilitas lebih baik menurut waktu pengujian dibandingkan dengan ketebalan film 100 µm. Film *wood filler* organik, terutama dari bahan akrilik dan polivinil memiliki ketahanan gores lebih tinggi daripada film *wood filler* komersial pada aplikasi film 100 maupun 200 µm. Pada kelompok formula organik tampak bahwa peningkatan konsentrasi sirlak maupun resin sintetik cenderung meningkatkan nilai ketahanan gores pada aplikasi film 100 maupun 200 µm. Nilai ketahanan gores tertinggi pada kelompok *wood filler* organik diperoleh pada aplikasi film 100 µm dengan komposisi LF2, yaitu campuran polivinil asetat 20% dengan tepung dempul sebanyak 20%. Pada Tabel 10 tampak bahwa ketahanan gores *wood filler* cenderung mengalami peningkatan dari hari pertama ke hari ketiga, kemudian menurun setelah pengkondisian selama tujuh hari. Perubahan ini mungkin disebabkan oleh proses pematangan (*curing*) pada komponen resin yang digunakan dalam formulasi *wood filler* (Williams et al., 2010).

Tabel 10. Ketahanan gores wood filler organik dan komersial

Table 10. Scratch resistance of commercial and organic wood filler film

Sampel (Wood filler)	Ketebalan film 100 µm (Film thickness 100 µm)			Ketebalan film 200 µm (Film thickness 200 µm)		
	Hari (Day) 1	Hari (Day) 3	Hari (Day) 7	Hari (Day) 1	Hari (Day) 3	Hari (Day) 7
SF1	102	103	98	103	106	102
SF2	103	106	100	109	111	106
AF1	109	111	109	118	116	111
AF2	111	109	106	119	117	110
LF1	116	113	113	118	116	116
LF2	118	117	114	121	119	115
WF	103	102	101	108	107	106

Hasil pengujian pada beberapa sifat fisis dan mekanis dari bahan *wood filler* di atas menunjukkan adanya beberapa keunggulan bahan *wood filler* organik daripada *wood filler* komersial (WF). Bahkan dalam aplikasi *finishing* sebagaimana tampak pada Tabel 8 bahan *wood filler* organik memiliki keunggulan dalam hal kedekatan pewarnaan dibandingkan dengan *wood filler* komersial. Pada sisi lain, bahan dempul komersial menggunakan pelarut *thinner* yang mengandung komponen racun mudah menguap, yang dapat terhirup pada saat aplikasi perlakuan *wood filler*. Pelarut *thinner* mengandung bahan utama berupa silen (*xylene*) dan toluen (*toluene*) yang akan menguap dalam proses aplikasi *wood filler* maupun proses pematangan (*curing*) resin *wood filler*. *Wood filler* komersial memiliki kandungan padatan sekitar 46% pada proses aplikasi pada kayu. Hal ini berarti kedua bahan tersebut melepas sekitar 54% dari berat campuran bahan ke atmosfer berupa uap silen dan toluen. Emisi *thinner* dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan pada manusia maupun alam di sekitarnya. Menurut Kim (2010) emisi senyawa kimia tersebut dapat menyebabkan berbagai iritasi pada saluran pernafasan, gangguan pada syaraf, menyebabkan kanker paru, serta menyebabkan mutasi genetika.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pelaburan contoh uji kayu dengan bahan *wood filler* menyebabkan penambahan berat yang beragam menurut faktor jenis kayu. Pertambahan berat karena laburan *wood filler* pada kayu tusam

lebih tinggi daripada jenis kayu karet dan jabon. Pertambahan berat dalam aplikasi *wood filler* pada contoh uji radial lebih tinggi dibandingkan dengan pertambahan berat pada contoh uji tangensial pada ketiga jenis kayu. Pertambahan berat basah dan kering akibat laburan *wood filler* cenderung meningkat dengan pertambahan konsentrasi resin organik (sirlak, akrilik, dan polivinil asetat). Semua komposisi formula *wood filler* organik dapat berfungsi efektif sebagai *wood filler* serupa dengan *wood filler* komersial. Laburan bahan *wood filler* pada kayu tusam, karet, dan jabon juga menyebabkan pertambahan dimensi contoh uji pada ketiga jenis kayu. Pertambahan dimensi akibat laburan bahan *wood filler* beragam menurut faktor jenis kayu. Pertambahan dimensi pada kayu tusam akibat penggunaan *wood filler* lebih tinggi daripada kayu karet dan jabon. Contoh uji kontrol tangensial pada ketiga jenis kayu memiliki pertambahan dimensi lebih tinggi daripada contoh uji kontrol radial. Contoh uji yang dilabur dengan bahan *wood filler* organik (pelarut metanol atau air) memiliki perubahan dimensi lebih besar daripada contoh uji yang dilabur dengan *wood filler* komersial (pelarut *thinner*).

Pelaburan *wood filler* pada permukaan kayu secara umum mampu menahan penetrasi air ke dalam struktur kayu. Efektivitas proteksi *wood filler* terhadap intrusi air menurun dengan pertambahan waktu pengujian. Efektivitas proteksi bahan *wood filler* terhadap intrusi air ke dalam kayu tampak lebih baik pada pengujian pembasahan dalam desikator daripada pengujian perendaman dalam air. Bahan *wood filler* komersial nitroselulosa memiliki kemampuan proteksi kayu terhadap intrusi air lebih tinggi daripada bahan *wood filler* organik. Bahan *wood filler* komersial

memiliki sedikit keunggulan dalam hal ketahanan terhadap cairan kimia dan rumah tangga, namun memiliki ketahanan gores lebih rendah daripada bahan *finishing* organik. Formula *wood filler* memiliki kualitas pewarnaan lebih baik daripada bahan *wood filler* komersial.

B. Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi *wood filler* organik (SF1, SF2, LF1, LF2, PF1, dan PF2) memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasi *wood filler* kayu dibandingkan dengan *wood filler* komersial. Namun demikian, *wood filler* organik memiliki sedikit kelemahan pada ketahanan terhadap bahan kimia dan cairan rumah tangga, sehingga penggunaannya harus dilindungi dengan bahan pelapis atas (*top coat*) yang memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan cairan rumah tangga, seperti penggunaan *top coat* komersial dari resin sintesis melamin, poliuretan, atau nitroselulosa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan yang telah membiayai penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Dr. Krisdianto yang telah membantu pelaksanaan pengujian warna pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2013). *Standard test methods for effect of household chemicals on clear and pigmented organic finishes* (D1308-2nd ed.). ASTM International. West Conshohocken, PA.
- ASTM. (2016). *Standard test methods for hardness of organic coatings by pendulum damping tests* (D4366 ed.). ASTM International. West Conshohocken, PA.
- Balfas, J. (2017). Kualitas dempul organik dari serbuk kayu jati dan sirlak. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(3), 155–170.
- Basri, E., Balfas, J., Hendra, D., Yuniarti, K. ... Santoso, A. (2015). Formulasi bahan impregnan dan *finishing* kayu. *Laporan Hasil Penelitian*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Basri, E. & Balfas, J. (2014). Impregnasi ekstrak jati dan resin pada kayu jati cepat tumbuh dan karet. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(4), 283–296.
- Bowyer, J.L., Shmulsky, R. & Haygreen, J. G. (2007). *Forest products & wood science: An introduction* (5th Ed). Iowa, USA: Iowa State Press.
- Darmono. (2010). Aplikasi teknik *finishing* mebel dengan bahan berbasis ramah lingkungan. *Inotek*, 14(2), 208–223.
- Ellis, J. L. (2011). *Comparison of two wood filler types with respect to relative shrinkage across variations in temperature, in humidity, and within wood species*. Los Angeles: Western Carolina University.
- Hansmann, C., Gindl, W., Wolfgang, G., & Teischinger, A. (2002). Permeability of wood - A review. *Wood Research*, 47(4), 1–16.
- Hawks, L. K. (1995). Sealing, staining and filling. Diakses dari https://extension.usu.edu/files/publications/publication/HI_27.pdf pada tanggal 20 Februari 2014.
- Jewitt, J. (2014). Selecting a finish; Before you start your next furniture project, consider a finish's appearance, its method of application and its durability. Diakses dari <http://vegasguitars.com/selecting-a-finish-by-jeff-jewett> pada tanggal 15 Agustus 2015.
- Kaci, M., Djidjelli, H., Boukerrou, A., & Zaidi, L. (2007). Effect of wood filler treatment and EBAGMA compatibilizer on morphology and mechanical properties of low density polyethylene/olive husk flour composites. *Express Polymer Letters*, 1(7), 467–473.
- Kim, S. (2010). Control of formaldehyde and TVOC emission from wood-based flooring composites at various manufacturing processes by surface *finishing*. *Journal of Hazardous Materials*, 176(1–3), 14–19.
- Krisdianto. (2013). Pengukuran warna kayu dengan sistem Cielab. *FORPRO*, 2(1), 28–31.

- Malassenet L., George, B., Merlin, A. & Podgorski, L. (2015). Persoz hardness: A useful property to study performance of exterior wood coatings. *International Wood Products Journal*, 6(4), 174–180.
- Natasya, D. (2015). Material ramah lingkungan. Diakses dari http://www.academia.edu/9015306/material_ramah_lingkungan, pada tanggal 3 Februari 2016.
- Singh A., Park B., Nuryawan, A. & Kazayawoko, M. (2013). Advances in probing wood-coating interface by microscopy: A review. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 3(1A), 49–54.
- Tobing, T. L. & Febrianto, F. (1993). Pembuatan tabel konversi retensi dalam rangka penyempurnaan spesifikasi pengawetan kayu bangunan di Indonesia. *Buletin Jurusan Teknologi Hasil Hutan*, 6(1), 12–19.
- Vollmer S. & Evans, P. D. (2013). Performances of clear coatings on modified wood exposed to weather for 2 years in Australia. *International Wood Products Journal*, 4(3), 177–182.
- Williams, R. S., Jourdain, C., Daisey, G. I., & Springate, R. W. (2000). Wood properties affecting finish service life. *Journal of Coatings Technology*, 72(3), 35–42.
- Williams, R. S., Railings, D., & Cleaners, W. (2010). Chapter 16 - *Finishing* of wood. In *Wood Handbook - Wood as an engineering material* (pp. 1–39). Wisconsin: Forest Products Laboratory, USDA Forest Service.

Lampiran 1. Analisis keragaman penambahan berat dan dimensi contoh uji
Appendix 1. Variation analysis on weight and dimensional gains of wood samples

Sumber (<i>Source</i>)	F- Hitung pada masing-masing parameter (<i>F-calculated on each parameter</i>)			
	Penambahan berat (<i>Weight gain</i>)		Penambahan dimensi (<i>Dimensional gain</i>)	
	Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)	Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)
Spesies (S)	26,411 **	7,641 **	17,078 **	12,288 **
Arah serat/ <i>Grain</i> (A)	1,743 *	0,397 *	1,643 *	0,570 *
Perlakuan/ <i>Treatment</i> (P)	3,161 *	6,848 **	2,984 *	2,521 *
Interaksi S * A	1,326 *	2,492 *	3,827 *	2,164 *
Interaksi S * P	3,822 *	0,446 *	12,902 **	1,752 *
Interaksi A * P	1,315 *	0,747 *	0,988 *	1,145 *
Interaksi S * A * P	5,286 **	7,623 **	1,761 *	9,851 **

Keterangan (*Remarks*): ** = Sangat nyata (*Very significant*); * = Tidak nyata (*Insignificant*)

Lampiran 2A. Hasil uji Tukey pada penambahan berat contoh uji
Appendix 2A. Tukey test results on sample weight gain

Sumber keragaman (<i>Source of variance</i>)		Penambahan berat basah (<i>Wet weight gain, %</i>)		Penambahan berat kering (<i>Dry weight gain, %</i>)	
		Rata-rata (<i>Average</i>)	Tukey test	Rata-rata (<i>Average</i>)	Tukey test
Spesies (S)	Tusam	29,09	A	16,17	A
	Karet	12,38	C	7,21	C
	Jabon	25,41	B	11,52	B
Arah serat/ <i>Grain</i> (A)	Radial	19,13	A	8,35	A
	Tangential	15,66	B	8,47	A
Perlakuan/ <i>Treatment</i> (P)	SF1	17,50	A	7,44	A
	SF2	18,93	B	9,32	B
	AF1	19,58	C	7,75	A
	AF2	17,25	A	10,08	B
	LF1	23,40	D	11,24	C
	LF2	20,01	B	15,50	E
	WF	20,06	B	12,60	D

Keterangan (*Remarks*): Angka rata-rata yang diikuti dengan huruf hasil uji Tukey yang sama dalam satu faktor tidak berbeda nyata (*Average number followed with the same letter of Tukey test within one factor is not significantly different*)

Lampiran 2B. Hasil uji Tukey pada penambahan dimensi contoh uji
Appendix 2B. Tukey test results on sample dimensional gain

Sumber keragaman (Source of variance)		Penambahan dimensi basah (Wet dimensional gain, %)		Penambahan dimensi kering (Dry dimensional gain, %)	
		Rata-rata (Average)	Tukey test	Rata-rata (Average)	Tukey test
Spesies (S)	Tusam	4,02	A	0,82	A
	Karet	1,70	C	0,45	C
	Jabon	3,68	B	0,64	B
Arah serat/Grain (A)	Radial	2,33	A	0,51	A
	Tangential	3,36	B	0,75	B
Perlakuan/Treatment (P)	SF1	2,72	A	0,25	A
	SF2	3,08	B	0,26	A
	AF1	3,06	B	0,36	B
	AF2	2,75	A	0,48	C
	LF1	2,98	B	0,49	C
	LF2	2,32	C	0,38	D
	WF	2,02	D	0,34	B

Keterangan (Remarks): Angka rata-rata yang diikuti dengan huruf hasil uji Tukey yang sama dalam satu faktor tidak berbeda nyata (Average number followed with the same letter of Tukey test within one factor is not significantly different)

Lampiran 3. Analisis keragaman pengembangan dimensi selama rendaman
Appendix 3. Variation analysis on dimensional swelling during soaking

Sumber Keragaman (Variation source)	Derajat bebas (Degrees of freedom)	F- Hitung pada masing-masing waktu rendaman (F-calculated on each soaking period)					
		5 menit (minute)	10 menit (minute)	30 menit (minute)	1jam (hour)	4jam (hour)	24jam (hour)
Spesies (S)	2	8,469 **	11,234 **	76,809 **	47,073 **	10,966 **	5,895 **
Arah serat/Grain (A)	1	0,621 *	0,595 *	0,049 *	1,168 *	2,146 *	2,609 *
Perlakuan/Treatment (P)	7	1,225 *	1,181 *	1,345 *	2,465 *	2,746 *	2,015 *
Interaksi S * A	2	4,019 **	8,558 **	0,160 *	9,145 **	6,107 **	2,819 *
Interaksi S * P	14	10,951 **	22,138 **	1,555 *	5,299 **	2,743 *	1,831 *
Interaksi A * P	7	0,821 *	0,824 *	0,848 *	1,381 *	0,976 *	0,963 *
Interaksi S * A * P	14	9,703 **	6,332 **	1,315 *	4,164 **	5,743 **	2,003 *
Galat (Error)	192						

Keterangan (Remarks): ** = Sangat nyata (Very significant); * = Tidak nyata (In significant)