

KUALITAS DEMPUL ORGANIK DARI SERBUK KAYU JATI DAN SIRLAK (*Quality of Organic Wood Putty from Teak Wood Powder and Shellac*)

Jamal Balfas

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 1 Maret 2017, Direvisi 12 Mei 2017, Disetujui 11 Juli 2017

ABSTRACT

Commercial wood putty products available in the market nowadays are mostly chemical solvent-based, such as epoxy and latex. These products give desirable physical, mechanical and chemical performances, however their volatile organic compounds are detrimental to the environment and harmful to the health. This paper explores the use of teak fine powder mixed with shellac and putty powder as an alternative formulation of organic wood putty. These alternative formulas were tested on tusam and rubber wood by assessing their physical, mechanical and chemical performances in comparison with the most commercial putty products, i.e. epoxy (DK1) and piroxylin (DK2). Samples of two wood species were treated by spreading them with various wood putty solutions. Weight and dimensional changes due to treatment were determined in wet and dry sample conditions. Results show that weight and dimensional gains due to spreading treatment varies according to wood species, grain orientation and putty solution. Tusam samples possessed greater weight and dimensional gains than those of rubber wood samples. All organic putty formula was able to protect wood from water intrusion, but less effective than the commercial putty DK1 and DK2. The organic wood putty had lower scratch resistance and less resistant against chemical liquids than the commercial ones.

Keywords: Finishing, organic wood putty, teak powder, shellac, tusam, rubber wood

ABSTRAK

Produk dempul kayu komersial yang tersedia di pasar dewasa ini umumnya menggunakan bahan dengan pelarut mineral, seperti epoksi dan lateks. Bahan dempul ini dapat memberikan kualitas fisis, mekanis, dan kimia yang baik, namun bahan ini melepas banyak polutan yang berbahaya bagi kesehatan. Tulisan ini mempelajari penggunaan bahan alternatif berupa serbuk halus kayu jati yang dicampur dengan sirlak dan tepung dempul dalam beberapa komposisi untuk produksi dempul organik. Performa bahan dempul alternatif diuji secara fisis, mekanis, dan kimia pada kayu tusam dan karet, serta dibandingkan dengan performa penggunaan bahan dempul komersial, yaitu epoksi (DK1) dan piroksilin (DK2). Contoh uji kedua jenis kayu dilabur dengan larutan dempul kemudian dikeringkan. Perubahan berat dan dimensi contoh uji akibat laburan ditentukan pada kondisi basah dan kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan berat dan perubahan dimensi akibat rendaman beragam menurut jenis kayu, orientasi pola pemotongan papan, dan jenis bahan *finishing* yang digunakan. Contoh kayu tusam mengalami perubahan berat dan dimensi lebih besar daripada kayu karet. Semua formula dempul organik mampu melindungi kayu dari intrusi air, namun tidak sebaik kelompok dempul komersial DK1 dan DK2. Formula dempul serbuk jati dan sirlak memiliki daya tahan terhadap larutan kimia dan ketahanan gores lebih rendah daripada dempul komersial.

Kata kunci: *Finishing*, dempul organik, serbuk jati, sirlak, tusam, kayu karet

I. PENDAHULUAN

Proses pengerjaan akhir kayu (*wood finishing*) adalah proses pemberian lapisan pada permukaan produk kayu, terutama produk furnitur, untuk tujuan penghalusan, perlindungan, dan pelapisan pada permukaan kayu. Tahapan pekerjaan *finishing* kayu diawali dengan tahap persiapan permukaan kayu, yaitu menghaluskan permukaan kayu sebelum diberi lapisan akhir (*top coating*). Pada tahapan ini biasa dilakukan pengisian setiap rongga kosong pada permukaan kayu, seperti lubang paku, cacat kayu, serat patah, bekas mata kayu dan lain sebagainya dengan bahan padatan yang biasa disebut dempul (Forest Product Laboratory (FPL), 2010). Bahan padatan ini akan mengisi rongga pada permukaan kayu dan meninggalkan struktur padat menyerupai kayu, yang mengikat secara kuat pada permukaan kayu. Dempul kayu komersial yang terdapat di pasaran dewasa ini umumnya menggunakan resin epoksi, silikon, lateks, nitroselulosa, dan akrilik. Kelompok resin tersebut, kecuali akrilik, menggunakan pelarut *xylene* atau *toluene* yang banyak melepas komponen volatil (*volatile components*, VOCs) dan komponen polutan udara beracun (*hazardous air pollutants*, HAPs) yang mengganggu lingkungan maupun kesehatan yang bisa menyebabkan kanker pada manusia (Darmono, 2010; Kim, 2010; Kim 2012). 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 (Natasya, 2015; Koci, Djidjelli, Boukerrou, & Zaidi, 2007).

Penggunaan dempul yang terbuat dari resin sintetis umumnya menggunakan pelarut mineral (*mineral solvent-based*) dan pengeras formaldehida.

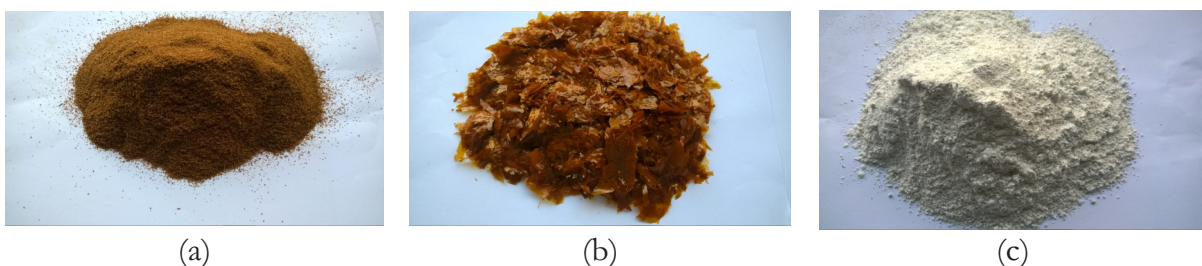
Kelompok resin ini dapat menghasilkan dempul dan memberikan hasil *finishing* yang baik, namun penggunaannya dapat menimbulkan pengaruh yang merugikan bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Li & Guo, 2002; Valasek & Chocholous, 2013). Kelemahan resin sintetis pada kedua aspek tersebut telah mendorong pencarian bahan *finishing* alternatif dari sumber nabati atau material organik. Eksplorasi yang dilakukan dalam penelitian terdahulu telah menghasilkan formula bahan politur dari ekstrak jati dan sirlak yang mampu meningkatkan kualitas *finishing* serta keawetan pada kayu karet dan jati (Balfas & Bastri, 2015).

Dalam penelitian ini dilakukan eksplorasi penggunaan bahan dempul alternatif dari resin organik berupa sirlak, yang dicampur dengan serbuk kayu jati dan tepung dempul. Ketiga bahan dasar tersebut diformulasi dalam beberapa kombinasi campuran dan digunakan pada dua jenis kayu bersamaan dengan dua jenis dempul komersial sebagai pembanding. Tulisan ini mempelajari formulasi bahan dempul organik dan menguji aplikasinya pada kayu tusam dan karet serta perbandingan performanya dengan bahan dempul komersial.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan untuk formulasi bahan dempul terdiri dari serbuk gergajian jati (500 mesh), pelarut organik (metanol), resin, sirlak dan tepung dempul (Gambar 1). Sebagai pembanding digunakan bahan dempul komersial berupa *wood putty* dari kelompok epoksi dan piroksilin beserta pelarut *thinner*. Bahan kayu yang digunakan sebagai media aplikasi adalah kayu karet dan tusam.



Gambar 1. Serbuk jati (a), resin sirlak (b), dan tepung dempul (c)
 Figure 1. Teak powder (a), shellac resin (b) and putty powder (c)

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari alat penggerus kayu (*hammermill*), *beaker glass*, kuas, ampelas, *spray gun*, timbangan elektrik digital, alat ukur kadar air, termometer, *swellometer*, dan oven.

B. Metode Penelitian

1. Persiapan percobaan

Serbuk jati yang digunakan sebagai bahan dempul diambil dari kilang penggergajian di Cepu, Jawa Tengah. Semua serbuk dikeringkan dalam oven pada temperatur sekitar 70°C hingga mencapai kadar air kurang dari 10%. Serbuk kering dihaluskan dengan *hammermill* hingga diperoleh tepung kayu ukuran 500 *mesh*.

Kayu 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% agar tidak terserang jamur pewarna kayu (*blue stain*). Pengeringan dilakukan dalam dapur pengering kombinasi tenaga surya dan tungku.

Contoh uji untuk pengujian penolakan air (*water repellency*) berukuran 1 cm (tebal) x 1 cm (lebar) x 10 cm (radial) dan 1 cm (tebal) x 1 cm (lebar) x 10 cm (tangensial). Contoh uji aspek kimia berukuran 1 cm (tebal) x 10 cm (lebar) x 30 cm (panjang). Jumlah ulangan untuk kontrol maupun perlakuan masing-masing dengan 5 buah ulangan.

2. Pembuatan formula dempul

Formulasi bahan dempul pada dasarnya terdiri dari larutan sirlak dalam metanol yang dicampur dengan tambahan serbuk jati dan tepung dempul dengan komposisi sebagai berikut:

- 5% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 10% serbuk kayu halus dan tepung dempul (kode LM1),
- 5% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 20% serbuk kayu halus dan tepung dempul (kode LM2),
- 5% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 30% serbuk kayu halus dan tepung dempul (kode LM3),
- 10% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 10% serbuk kayu halus dan tepung dempul (kode SM1),

- 10% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 20% serbuk kayu halus dan tepung dempul (kode SM2), dan
- 10% sirlak bobot/volume dalam larutan alkohol ditambah 30% serbuk kayu halus dan tepung dempul (kode SM3).

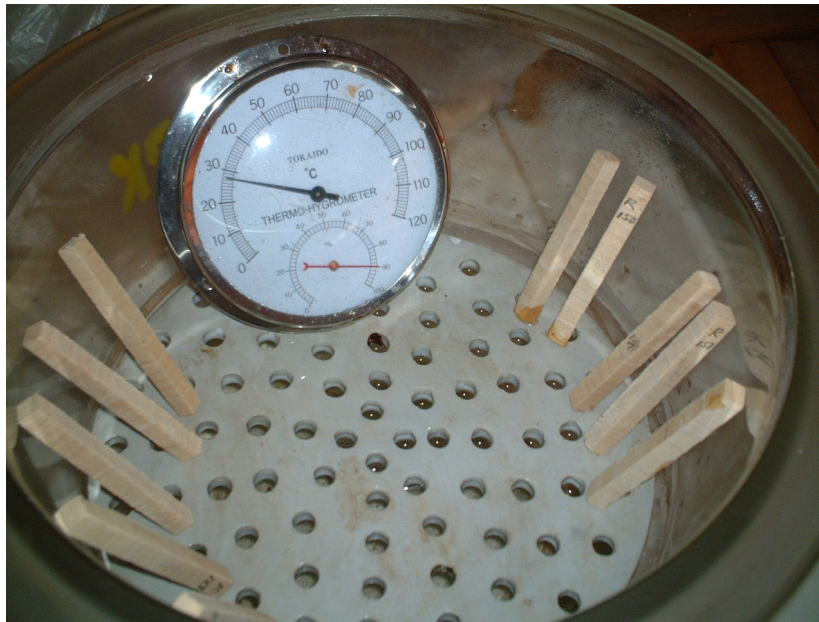
Formulasi dempul di atas dibandingkan performanya dengan dempul komersial yang banyak tersedia di pasaran. Bahan dempul komersial tersebut dibuat dengan menggunakan bahan resin epoksi (kode DK1) dan piroksilin (kode DK2). Kedua bahan dempul ini menggunakan pelarut minyak berupa *thinner*.

3. Pengujian bahan *finishing*

Pada penelitian ini dilakukan beberapa macam pengujian, yaitu pengujian fungsi bahan dalam hal penolakan terhadap air (*water repellency*) dengan pengukuran perubahan dimensi (*swelling*) pada contoh uji kayu yang sudah dilapisi dengan dempul. Semua contoh uji diukur dimensi dan beratnya sesaat sebelum dan setelah perlakuan baik pada kondisi basah maupun kondisi kering, yaitu setelah contoh uji dikeringkan dalam oven selama 12 jam pada suhu 65°C. Perlakuan pelaburan dilakukan pada masing-masing komposisi bahan dempul di atas dan bahan dempul komersial. Pengujian kemampuan proteksi bahan *finishing* terhadap air dilakukan melalui dua cara, yaitu metode rendaman dan metode pembasahan.

Pada 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). Pada metode pembasahan, pengujian contoh uji dilakukan pada ruangan lembap dimana contoh uji dimasukkan dalam desikator tertutup berisi air dan kelembapannya dijaga antara 90 – 95% serta suhu antara 25 – 30°C, seperti tampak pada Gambar 2. Monitoring suhu dan kelembapan dalam desikator dilakukan dengan bantuan alat *thermohygrometer* yang ditempatkan dalam desikator. Pengamatan proses pembasahan dalam desikator dilakukan dengan mengukur berat dan dimensi contoh uji setelah 30 menit, 1 jam, 4 jam, dan 24 jam penempatannya dalam desikator.

Pengujian aspek mekanis pada lapisan dempul dilakukan berupa pengukuran ketahanan gores



Gambar 2. Pengujian pembasahan contoh uji dalam desikator
Figure 2. Wetting test of wood samples in desiccator

pada permukaan film dengan prosedur pengujian mengikuti ASTM D4366-95 (ASTM, 1995). Contoh uji ketahanan gores dilaburi larutan dempul pada dua tingkatan ketebalan film yaitu 100 dan 200 mikron. Masing-masing ketebalan laburan film tersebut dicapai pada dua dan empat kali laburan. Setelah perlakuan pelaburan, contoh uji dibiarkan dalam ruangan (suhu sekitar 25°C) selama satu, tiga, dan tujuh hari sebelum pengujian. Pengujian kekerasan permukaan film dempul dilakukan dengan menyingkap permukaan film pada alat pendulum yang bergerak mengayun secara berulang sambil mengukur waktu gerak pendulum hingga terjadi kerusakan pada permukaan film. Jumlah gerak ayun pendulum hingga terjadi kerusakan pada

film menjadi ukuran ketahanan gores permukaan dempul. Semakin besar jumlah gerak ayun pendulum pada pengujian tersebut, maka semakin tinggi ketahanan gores film dempul yang diuji. Pengujian aspek kimia dalam hal ketahanan lapisan dempul terhadap senyawa asam, basa serta berbagai pelarut dilakukan dengan metode tetes yang diamati secara visual sebagaimana diuraikan dalam ASTM D1308-02 (ASTM, 2002). Perlakuan pemberian larutan asam, basa, dan pelarut beragam menurut waktu perlakuan sebagaimana tercantum dalam Tabel 1.

Masing-masing contoh uji dilaburi dengan komposisi bahan dempul sebanyak 2 kali laburan. Setelah pelaburan, contoh uji dibiarkan (*conditioning*) dalam ruangan terbuka selama 7 hari,

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>)

kemudian diampelas dengan kertas ampelas grit 400 searah serat sebelum diuji. Pengujian kehalusan permukaan kayu dengan perlakuan dempul dan perubahan warnanya dilakukan 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. Pengujian warna dilakukan dengan sistem *CIELab* sebagaimana diuraikan di atas.

Karakteristik dempul dalam hal soliditas penutupan lubang atau rongga kayu diuji pada contoh kayu karet dan tusam berukuran 1 cm (tebal) x 10 cm (lebar) x 30 cm (panjang). Pada setiap contoh uji dibuat empat buah lubang berukuran diameter 1 cm, yaitu dua pada bagian atas dan dua pada bagian bawah sebagaimana tampak pada Gambar 3. Setiap lubang pada

contoh uji berfungsi sebagai ulangan dalam pengamatan soliditas dempul.

Lubang pada contoh uji diisi penuh dengan bahan dempul organik atau dempul komersial dan diratakan permukaannya dengan bantuan alat kape atau kuas kemudian dibiarkan dalam ruangan hingga dempul mengering. Penambahan berat pada contoh uji akibat deposisi dempul pada setiap lubang diukur dengan timbangan digital pada kondisi basah maupun kering. Dempul kering pada tiap permukaan lubang uji diampelas dengan menggunakan kertas ampelas grit 400 hingga tampak batas kontak kayu dan dempul pada masing-masing lubang.

Soliditas dempul pada lubang uji diamati secara visual dengan memperhatikan kerataan, kepadatan dan kehalusan struktur dempul pada masing-masing lubang uji. Pengujian kualitas komposisi dempul pada masing-masing jenis kayu dilakukan dengan perlakuan *finishing* pada contoh uji yang telah didempul. *Finishing* dilakukan dengan menggunakan *finishing* organik (politur) dan *finishing* komersial dengan melamin formaldehida. Kualitas pendempulan ditentukan berdasarkan kesesuaian warna dempul pada contoh uji *finishing*. Penentuan kesesuaian warna dempul pada contoh uji dilakukan dengan metode *CIELab* sebagaimana diuraikan di atas.



(a) tusam



(b) karet

Gambar 3. Contoh uji soliditas dempul pada kayu tusam (a) dan karet (b)
Figure 3. Putty solidity sample tests on tusam (a) and rubber (b) wood

4. Analisa data

Penelitian ini memiliki tiga faktor peubah, yaitu jenis kayu (2 taraf), orientasi serat (2 taraf) dan komposisi bahan finishing (8 taraf). Masing-masing taraf terdiri dari 5 buah contoh uji sebagai ulangan. Untuk mengetahui efektivitas masing-masing bahan finishing (organik dan larut air) terhadap sifat fisis, mekanis, dan kimia dilakukan analisis data secara faktorial 2 x 2 x 8.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Laburan Kayu

Perlakuan laburan dengan berbagai komposisi dempul pada contoh uji kayu pinus dan kayu karet menunjukkan penambahan berat secara nyata (p>99%) menurut jenis kayu, orientasi serat, dan jenis bahan dempul, sebagaimana tampak pada Tabel 2, serta hasil uji statistik pada Lampiran 1A dan 1B. Tabel tersebut menunjukkan penambah-

an berat basah dan kering pada kayu tusam jauh lebih tinggi daripada penambahan berat yang terjadi pada kayu karet. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aplikasi bahan dempul pada struktur kayu tusam terjadi lebih banyak daripada kayu karet. Perbedaan tersebut mungkin berhubungan dengan sifat kayu tusam yang lebih higroskopis dibandingkan kayu karet, sebagaimana ditunjukkan pada sifat pengembangan kedua jenis kayu pada Tabel 4 dan Tabel 5. Penambahan berat akibat laburan bahan dempul pada contoh kayu radial cenderung lebih besar daripada contoh kayu tangensial. Fenomena ini mungkin disebabkan oleh fasilitas penetrasi larutan dempul yang lebih baik pada kayu radial dibandingkan dengan kayu tangensial sebagaimana dijumpai sebelumnya pada perlakuan impregnasi kedua jenis kayu dengan bahan finishing organik (Basri & Balfas, 2014; Basri et al., 2015).

Penambahan berat basah akibat laburan dempul pada kedua jenis kayu dan arah serat tampak beragam menurut komposisi bahan

Tabel 2. Penambahan berat kayu tusam dan karet akibat laburan dempul
 Table 2. Weight gain on tusam and rubber wood due to putty spread

Orientasi pola Pematangan papan (Grain orientation)	Kode perlakuan (Treatment code)	Penambahan berat pada tusam (Weight gain on tusam, %)		Penambahan berat pada karet (Weight gain on rubber wood, %)	
		Basah (Wet)	Kering (Dry)	Basah (Wet)	Kering (Dry)
Radial	LM1	9,42	6,59	6,63	2,26
	LM2	13,83	6,61	6,89	2,91
	LM3	15,87	6,74	7,46	2,96
	SM1	16,57	9,86	7,98	2,66
	SM2	18,21	11,25	8,61	2,98
	SM3	19,25	11,64	9,43	3,40
	DK1	20,62	12,06	17,67	11,82
	DK2	21,27	15,27	17,78	12,15
Tangensial	LM1	9,24	5,98	6,07	2,63
	LM2	12,59	8,35	6,20	2,75
	LM3	11,67	8,94	6,63	3,29
	SM1	14,05	9,54	5,95	3,83
	SM2	16,16	9,67	6,31	4,36
	SM3	18,29	10,94	6,81	4,44
	DK1	18,94	11,93	16,01	7,46
	DK2	19,84	13,15	16,40	9,36

dempul (Tabel 2). Penambahan berat akibat laburan dempul cenderung meningkat dengan pertambahan porsi bahan tambahan pada formula dempul, yaitu dari LM1 ke LM3 dan dari SM1 ke SM3. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan porsi padatan (*solid content*) pada formulasi dempul organik cenderung meningkatkan berat penggunaan dempul dalam aplikasinya pada permukaan kayu. Penambahan berat basah tertinggi pada kelompok dempul organik secara konsisten dijumpai pada contoh uji yang dilabur bahan dempul SM3, yaitu campuran 10% resin sirlak dengan bahan tambahan sebanyak 30%. Perbedaan ini mungkin disebabkan karena formula SM3 merupakan formula yang memiliki fraksi terberat dalam kelompok campuran dempul organik sebagaimana diuraikan dalam Tabel 12.

Pada Tabel 2 tampak bahwa keragaman pertambahan berat basah dan kering pada contoh uji kedua jenis kayu meningkat sebesar 10 – 30% dengan penambahan konsentrasi resin sirlak pada formulasi dempul organik dari 5% (LM) ke 10%

(SM). Pertambahan berat basah dan kering juga mengalami peningkatan sebesar 5 - 15% dengan pertambahan porsi bahan tambahan dari 10% (SM1 atau LM1) ke 20% atau 30% (SM2 atau SM3, serta LM2 atau LM3). Namun demikian, pertambahan berat basah dan berat kering tertinggi secara konsisten terjadi pada contoh uji yang dilabur dengan dempul komersial epoksi (DK1) dan piroksilin (DK2). Hal ini mungkin disebabkan karena kedua bahan komersial ini memiliki berat fraksi padatan tertinggi di antara semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini (Tabel 12).

Tabel 3 dan Lampiran 2A serta 2B menunjukkan bahwa perlakuan laburan dempul pada contoh uji kayu pinus dan kayu karet dengan berbagai komposisi bahan dempul menyebabkan kenaikan dimensi secara nyata ($p > 99\%$) menurut jenis kayu, orientasi serat dan jenis bahan dempul. Pada tabel tersebut tampak bahwa pertambahan dimensi basah pada contoh uji kayu tusam lebih tinggi daripada pertambahan dimensi pada kayu karet, baik pada arah radial maupun tangensial.

Tabel 3. Penambahan dimensi kayu tusam dan karet akibat laburan dempul
Table 3. Dimensional gain on tusam and rubber wood due to putty spread

Orientasi pola Pemotongan papan (<i>Grain orientation</i>)	Kode perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Penambahan dimensi pada tusam (<i>Dimensional gain on tusam, %</i>)		Penambahan dimensi pada karet (<i>Dimensional gain on rubber wood, %</i>)	
		Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)	Basah (<i>Wet</i>)	Kering (<i>Dry</i>)
Radial	LM1	1,40	1,17	0,89	0,81
	LM2	1,28	1,52	0,82	0,71
	LM3	1,16	0,80	0,79	0,65
	SM1	1,30	0,67	0,69	0,57
	SM2	1,21	0,84	0,61	0,50
	SM3	1,01	0,46	0,58	0,50
	DK1	0,82	0,47	0,51	0,32
	DK2	0,75	0,43	0,46	0,12
Tangensial	LM1	1,52	0,50	1,64	1,37
	LM2	1,34	0,41	1,49	1,36
	LM3	1,19	0,39	1,16	1,03
	SM1	1,32	1,41	1,01	0,88
	SM2	1,26	1,01	0,94	0,81
	SM3	1,16	0,91	0,90	0,78
	DK1	0,97	0,57	0,72	0,44
	DK2	0,83	0,48	0,60	0,36

Pertambahan dimensi basah dan kering akibat laburan dempul pada contoh uji tangensial lebih tinggi sekitar 10 sampai 15% daripada pertambahan dimensi contoh uji radial pada kayu tusam maupun kayu karet (Tabel 3). Hasil serupa telah dilaporkan sebelumnya pada penelitian perlakuan bahan *finishing* organik pada kedua jenis kayu (Basri & Balfas, 2014; Basri et al., 2015). Pola pertambahan dimensi di atas cenderung mengikuti pola pengembangan alami kayu, dimana pengembangan pada arah tangensial memiliki satuan lebih tinggi daripada arah radial (Panshin & de Zeuw, 1980). Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan pertambahan dimensi pada contoh uji beragam menurut perlakuan bahan dempul, dimana formula campuran dempul organik yang menggunakan pelarut metanol, bersifat polar, cenderung menyebabkan pertambahan dimensi lebih besar dibandingkan dengan bahan epoksi (DK1) dan piroksilin (DK2) yang keduanya menggunakan pelarut minyak (*thinner*), yang bersifat non-polar.

Efektifitas perlakuan dempul 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 dan karet selama rendaman dalam air disajikan pada Tabel 4 dan 5. Hasil analisis keragaman pada perubahan dimensi kayu selama perendaman dalam air (Lampiran 3) menunjukkan keragaman yang nyata ($p > 99\%$) menurut faktor jenis kayu, orientasi pola pemotongan papan dan perlakuan bahan dempul. Kedua tabel tersebut menunjukkan bahwa pola pertambahan dimensi pada kayu karet terjadi lebih lambat dibandingkan dengan pertambahan dimensi pada kayu tusam. Pada sisi lain, nilai pertambahan dimensi pada kayu karet lebih rendah dibandingkan dengan pertambahan dimensi pada kayu tusam. 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

Tabel 4. Pengembangan kayu tusam selama rendaman dalam air

Table 4. Swelling on tusam due to water soaking

Orientasi pola Pemotongan papan (<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	0,33	0,53	0,69	0,79	0,83	1,87
	LM1	0,26	0,42	0,58	0,67	0,83	1,89
	LM2	0,23	0,38	0,57	0,63	0,81	1,83
	LM3	0,21	0,26	0,56	0,59	0,73	1,86
	SM1	0,24	0,46	0,52	0,63	0,80	1,82
	SM2	0,23	0,36	0,52	0,57	0,70	1,93
	SM3	0,24	0,33	0,51	0,52	0,68	1,80
	DK1	0,31	0,45	0,59	0,61	0,75	1,77
	DK2	0,30	0,43	0,54	0,57	0,68	1,59
Tangensial	Kontrol	0,70	1,10	1,27	1,38	1,44	2,52
	LM1	0,59	0,88	0,98	1,07	1,19	1,92
	LM2	0,55	0,83	0,89	1,00	1,12	1,88
	LM3	0,53	0,76	0,83	0,98	1,08	1,81
	SM1	0,58	0,76	0,89	1,04	1,14	1,88
	SM2	0,54	0,74	0,88	0,92	1,06	1,81
	SM3	0,54	0,72	0,87	0,92	1,05	1,69
	DK1	0,38	0,58	0,66	0,81	0,84	1,67
	DK2	0,34	0,56	0,63	0,76	0,78	1,59

Tabel 5. Pengembangan kayu karet selama rendaman dalam air
Table 5. Swelling on rubber wood due to soaking in water

Orientasi pola pemotongan papan (<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	0,33	0,44	0,58	1,84	2,63
	LM1	0,20	0,29	0,40	0,60	1,69	1,74
	LM2	0,19	0,28	0,32	0,52	1,51	1,60
	LM3	0,18	0,26	0,32	0,59	1,47	1,63
	SM1	0,19	0,26	0,32	0,53	1,63	1,69
	SM2	0,19	0,31	0,33	0,55	1,61	1,68
	SM3	0,18	0,31	0,33	0,54	1,52	1,67
	DK1	0,19	0,22	0,28	0,50	1,38	1,56
DK2	0,18	0,24	0,30	0,55	1,36	1,50	
Tangensial	Kontrol	0,44	0,52	0,79	1,42	2,05	2,29
	LM1	0,23	0,24	0,29	0,58	1,76	2,02
	LM2	0,22	0,24	0,26	0,59	1,73	2,01
	LM3	0,21	0,23	0,26	0,52	1,70	2,00
	SM1	0,20	0,24	0,25	0,54	1,72	1,98
	SM2	0,20	0,23	0,25	0,50	1,65	1,93
	SM3	0,21	0,23	0,25	0,46	1,62	1,88
	DK1	0,20	0,22	0,25	0,45	1,56	1,69
DK2	0,19	0,22	0,24	0,47	1,40	1,67	

yang lebih besar pada kayu tusam daripada kayu karet (Tobing & Febrianto, 1993).

Tabel 4 dan Tabel 5 juga menunjukkan sifat pengembangan contoh uji kontrol radial memiliki nilai perubahan dimensi lebih rendah daripada contoh uji kontrol tangensial baik pada kayu tusam maupun kayu karet. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh perbedaan porositas struktur anatomi kayu pada arah radial dan tangensial. Menurut Bowyer, Shmulsky dan Haygreen (2007) terdapat jaringan jari-jari serta pernoktahan pada dinding dan penampang radial, sementara pada arah tangensial terdapat dominasi kayu “summer”, serta perbedaan jumlah dinding sel pada kedua arah orientasi serat tersebut.

Penggunaan bahan dempul komersial (DK1 dan DK2) mampu menahan penetrasi air lebih tinggi pada kayu tusam dan karet (Tabel 4 dan Tabel 5) dibandingkan dengan penggunaan bahan dempul organik. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh porsi kandungan padatan yang lebih tinggi pada resin komersial dibandingkan dengan resin organik (Tabel 11). Selain itu kedua

bahan dempul 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 yang bersifat polar.

Sifat pengembangan pada contoh uji kayu yang dilaburi dempul selama pembasahan dalam desikator disajikan pada Tabel 6 dan 7. Hasil analisis keragaman pada perubahan dimensi kayu selama pembasahan (Lampiran 4) menunjukkan keragaman yang nyata ($p > 99\%$) menurut faktor jenis kayu, faktor orientasi pola pemotongan papan dan perlakuan bahan dempul. Data hasil pengujian pada Tabel 6 dan 7 menunjukkan pola perubahan dimensi yang serupa dengan metode perendaman (Tabel 4 dan 5), dimana pola pertambahan dimensi pada kayu karet terjadi lebih lambat dibandingkan dengan pertambahan dimensi pada kayu tusam. Hasil serupa telah dilaporkan sebelumnya pada perlakuan kedua jenis kayu dengan bahan *finishing* organik (Basri, Balfas, Hendra, Yuniarti dan santoso 2015). Sebagaimana telah dibahas pada hasil pengujian

Tabel 6. Pengembangan kayu tusam selama proses pembasahan
Table 6. Swelling on tusam during wetting process

Orientasi pola pematangan papan (<i>Grain orientation</i>)	Kode perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Pengembangan pada periode pembasahan (<i>Swelling on wetting period, %</i>)			
		30 menit (<i>minute</i>)	1 jam (<i>hour</i>)	4 jam (<i>hour</i>)	24 jam (<i>hour</i>)
Radial	Kontrol	0,39	0,57	0,67	1,29
	LM1	0,34	0,49	0,55	1,05
	LM2	0,32	0,47	0,52	1,03
	LM3	0,33	0,45	0,48	1,02
	SM1	0,36	0,45	0,50	1,06
	SM2	0,34	0,43	0,47	1,04
	SM3	0,26	0,33	0,39	1,06
	DK1	0,24	0,28	0,36	0,87
	DK2	0,24	0,26	0,36	0,85
Tangensial	Kontrol	0,47	0,68	0,77	1,61
	LM1	0,44	0,56	0,66	1,29
	LM2	0,45	0,55	0,64	1,20
	LM3	0,41	0,52	0,61	1,12
	SM1	0,43	0,53	0,62	1,08
	SM2	0,39	0,49	0,57	1,02
	SM3	0,38	0,49	0,56	1,01
	DK1	0,31	0,45	0,53	0,78
	DK2	0,36	0,43	0,52	0,76

Tabel 7. Pengembangan kayu karet selama proses pembasahan
Table 7. Swelling on rubber wood during wetting process

Orientasi pola pematangan papan (<i>Grain orientation</i>)	Kode perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Pengembangan pada periode pembasahan (<i>Swelling on wetting period, %</i>)			
		30 menit (<i>minute</i>)	1 jam (<i>hour</i>)	4 jam (<i>hour</i>)	24 jam (<i>hour</i>)
Radial	Kontrol	0,44	0,62	0,89	1,43
	LM1	0,39	0,53	0,63	1,22
	LM2	0,41	0,52	0,60	1,15
	LM3	0,38	0,51	0,57	1,09
	SM1	0,39	0,50	0,61	1,07
	SM2	0,37	0,50	0,60	1,08
	SM3	0,36	0,53	0,62	0,99
	DK1	0,32	0,46	0,60	0,97
	DK2	0,32	0,48	0,57	0,92
Tangensial	Kontrol	0,48	0,59	0,79	1,53
	LM1	0,39	0,53	0,72	1,32
	LM2	0,41	0,52	0,70	1,25
	LM3	0,38	0,51	0,70	1,25
	SM1	0,33	0,47	0,61	1,17
	SM2	0,33	0,46	0,60	1,16
	SM3	0,30	0,43	0,62	1,09
	DK1	0,35	0,42	0,59	1,02
	DK2	0,34	0,38	0,56	0,98

rendaman di atas, nilai pertambahan dimensi pada pembasahan kayu karet lebih rendah dibandingkan dengan pertambahan dimensi pada kayu tusam. Hal ini menegaskan bahwa kayu tusam memiliki permeabilitas lebih tinggi daripada kayu karet. Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan bahwa semua bahan dempul mampu memberikan perlindungan penetrasi air pada semua contoh uji, meskipun nilai efektifitas tertinggi terdapat pada penggunaan bahan dempul komersial, yaitu epoksi (DK1) dan pirosilin (DK2).

B. Aplikasi Dempul

Efektifitas penggunaan dempul dalam menutup rongga atau lubang pada kayu pada dasarnya ditentukan oleh aspek soliditas dempul dalam menutup semua bagian rongga pada kayu, kedekatan struktur dempul terhadap struktur kayu, serta kedekatan warna dempul terhadap warna kayu saat *finishing*. Hasil pengujian soliditas dempul pada kayu tusam dan karet disajikan pada Tabel 8. Soliditas dempul yang menunjukkan formasi padatan dan kerataan yang baik adalah



(a) Gagal pelaburan (*Fail spread*)



(b) Sukses pelaburan (*Good spread*)

Gambar 4. Kegagalan (a) dan kesuksesan (b) dalam aplikasi pendempulan

Figure 4. Fail (a) and success (b) in wood putty application

Tabel 8. Hasil pengujian soliditas dempul

Table 8. Results of putty solidity test

Jenis Kayu (<i>Wood species</i>)	Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Penambahan berat pada lubang (<i>Weight gain on test hole, g</i>)				Soliditas dempul (<i>Putty solidity</i>)	
		1	2	3	4	Padatan (<i>Solidity</i>)	Kerataan (<i>Evenness</i>)
Tusam	LM1	0,17	0,25	0,19	0,21	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	LM2	0,25	0,28	0,31	0,21	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	LM3	1,44	1,43	1,44	1,44	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)
	SM1	0,19	0,31	0,25	0,22	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	SM2	0,24	0,27	0,21	0,28	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	SM3	1,60	1,62	1,61	1,59	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)
	DK1	1,74	1,75	1,74	1,74	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)
	DK2	1,80	1,81	1,80	1,82	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)
Karet	LM1	0,23	0,24	0,22	0,23	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	LM2	0,22	0,25	0,27	0,22	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	LM3	1,37	1,36	1,35	1,37	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)
	SM1	0,19	0,23	0,22	0,24	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	SM2	0,24	0,23	0,28	0,23	Gagal (<i>Fail</i>)	Gagal (<i>Fail</i>)
	SM3	1,48	1,50	1,47	1,48	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)
	DK1	1,65	1,66	1,65	1,68	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)
	DK2	1,72	1,70	1,74	1,73	Baik (<i>Good</i>)	Baik (<i>Good</i>)



(a) Dempul organik (b) Dempul komersial 1 (DK1) (c) Dempul komersial 2 (DK2)

Gambar 5. Padatan dan kerataan dempul organik (a), dempul komersial 1 (b), dan dempul komersial 2 (c) pada kayu tusam dan karet

Figure 5. Solidity and evenness of organic putty (a), commercial 1 (b), and commercial 2 (c) on tusam and rubber wood

formulasi organik dengan komposisi bahan tambahan 30% (LM3 dan SM3) dan dempul komersial (DK1 dan DK2). Formulasi dempul organik dengan bahan tambahan kurang dari 30% yaitu LM1, LM2, SM1, dan SM3 semuanya gagal membentuk formasi padatan pada lubang uji dempul, sehingga tidak dapat memenuhi fungsi dempul sebagai bahan pengisi pada rongga kayu (Gambar 4). Pada Tabel 8 tampak bahwa penambahan berat contoh uji pada setiap lubang dempul yang diisi dengan dempul organik LM3 lebih kecil daripada penambahan berat dengan SM3 pada kayu tusam maupun karet.

Penambahan berat pada lubang dempul yang diisi dengan masing-masing dempul organik tersebut lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan dempul komersial (DK1 dan DK2).





































Keragaman pada penambahan berat di atas mungkin disebabkan oleh porsi kandungan padatan (*solid content*) pada masing-masing dempul sebagaimana tampak pada Tabel 12. Soliditas dan kerataan masing-masing dempul pada kayu tusam dan karet sebelum *finishing* dapat dilihat pada Gambar 5. Lubang yang diisi dempul organik tampak memiliki kesan padatan dan kerataan lebih baik daripada lubang yang diisi dempul komersial (Gambar 5). Perubahan warna kayu dan dempul setelah *finishing* dengan politur dan melamin dapat dilihat pada Tabel 9.

Hasil pengukuran warna pada lubang dempul dan warna kayu alami tusam dan karet dengan sistem *CIELab* (Tabel 9) menunjukkan bahwa nilai kecerahan (L^*), kemerahan (a^*) dan kekuningan (b^*) pada kayu tusam kontrol adalah masing-masing 71,82; 10,11 dan 30,08, sedangkan

pada kayu karet kontrol adalah 61,21; 11,68 dan 28,05. Pada Tabel 9 tampak bahwa warna dempul yang mendekati warna kayu kontrol tusam dan karet adalah dempul kelompok organik dan dempul komersial piroxilin (DK2). Secara umum tampak bahwa dempul organik memiliki kedekatan warna lebih baik daripada dempul komersial. Bahkan beberapa komposisi dempul organik, seperti LM1 dan LM2 memiliki nilai kecerahan, kemerahan, dan kekuningan yang mendekati nilai kayu kontrol, baik tusam maupun karet. Pada penelitian ini digunakan serbuk halus kayu jati dalam komposisi dempul organik, berbeda jenis dengan objek aplikasi (tusam dan karet). Penggunaan serbuk kayu sejenis pada komposisi dempul organik dengan objek aplikasi, misal pada aplikasi kayu pinus digunakan serbuk halus kayu pinus dalam komposisi dempulnya, diperkirakan dapat meningkatkan kualitas warna dempul yang mendekati warna objek.

Bahan dempul yang digunakan untuk mengisi rongga pada kayu harus memiliki stabilitas fisis terhadap bahan kimia atau cairan rumah tangga. Hasil pengujian ketahanan film dempul organik dan dempul komersial pada Tabel 10 menunjukkan bahwa komposisi dempul organik memiliki ketahanan sangat terbatas terhadap silen, HCl 5% dan air. Film dempul dari kelompok bahan organik tersebut yang digunakan pada kayu tusam maupun karet mengalami kerusakan serius bila terkena Aseton, NaOH, Etanol, dan NH_4OH . Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan dempul formula organik memerlukan tambahan proteksi film dari kontak terhadap bahan kimia dan cairan rumah tangga. Oleh karena itu dalam penelitian

Tabel 9. Hasil pengukuran warna kayu dan dempul
Table 9. Color measuring results on wood and putty

Jenis Kayu (Wood species)	Perlakuan (Treatment)	Nilai rata-rata (<i>Average</i>)			Warna setelah finishing (Color after finishing)	
		L*	a*	b*	Politur (<i>Varnish</i>)	Melamin (Melamine)
Tusam	Kontrol	71,82	10,11	30,08		
	LM1	70,25	11,35	31,46		
	LM2	70,54	11,96	31,77		
	LM3	56,45	4,78	27,38		
	SM1	62,40	13,83	24,75		
	SM2	58,06	5,84	28,42		
	SM3	53,20	8,62	22,40		
	DK1	62,80	5,08	14,85		
	DK2	67,36	9,92	33,10		
Karet	Kontrol	61,21	11,68	28,05		
	LM1	54,71	13,85	26,09		
	LM2	57,82	13,26	27,15		
	LM3	50,26	16,67	30,09		
	SM1	62,62	10,55	29,52		
	SM2	56,07	12,28	26,80		
	SM3	63,86	10,84	29,51		
	DK1	46,18	14,57	22,01		
	DK2	57,08	12,80	29,36		

ini digunakan pelapisan permukaan (*top coat*) dengan bahan sintetik (melamin) selain penggunaan bahan organik (sirlak).

Kekuatan formula dempul secara mekanis dapat dinilai dari ketahanan film dempul terhadap goresan. Hasil pengujian film dempul organik dan dempul komersial terhadap ketahanan gores disajikan pada Tabel 11. Pada aplikasi ketebalan film 200 mikron tampak bahwa baik dempul organik maupun dempul komersial (DK1 dan DK2) memiliki ketahanan gores lebih tinggi

daripada aplikasi film 100 mikron. Ketebalan film 200 mikron juga cenderung memiliki stabilitas lebih baik menurut waktu pengujian dibandingkan dengan ketebalan film 100 mikron. Tabel 11 menunjukkan bahwa ketahanan gores film dempul organik lebih rendah daripada film dempul komersial pada aplikasi film 100 maupun 200 mikron. Pada kelompok formula dempul organik tampak bahwa peningkatan konsentrasi sirlak maupun bahan tambahan cenderung meningkatkan nilai ketahanan gores pada aplikasi

Tabel 10. Ketahanan film dempul terhadap asam, basa, dan pelarut
Table 10. Putty 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%
LM1	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
LM2	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
LM3	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
SM1	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
SM2	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
SM3	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Rusak	Baik	Rusak
DK1	Baik	Rusak	Baik	Baik	Baik	Baik	Rusak
DK2	Baik	Rusak	Baik	Rusak	Baik	Baik	Baik

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

Tabel 11. Ketahanan gores dempul organik dan komersial
Table 11. Scratch resistance of commercial and organic putty film

Sampel dempul (<i>Putty</i>)	Ketebalan film (<i>Film thickness</i> , 100 mikron, <i>micron</i>)			Ketebalan film (<i>Film thickness</i> , 200 mikron, <i>micron</i>)		
	Hari (<i>Day</i>) 1	Hari (<i>Day</i>) 3	Hari (<i>Day</i>) 7	Hari (<i>Day</i>) 1	Hari (<i>Day</i>) 3	Hari (<i>Day</i>) 7
LM1	104	109	99	107	113	108
LM2	104	112	100	115	116	106
LM3	112	115	109	119	118	104
SM1	105	106	102	118	116	108
SM2	108	109	109	106	113	109
SM3	108	106	114	108	110	105
DK1	109	125	134	118	127	136
DK2	109	125	135	117	128	139

film 100 maupun 200 mikron. Nilai ketahanan gores tertinggi pada kelompok dempul organik diperoleh pada aplikasi film 100 mikron dengan komposisi SM3, yaitu campuran sirlak 10% dengan bahan tambahan sebanyak 30%.

Hasil pengujian pada beberapa sifat fisis dan mekanis dari bahan dempul di atas menunjukkan adanya beberapa keunggulan bahan dempul komersial (DK1 dan DK2) daripada bahan dempul organik. Namun demikian, dalam aplikasi *finishing* sebagaimana tampak pada Tabel 8, bahan dempul organik memiliki keunggulan dalam hal soliditas, rata-rata dan pewarnaan dibandingkan dengan dempul komersial. Pada sisi lain, kedua bahan dempul komersial tersebut menggunakan pelarut *thinner* yang mengandung komponen

racun mudah menguap, yang dapat terhirup pada saat aplikasi pendempulan. Pelarut *thinner* mengandung bahan utama berupa silen (xylene) dan toluen (toluene), keduanya akan menguap dalam proses aplikasi dempul maupun proses pematangan (*curing*) resin dempul. Pada Tabel 12 tampak bahwa kedua bahan dempul komersial tersebut memiliki kandungan padatan sekitar 60 sampai 70% pada proses aplikasi pada kayu. Hal ini berarti kedua bahan tersebut melepas sekitar 30% 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 genetica.

C. Biaya Aplikasi

Pekerjaan pendempulan pada suatu kegiatan finishing akan menyebabkan timbulnya biaya tambahan, yaitu biaya aplikasi dempul. Penggunaan bahan dempul pada contoh uji kayu tusam dan karet dengan berbagai komposisi formula menunjukkan besaran biaya aplikasi yang beragam menurut bahan yang digunakan. Estimasi harga larutan bahan dempul per liter dan biaya aplikasi per m² (Tabel 12) menunjukkan bahwa penggunaan dempul organik memerlukan biaya beragam dari sekitar Rp 3.000,- sampai Rp 5.200,- per m². Biaya ini jauh lebih murah, hanya sekitar 50% dibandingkan dengan biaya pendempulan dengan bahan komersial (DK1 dan DK2) yang memerlukan biaya sekitar Rp 7.000,- hingga Rp 11.000,- per m².

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Perlakuan laburan contoh uji dengan bahan

dempul menyebabkan keragaman pertambahan berat menurut faktor jenis kayu, arah serat, dan jenis bahan dempul yang digunakan. Pertambahan berat akibat aplikasi dempul pada kayu tusam lebih tinggi daripada jenis kayu karet. Pertambahan berat akibat pendempulan pada contoh uji radial lebih tinggi daripada contoh uji tangensial pada kedua jenis kayu. Pertambahan berat basah dan kering akibat pendempulan cenderung meningkat dengan pertambahan konsentrasi resin organik (sirlak) maupun peningkatan porsi bahan tambahan. Komposisi formula dempul organik yang efektif adalah formula yang mengandung bahan tambahan dalam porsi 30% atau lebih (LM3 dan SM3). Formula dempul ini memiliki soliditas, kerataan, dan pewarnaan lebih baik daripada bahan dempul komersial. Biaya aplikasi dempul organik lebih murah daripada aplikasi dempul komersial.

B. Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi dempul organik (LM3 dan SM3) memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasi pendempulan kayu dibandingkan dengan dempul komersial. Pada sisi lain, dempul organik memiliki kelemahan terhadap bahan kimia dan cairan rumah tangga, sehingga penggunaannya harus

Tabel 12. Estimasi harga larutan dempul dan aplikasi/m²
Table 12. Estimated cost of wood putty liquid and application/m²

Formulasi dempul (<i>wood putty formulation</i>)	Konsentrasi (<i>Concentration, % w/v</i>)		Kandungan padatan (<i>Solid content</i>)	Harga (<i>Price, Rp/liter, Rp/litre</i>)	Aplikasi (<i>Application, Rp/m²</i>)
	Aditif (<i>Additive</i>)	Sirlak (<i>Shellac</i>)			
LM1	10	5	21,2	14.700	2.940
LM2	20	5	32,7	16.200	3.240
LM3	30	5	41,8	17.700	3.540
SM1	10	10	23,4	22.500	4.500
SM2	20	10	34,3	24.200	4.800
SM3	30	10	46,5	26.000	5.200
DK1			61,5	55.000	11.000
DK2			70,0	35.000	7.000

Keterangan (*Remarks*): Asumsi (*Assumptions*): Harga sirlak (*Shellac price*) Rp 150.000,-/kg; Harga metanol (*methanol price*) Rp 5.000,-/l; Harga serbuk jati halus (*fine teak saw dust*) Rp 7.000,-/kg; Harga tepung dempul (*price of putty powder*) Rp 4.000,-/kg; Aplikasi dempul 2 kali laburan, masing-masing tebal 100 mikron (*Wood putty application, two times rubbing, each 100 micron thick*).

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 dan lain sebagainya. Dalam aplikasi komersial dapat disarankan penggunaan formulasi dempul dari campuran sirlak sebagai resin, ditambahkan pelarut metanol, serbuk kayu halus dari jenis kayu yang sama dan tepung dempul. Perlu dilakukan pengujian emisi gas polutan yang ditimbulkan oleh bahan *finishing* komersial dengan pelarut *thinner*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Standard for Testing Material (ASTM). (1995). *Standard test methods for hardness of organic coatings by pendulum damping tests* (D4366 ed.). ASTM International, USA.
- ASTM. (2002). *Standard test methods for effect of household chemicals on clear and pigmented organic finishes* (D1308. Ann). ASTM International, USA.
- Balfas, J., Bastri, E. & Jasni., (2015). Effect of teak extractive imposition on wood characteristic improvements. Dalam C.A. Siregar, Pratiwi, N. Mindawati, G. Pari, M. Turjaman, H.L. Tata, H. Krisnawati, T. Setyawati, Krisdianto, N. Sakuntaladewi, Z. Mutaqiem, & J. Balfas (Editor), *Proceedings of International Conference of Indonesia Forestry Researchers III*. Research, Development and Innovation Agency, Bogor.
- 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 and 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.
- Forest Product Laboratory (FPL). (2010). Wood handbook-Wood as an engineering material. *General Technical Report FPL-GTR-190*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture.
- 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. doi: 10.3144/expresspolymlett.2007.65
- Kim, B. J. (2012). *The effect of inorganic fillers on the properties of wood plastic composites*. USA: Louisiana State University.
- 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. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.03.113
- Krisdianto. (2013). Pengukuran warna kayu dengan sistem Cielab. *Forpro*, 2(1), 28-31.
- Li, J. & Guo, M. R. (2002). Develop an environmentally safe wood finishing product using whey protein as a co-binding material. *Journal Dairy Science*, 85, 380.
- Natasya, D. (2015). Material ramah lingkungan. Diakses dari http://www.academia.edu/9015306/material_ramah_lingkungan, pada tanggal 3 Februari 2016.
- Panshin, A. J. & de Zeuw, C. (1980). *Textbook of wood technology*. Iowa: McGraw-Hill Book Co.
- Tobing, T. L. & Febriyanto, F. (1993). Pembuatan tabel konversi retensi dalam rangka penyempurnaan spesifikasi pengawetan kayu bangunan di Indonesia. *Buletin Jurusan Teknologi Hasil Hutan*, 6(1), 12-19.
- Valasek, P., & Chocholous, P. (2013). Mechanical properties of epoxy resins with organic filler - wood flour. *Engineering for Rural Development*, 232-237.