

KUALITAS KAYU LAMINASI DENGAN PEREKAT TANIN DARI EKSTRAK KULIT KAYU MAHONI (*The Quality of Laminated Wood - Bonded with Tannin Adhesive Made from Extracted Mahogany Wood Bark*)

Adi Santoso, Efrida Basri, & Jamal Balfas

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610
Telp. (0251) 8633378, Faks. (0251) 8633413
E-mail: asanto10@yahoo.com

Diterima 24 September 2019, direvisi 7 Agustus 2020, disetujui 5 September 2020

ABSTRACT

*Chemical components of polyphenols extraction products from mahogany wood (Swietenia macrophylla) and copolymerized with resorcinol and formaldehyde in alkaline condition, resulting in a resin that can be used as an adhesive. This paper presents the use of tannin from mahogany bark extract copolymer as laminated wood adhesives. Research methods include adhesive formulations, testing of the physical-chemical properties of adhesives, manufacture and quality testing of the laminated products, and data analysis. The treatments imposed in this study were adhesive formulations, wood species used as raw materials, and types of products made. The results show that the copolymerized tannin extract from mahogany bark could be used as an adhesive in making laminated wood beams (*glulam*) and laminated boards of the three wood species i.e. tusam (Pinus merkusii), jabon (Anthocephalus cadamba), and sengon (Falcateria moluccana). The bonding quality and mechanical properties of both types of laminated products were comparable with those of similar products glued with the imported exterior adhesive with low formaldehyde emission, and classified as F** or F*** with the adhesive ratio of T:R:F = (1:0.025:0.1)%, and T:K:F = (1:0.03:0.1)%.*

Keywords: Tannin adhesive, mahogany wood bark extract, copolymer, laminated wood

ABSTRAK

Komponen kimia polifenol produk ekstraksi dari kayu mahoni (*Swietenia macrophylla*) dengan kopolimerisasi resorsinol dan formaldehida dalam kondisi basa, menghasilkan resin yang dapat digunakan sebagai perekat. Tulisan ini menyajikan studi penggunaan kopolimer tanin dari ekstrak kulit kayu mahoni sebagai perekat kayu laminasi. Metode penelitian mencakup formulasi dan pengujian sifat fisiko-kimia perekat, pembuatan dan pengujian kualitas produk perekatan, dan analisis data. Perlakuan yang dikenakan dalam penelitian ini berupa perbedaan formula perekat, jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku, dan jenis produk yang dibuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk kopolimerisasi tanin ekstrak dari kulit kayu mahoni dapat digunakan sebagai perekat dalam pembuatan kayu laminasi berupa balok (*glulam*) dan papan lamina (*laminated board*) dari tiga jenis kayu, yaitu: tusam (*Pinus merkusii*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), dan sengon (*Falcateria moluccana*). Kualitas perekatan dan sifat mekanik kedua jenis produk tersebut sebanding dengan produk sejenis berperekat impor serta tergolong tipe eksterior rendah emisi formaldehida kategori F** atau F***, dengan formula perekat T:R:F = (1:0,025:0,1)%, dan T:K:F = (1:0,03:0,1)%.

Kata kunci : Perekat tanin, ekstrak kulit kayu mahoni, kopolimer, kayu laminasi

I. PENDAHULUAN

Perekat berbasis bahan alami dari sumber daya nabati di masa yang akan datang diperkirakan akan semakin berperan sebagai substitusi jenis perekat sintesis berbahan baku dari produk proses pengolahan minyak bumi yang ketersediaannya semakin berkurang, sementara harganya terus meningkat, dan sampai saat ini masih diimpor guna memenuhi kebutuhan industri pengolahan kayu, khususnya kayu komposit seperti glulam, papan sambung (*finger joint laminated board*, FJLB), atau produk perekatan kayu lainnya. Berbagai penelitian guna menemukan jenis bahan baku baik dari nabati maupun hewani untuk keperluan perekat kayu telah banyak dilakukan. Perekat berbahan baku nabati umumnya dibuat dari jenis tanin kondensat, yang di antaranya diperoleh dari zat ekstraktif kulit pohon akasia (*Acacia decurrens*, *A. mangium*), bakau (*Rhizophora* spp.) dan tancang (*Prunella* spp.) (Santoso, 2011; Santoso, Hadi, & Malik, 2012; Hendrik, Hadi, Massijaya, & Santoso, 2016). Zat ekstraktif dari serbuk kayu merbau (*Intsia* spp.) yang dominan mengandung resorsinol (Santoso, Hadi, & Malik, 2014; Malik, Santoso, Mulyana, & Ozarska, 2016), dan lignin dari sisa proses pemasakan kayu di pabrik kertas (Santoso, 2011). Perekat berbahan baku hewani yaitu ekstrak dari limbah kulit dan tulang sapi (Rio, 2014; Wulandari, 2016) yang dikenal sebagai kak.

Dalam upaya menemukan lebih banyak lagi sumber daya nabati yang berpotensi sebagai bahan baku perekat kayu, serta mencegah ketergantungan bahan baku tanin terhadap kulit dari jenis pohon tertentu lebih lanjut dilakukan penelitian terhadap tanin dari kulit pohon mahoni (*Swietenia macrophylla*), yang mengandung senyawa katekin, epikatekin, dan krofilanin (Falah, Suzuki, & Katayama, 2008; Santoso & Abdurachman, 2016). Hasil penelitian Lestari (2018) menunjukkan bahwa jenis tanin dari kulit kayu mahoni tergolong tanin hidrolisat, namun demikian kedua jenis tanin mahoni tersebut dapat diformulasi menjadi perekat kayu (Santoso & Abdurachman, 2016; Lestari, Hadi, Hermawan, & Santoso, 2018).

Penelitian ini mempelajari ujicoba aplikasi perekat tanin dari ekstrak kulit kayu mahoni dengan 2 (dua) macam formula, yang masing-

masing digunakan untuk memproduksi kayu laminasi dari tiga jenis kayu dengan dua jenis produk perekatan di salah satu industri pengolahan kayu di daerah Sukabumi, Jawa Barat.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kayu mahoni, kayu tusam (*Pinus merkusii*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), dan sengan (*Falcataria moluccana*) yang berasal dari hutan rakyat di Sukabumi, dan resin kristal kak (produk ekstrak kulit dan tulang sapi) yang diperoleh dari pasar. Bahan kimia yang digunakan yaitu resorsinol, NaOH 40%, formalin 37% serta aquades. Peralatan yang digunakan antara lain penangas air, *beaker glass*, gelas ukur, *stopwatch*, timbangan, *viscostester*, oven, cawan petri, spektrofotometer UV-VIS dan piknometer.

B. Metode Penelitian

1. Formulasi Perekat

Proses ekstraksi dilakukan dengan merendam kulit kayu mahoni dalam ekstraktor berisi air dengan perbandingan 1:4 (b/b) dan dipanaskan pada suhu 80–90°C selama 3 jam. Ekstrak yang diperoleh dipisahkan dari serbuknya melalui penyaringan. Ekstraksi diulang sebanyak tiga kali dengan volume air yang sama. Filtrat dari ekstrak tanin mahoni sebagian dikristalisasi dengan *spray drier*.

Kopolimerisasi tanin dari ekstrak kulit kayu mahoni dilakukan mengacu pada hasil penelitian Basri, Balfas, dan Santoso (2017), yaitu ramuan perekat tanin dengan nisbah T:R:F = (1:0,25:1) mol atau (1:0,025:0,1)% dengan ekstender tepung tapioka sebanyak 2,5% dari berat perekat cair, dan T:F = (1:0,1)%, dengan campuran kak 3%. Reaksi di atas dilakukan pada kondisi basa (pH: 9 – 11) dengan penambahan larutan NaOH 40% sebagai katalis.

2. Pengujian Sifat Fisiko-Kimia Perekat

Hasil dari setiap formulasi tersebut diuji sifat fisiko-kimia dengan pembandingan perekat phenol-resorsinol-formadehida (PRF) (Akzonobel, 2017).

Pengujian mencakup: penentuan viskositas, bobot jenis, visual, pH, dan kadar padatan (SNI 01-4449, 1998).

3. Pembuatan Produk Perekatan

a. Balok sambung laminasi

Uji coba aplikasi perekat pada pembuatan produk yang dilakukan di daerah Sukabumi (Jawa Barat) ini disesuaikan dengan masa produksi yang berlangsung di industri tersebut. Proses pembuatan produk ini pada dasarnya mirip dengan pembuatan kayu laminasi hanya bahan bakunya berupa papan dengan ukuran panjang yang tidak seragam sehingga untuk memperoleh ukuran produk utuh (300 cm x 12 cm x 6 cm) dilakukan penyambungan, dengan bentuk sambungan lidah. Dimensi penyusun balok laminasi bervariasi, dengan panjang 58–190 cm, lebar dan tebal masing-masing 6 cm dan 2 cm. Pengempaan dilakukan selama lebih kurang 3 jam pada suhu ruangan. Setiap jenis kayu dibuat 4 contoh produk sebagai ulangan.



Gambar 1. Contoh produk balok lamina
Figure 1. Sample product of laminated beam

b. Papan lamina (*Joint board wood*, FJW)

Pembuatan papan sambung pada prinsipnya sama dengan pembuatan kayu lamina, hanya pada papan sambung perekatan dilakukan pada satu arah memanjang bilah. Papan lamina yang dibuat berukuran jadi 150 cm x 60 cm x 2 cm dari bilah berukuran 150 cm x 10 cm x 2 cm. Pengempaan dilakukan selama kurang lebih tiga jam pada suhu ruangan. Setiap jenis kayu dibuat empat contoh produk sebagai ulangan.



Gambar 2. Contoh produk papan sambung lamina
Figure 2. Product sample of joint laminated board

4. Pengujian Sifat Fisis-Mekanis dan Emisi Formaldehida Kayu Laminasi

Produk perekatan yang diperoleh diuji sifat fisik mekanisnya meliputi kadar air dan kerapatan, keteguhan rekat, keteguhan patah, keteguhan lentur, dan emisi formaldehida dengan mengacu kepada standar Jepang (JAS, 2007).

C. Analisis Data

Data hasil pengujian ditabulasi dan dirata-ratakan. Analisis dilakukan secara deskriptif dan statistik untuk mengetahui karakteristik perekat dan mutu rekat. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial 2 x 3 x 2 dengan empat kali ulangan. Faktor pertama formula perekat (A) terdiri atas 2 taraf (T:R:F = (1:0,025:1)% dan T:K:F = (1:0,3:1)%), faktor kedua jenis kayu (B) terdiri atas 3 taraf (jabon, sengon dan tusam) dan faktor ketiga jenis produk perekatan (C) terdiri atas 2 taraf (balok lamina dan papan sambung) dengan model rancangan mengacu pada Sudjana (2006), sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (BC)_{jk} + (AC)_{ik} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan (*Remarks*): Y_{ijkl} = Pengamatan pengaruh faktor A ke-i, faktor B ke-j, faktor C ke-k pada ulangan ke-l; μ = Rata-rata harapan; A_i = Pengaruh formula perekat ke-I; B_j = Pengaruh Jenis kayu ke-j; C_k = Pengaruh Jenis produk ke-k; $(AB)_{ij}$ = Interaksi antara faktor A ke-i dan faktor B ke-j; $(BC)_{jk}$ = Interaksi antara faktor B ke-j dan faktor

C ke-k; $(AC)_{ik}$ = Interaksi antara faktor A ke-i dan faktor C ke-k; $(ABC)_{ijk}$ = Interaksi antara faktor A ke-i, faktor B ke-j, dan faktor C ke-k; ε_{ijkl} = Pengaruh galat percobaan faktor A ke-i, faktor B ke-j, faktor C ke-k pada ulangan ke-l; I = 1 dan 2 (formula perekat); j = 1, 2 dan 3 (jenis kayu); k = 1 dan 2 (jenis produk); l = 1, 2, 3, 4 (ulangan)

Untuk melihat pengaruh faktor formula perekat, jenis kayu, dan jenis produk, dilakukan analisis ragam dari data hasil pengamatan, menggunakan uji F, pada tingkat kepercayaan 95% (nyata) dan 99% (sangat nyata) dengan membandingkan F_{tabel} dan F_{hitung} . Bila $F_{hitung} > F_{tabel}$, yang berarti pengaruh perlakuan terhadap setiap respon yang diuji memberikan pengaruh nyata, maka selanjutnya dilakukan uji lanjut Tukey (Steel & Torrie, 1992).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Formulasi dan Karakterisasi Sifat Fisiko-Kimia Perekat

Karakteristik perekat hasil formulasi disajikan dalam Tabel 1. Formulasi dari kedua bahan aditif berupa resorsinol dan kak dalam kopolimerisasi tanin, masing-masing menghasilkan karakter perekat yang berbeda terutama dalam hal kadar padatan dan waktu tergelatinasi. Perbedaan kadar padatan TRF yang lebih rendah dibandingkan dengan TKF diduga karena bobot molekul resorsinol sebagai monomer lebih rendah

dibanding bobot molekul kak sebagai ekstrak dari limbah kulit dan tulang sapi yang komponen utama kimianya terdiri atas campuran polimer protein, lemak dan lipid (Rio, 2014; Wulandari, 2016).

Rendahnya kadar padatan perekat ini berimbas pada semakin singkatnya waktu tergelatinasi perekat. Selain itu, penggunaan kak (pH = 7,02) sebagai substitusi resorsinol menurunkan pH pada ramuan perekat tanin mahoni sehingga mempercepat reaksi kopolimerisasi, meningkatkan kadar padatan (*solid content*) dan kekentalannya, selanjutnya mengurangi waktu tergelatin perekat (Tabel 1). Konsekuensi dari hal tersebut, kedua formula perekat tanin dalam hal aplikasi terhadap kayu harus diperlakukan berbeda karena *potlife*-nya berbeda. Vick (1999) mengemukakan bahwa ikatan rekat maksimum dapat tercapai jika perekat mampu membasahi semua permukaan adheren sehingga terjadi kontak antara molekul perekat dan molekul kayu. Peningkatan kadar resin padat cenderung meningkatkan kualitas perekatan, namun demikian *potlife* yang terlalu singkat akan menyebabkan perekat terlalu cepat mengering sebelum terjadi kontak antara molekul perekat dan molekul kayu, sehingga keteguhan rekatnya akan rendah.

Kadar formaldehida bebas menggambarkan adanya kelebihan formaldehida yang tidak bereaksi dalam pembentukan suatu polimer (SNI 01-4449, 1998).

Tabel 1. Ikhtisar karakteristik perekat dari ekstrak kulit kayu mahoni
Table 1. The properties of mahogany bark extract adhesives

No.	Sifat (Properties)	Formula perekat (Glue formula)		Pembanding (Standard) PRF
		TRF	TKF	
1.	Uji visual (<i>Visual test</i>): • Bentuk (<i>Phase</i>) • Warna (<i>Colour</i>)	cair merah-cokelat	cair merah-cokelat	cair merah-cokelat
2.	Kekentalan (<i>Viscosity, poise</i>)	6,3	14,5	3,40
3.	Kemasaman (pH)	11	10	8
4.	Bobot jenis (<i>Specific gravity</i>)	1,09	1,31	1,15
5.	Kadar padatan (<i>Solid content, %</i>)	18,72	21,37	54,21
6.	Waktu tergelatinasi (<i>Gelatinous time, minutes</i>)	115	45	25
7.	Formaldehida bebas (<i>Free formaldehyde, %</i>)	0,03	0,01	0,04

Keterangan (*Remarks*): TRF = tanin resorsinol formaldehida (*Tannin resorcinol formaldehyde*), TKF = Tanin formaldehida dengan kak (*Tannin formaldehyde with kak*), PRF = phenol resorsinol formaldehida (*Phenol Resorcinol Formaldehyde*)

Tabel 2. Sifat fisis-mekanis dan emisi formaldehida kayu laminasi
Table 2. Physical-mechanical properties and formaldehyde emission of laminated wood

Formula Perekat (Glue formula, A)	Jenis kayu (Wood type, B)	Jenis produk (Wood type, C)	Parameter Uji (<i>Test parameters</i>)						
			Kadar Air (<i>Moisture content</i> , %)	Kerapatan (<i>Density</i> , g/cm³)	Keteguhan Rekat (<i>Bonding strength</i> , kg/cm²)		MOR (kg/cm²)	MOE (x 1000 kg/cm²)	Emisi Formal-dehida (<i>Formal- dehyde emission</i> , mg/L)
					Kering	Basah			
TRF (a1)	Jabon (b1)	BL (c1)	12,36	0,34	53,78	9,36	909,59	69.920,4	0,52
		FJB (c2)	11,73	0,32	34,55	9,72	488,08	53.354,2	0,20
	Sengon (b2)	BL (c1)	11,56	0,29	40,31	29,17	625,27	58.868,5	0,46
		FJB (c2)	10,59	0,29	18,52	14,02	372,03	48.224,7	0,21
	Tusam (b3)	BL (c1)	11,14	0,44	42,73	12,32	768,73	82.408,7	0,83
		FJB (c2)	10,89	0,42	32,42	7,55	452,33	56.705,2	0,32
TKF (a2)	Jabon (b1)	BL (c1)	12,18	0,55	45,61	17,01	901,49	84.465,4	0,47
		FJB (c2)	11,95	0,49	28,50	15,62	477,88	48.385,6	0,45
	Sengon (b2)	BL (c1)	12,09	0,29	35,00	17,58	665,83	91.303,7	0,48
		FJB (c2)	11,73	0,29	33,24	17,41	315,45	49.860,0	0,45
	Tusam (b3)	BL (c1)	10,79	0,47	39,63	15,23	855,09	76.362,2	0,03
		FJB (c2)	7,97	0,45	39,53	20,06	470,96	49.808,6	0,05

Penetapan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah kelebihan formaldehida yang tidak bereaksi dalam pembentukan perekat, dan tingkat emisi yang kemungkinan terjadi sebagai akibat formaldehida yang dilepaskan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa formaldehida bebas yang terjadi dalam reaksi kopolimerisasi pembentukan kedua jenis perekat dalam penelitian ini, lebih rendah daripada perekat PRF, namun demikian seluruhnya masih dalam batas aman karena kurang dari 3% seperti yang disyaratkan bagi perekat yang mengandung formaldehida (SNI 01-4449, 1998). Dengan demikian diduga bahwa bila perekat ini digunakan pada kayu lamina atau produk perekatan lainnya, maka emisi formaldehida dari produk perekatan tersebut akan rendah.

B. Uji Coba Aplikasi Perekat pada Pembuatan Kayu Laminasi

Produk kayu komposit dalam bentuk laminasi dibuat dalam tiga kelompok perlakuan, yakni 2 jenis formula perekat, 3 jenis kayu dan 2 jenis produk laminasi. Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisis-mekanis dan emisi formaldehida serta analisis ragam dari masing-masing produk disajikan pada Tabel 2 dan 3.

1. Kadar Air dan Kerapatan

Perlakuan dalam aplikasi kopolimer ekstrak cair kulit kayu mahoni produk kayu komposit ini secara kualitatif menghasilkan pengaruh yang

berbeda terhadap setiap parameter uji. Kadar air dan kerapatan kayu komposit ini sangat nyata dipengaruhi oleh jenis kayu yang digunakan (kerapatan bahan baku masing-masing jenis kayu penyusun kayu komposit: jabon: 0,31 g/cm³, sengon: 0,27 g/cm³, tusam: 0,44 g/cm³), namun tidak dipengaruhi oleh formula perekat maupun jenis produk yang dibuat.

Hasil uji beda lanjut (Tabel 3), menunjukkan bahwa kadar air produk yang dibuat dari jenis kayu jabon tidak berbeda nyata dengan kayu sengon. Hal ini diduga karena pada setiap jenis produk yang dibuat masih terdapat rongga di antara sambungan (*joint*) yang tidak terisi penuh oleh perekat. Secara keseluruhan kadar air produk yang dibuat telah memenuhi persyaratan SNI 0-5008.2 (2000), maupun standar Jepang karena nilainya masing-masing kurang dari 14% (SNI 0-5008.2, 2000) dan 15% (JAS, 2007), namun kerapatannya tergolong rendah (< 0,5 g/cm³).

2. Keteguhan Rekat

Keteguhan rekat (uji kering) tidak dipengaruhi oleh jenis perekat, melainkan sangat dipengaruhi oleh jenis kayu yang digunakan dan jenis produk yang dibuat. Nilai rata-rata keteguhan rekat produk berupa balok lamina (35–53,78 kg/cm²), secara keseluruhan lebih besar dibandingkan produk papan sambung, yaitu sebesar 18,52–39,53 kg/cm². Hal ini diduga akibat perbedaan luas bidang rekat yang dikempa. Balok lamina memiliki luas bidang rekat yang lebih besar

dibandingkan dengan papan sambung, sehingga penetrasi perekat lebih banyak dan ikatan antar molekul perekat dengan sirekat lebih kuat.

Nilai keteguhan rekat hasil uji coba ini lebih besar bila dibandingkan dengan produk sejenis yang direkat dengan perekat komersial fenol-, resorsinol-, maupun fenol resorsinol formaldehida komersial, seperti Aerodux 500, Cony bond KR 15Y dan PA 302, yang menghasilkan nilai keteguhan rekat (uji kering) antara 21,77–25,87 kg/cm² untuk produk lamina dari kayu campuran meranti merah (*Shorea* spp.), jati (*Tectona grandis*), merawan (*Hopea* spp.) kamper (*Dryobalanops* spp.) dan matoa (*Pometia* spp.) (Sadiyo, 1989). Hasil penelitian ini setara dengan glulam dari jenis kayu pangsor (BJ = 0,33) berperekat fenolik dari ekstrak kayu merbau (Santoso, Hadi, & Malik, 2016) yang rata-rata mencapai 36,04 kg/cm² (uji kering).

Dalam kondisi uji basah (tipe eksterior), tidak ada contoh uji yang terdelaminasi (0%). Nilai rata-rata keteguhan rekat produk berupa balok lamina (9,36–29,72 kg/cm²), dan papan sambung (7,55–20,06 kg/cm²), sementara contoh uji yang menggunakan perekat dari industri pengolahan kayu seluruhnya mengalami delaminasi (100%). Keteguhan rekat produk laminasi sangat dipengaruhi oleh ketiga faktor perlakuan. Formula perekat termasuk salah satu faktor yang berperan penting dalam menentukan kualitas rekat produk laminasi karena setiap formula menghasilkan *solid content* dalam arti molekul-molekul yang terkandung (khususnya gugus -OH) dalam resinnya yang berbeda. Dengan demikian semakin tinggi kadar *solid content* perekat, semakin banyak molekul-molekul perekat yang akan bereaksi dengan kayu ketika berlangsung proses perekatan, sehingga tercipta daya tarik intermolekul antara kayu dengan perekat yang berikatan lebih sempurna dan keteguhan rekat produknya menjadi lebih baik (Santoso & Abdurachman, 2016).

Faktor jenis kayu berperan pula dalam menentukan kualitas produk perekatan. Menurut Martawijaya, Kartasujana, Mandang, Prawira, dan Kadir (2014), setiap jenis kayu memiliki perbedaan dalam hal kerapatan (jabon = 0,42 g/cm³, sengon = 0,33 g/cm³, dan tusam = 0,55) dan

kadar zat ekstraktif khususnya yang bersifat non polar (jabon = 4,7%, sengon = 3,4%, dan tusam = 6,3%). Jenis kayu yang berkerapatan rendah memiliki dinding sel yang lebih tipis dengan pori-pori yang lebih besar dibandingkan jenis kayu yang berkerapatan tinggi. Kayu yang mempunyai tingkat porositas tinggi (kerapatan rendah) akan mendukung mobilitas cairan perekat yang tinggi pula, sebaliknya kayu yang berporositas rendah (kerapatan tinggi) mengakibatkan cairan perekat mempunyai tingkat mobilitas yang rendah. Ini berarti kayu berporositas rendah membutuhkan jumlah minimum perekat yang dilaburkan lebih sedikit dibandingkan perekat terlabur untuk kayu-kayu yang berporositas tinggi.

Faktor penting lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas produk perekatan adalah ekstraktif kayu, yang terdiri atas bermacam-macam jenis bahan kimia yang biasanya dapat larut pada pelarut netral seperti air, alkohol, benzena dan pelarut netral lainnya. Dari berbagai macam bahan penyusun ekstraktif kayu terdapat kelompok bahan kimia yang merugikan atau menghambat perekatan kayu, seperti asam lemak (*fatty acid*), lemak (*fat*), asam resin (*resin acid*), dan hampir semua bahan yang bersifat menolak air (*water repellent chemicals*). Zat ekstraktif terdapat dalam rongga sel dan dapat dikeluarkan dengan jalan ekstraksi. Untuk mengatasi kegagalan perekatan pada kayu yang mengandung zat ekstraktif tinggi, salah satu di antaranya dengan mengurangi zat ekstraktif melalui perebusan atau pengukusan kayu (Sutigno, Sulastiningsih, & Iskandar, 2013). Setiap jenis produk perekatan memiliki kualitas yang berbeda oleh karena salah satunya dipengaruhi oleh susunan komponen bahan bakunya. Produk lamina yang mengandung lebih banyak kayu utuh (tanpa sambungan) sebagai komponen penyusunnya akan berkualitas lebih baik dibandingkan dengan produk perekatan yang komponen penyusunnya mengandung banyak sambungan.

Hasil uji beda lanjut (Tabel 4), menunjukkan bahwa keteguhan rekat (uji kering) produk yang dibuat dari jenis kayu jabon setara dengan kayu komposit tusam. Sementara nilai keteguhan rekat produk laminasi sengon yang diuji dalam kondisi basah setara dengan glulam dari jenis

kayu pangsor dengan perekat dari ekstrak kayu merbau (Santoso et al., 2016) yang rata-rata mencapai 19,19 kg/cm² (uji basah). Secara keseluruhan kualitas rekat produk laminasi ini juga setara dengan hasil penelitian Lestari (2018) yang membuat glulam dari ketiga jenis kayu yang sama menggunakan perekat mahoni dengan formula yang berbeda. Nilai keteguhan rekat produk yang diperoleh sama-sama masih di bawah standar Jepang (JAS 234, 2003) karena nilainya <54 kg/cm². Rendahnya nilai keteguhan rekat produk ini dikarenakan jenis bahan baku yang digunakan berasal dari pohon yang belum masak tebang (berumur muda) dengan diameter pohon <30 cm.

3. Keteguhan Patah dan Keteguhan Lentur

Keteguhan patah (MOR) produk kayu komposit serupa dengan keteguhan rekatnya (uji kering), yakni sangat dipengaruhi oleh jenis kayu yang digunakan dan jenis produk yang dibuat. Berdasarkan hasil uji beda lanjut (Tabel 4), nilai tertinggi diperoleh dari produk komposit tusam, diikuti oleh sengon dan jabon. Hal ini diduga terkait dengan kerapatan dari bahan baku yang digunakan. Jenis-jenis kayu yang berkerapatan tinggi memiliki dinding sel yang lebih tebal dengan tingkat porositas yang lebih sedikit dibandingkan dengan jenis-jenis kayu yang berkerapatan rendah, sehingga cenderung lebih kuat. Fenomena ini serupa dengan hasil penelitian Lestari (2018). Secara keseluruhan keteguhan patah produk kayu komposit dalam bentuk balok lamina lebih tinggi dibandingkan dengan papan lamina, dan rata-rata memenuhi persyaratan standar Jepang karena nilainya >300 kg/cm² (JAS, 2007). Hal ini wajar karena balok lamina memiliki dimensi (khususnya dalam hal ketebalan) yang lebih besar dibandingkan dengan papan lamina.

Keteguhan lentur (MOE) produk kayu komposit penelitian ini tidak dipengaruhi oleh ketiga faktor perlakuan yang diberikan. Hal ini disebabkan antara lain karena umur kayu yang digunakan relatif muda (< 5 tahun), sehingga dengan perlakuan pengempaan pada saat pembuatan produk perekatan dicapai kerapatan yang relatif sama, yang berakibat terhadap sifat

lenturnya tidak berbeda nyata. Namun demikian bila mengacu kepada ketentuan standar, produk dalam bentuk balok lamina memiliki nilai rata-rata keteguhan lentur yang memenuhi persyaratan standar Jepang, karena nilai MOE-nya >75.000 kg/cm² (JAS, 2007) sementara produk papan lamina nilai MOE-nya < 75.000 kg/cm².

Fenomena serupa dengan keteguhan lentur, terjadi pula pada emisi formaldehida produk komposit, yakni tidak dipengaruhi oleh ketiga faktor perlakuan yang diberikan. Produk dalam bentuk balok lamina memiliki nilai rata-rata emisi formaldehida lebih besar dibanding papan lamina. Namun secara keseluruhan kedua produk tersebut memenuhi persyaratan standar Jepang, karena nilainya 0,7–2,1 mg/L dengan tingkat keamanan tergolong F** dan F***.

Perekat yang digunakan di industri pengolahan kayu yang memproduksi kayu laminasi menggunakan *Phenol Resorsinol Formaldehida* (PRF) dan/atau poliuretan (PU) dengan bobot labur 200 g/m² permukaan, dengan masa kempa 1–3 jam untuk perekat PU, dan 3–24 jam untuk perekat PRF.

Aplikasi perekat tanin dalam uji coba di industri pengolahan kayu memerlukan bobot labur 170 g/m² permukaan dengan masa kempa 3 jam, sehingga dari aspek efisiensi penggunaan perekat tanin lebih hemat dibanding PRF maupun PU. Pemanfaatan kulit mahoni akan berdampak terhadap nilai tambah tanaman mahoni, selain berkurangnya beban pencemaran lingkungan akibat berkurangnya limbah dan emisi gas formaldehida dari produk perekatannya sehingga akan menekan efek pemanasan global dan terciptanya teknologi yang ramah lingkungan (*green technology*) (Santoso & Hadi, 2009), pemanfaatan perekat tanin mahoni juga prospektif dalam mengurangi ketergantungan terhadap kebutuhan perekat sintetis impor. Teknologi pembuatan perekat tanin relatif sederhana, maka patut dipertimbangkan untuk mendirikan industri tersebut dalam skala menengah (UKM) dengan melibatkan masyarakat di sekitar lokasi hutan tanaman guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar hutan dan menambah pendapatan daerah.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan formula perekat tanin untuk aplikasi kayu komposit berbahan baku dari jenis kayu cepat tumbuh (tusam, jabon, sengon) yaitu T:R:F = (1:0,025:0,1)%, dan T:K:F = (1: 0,03: 0,1) %. Hasil uji coba di industri pengolahan kayu, kedua formula perekat tersebut secara teknis memungkinkan untuk diaplikasikan pada pembuatan kayu komposit pada skala pabrik. Produk perekatan yang menggunakan perekat tanin mahoni memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap cuaca (tergolong tipe eksterior) dan lebih hemat dalam penggunaannya dibandingkan perekat yang digunakan di industri tempat ujicoba dilakukan.

A. Saran

Pada skala industri, formula perekat yang memungkinkan untuk memproduksi kayu laminasi dari jenis kayu jabon, sengon, dan tusam adalah formula campuran T:R:F = (1:0,025:0,1)% yang ditambahkan tapioka 2,5% dengan metode kempa dingin selama 3 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) yang telah membiayai penelitian melalui sumber dana DIPA P3HH tahun 2017 serta para teknisi di laboratorium Kelti Pemanfaatan Hasil Hutan yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh AS; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh AS; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh AS; penulisan manuskrip oleh AS, EB, dan JB; perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh AS, EB, dan JB.

DAFTAR PUSTAKA

- Akzonobel. (2017). Synteko phenol-resorcinol adhesive 1711 with hardeners 2734, casco adhesive (Asia). doi: 10.3923/pjbs.2008.2007.2012.
- Basri, E., Balfas, J., & Santoso, A. (2017). Formulasi bahan penunjang industri dari material organik. *Laporan Hasil Penelitian Tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Falah, S., Suzuki, T., & Katayama, T. (2008). Chemical constituents from *Swietenia macrophylla* bark and their antioxidant activity. *Pakistan Journal Biological Science*, 16, 2007–2012. doi: 10.3923/pjbs.2008.2007.2012.
- Hendrik, J., Hadi, Y. S., Massijaya, Y., & Santoso, A. (2016). Properties of laminated composite panels made from fast-growing species glued with mangium tannin adhesive. *BioResources*, 11(3), 5949–5960. doi: 10.15376/biores.11.3.5949-5960.
- Japanese Agricultural Standard (JAS). (2003). *Glued laminated timber* (JAS 234-2003). Japanese Plywood Inspection Corporation (JPIC), Tokyo.
- Japanese Agricultural Standard (JAS). (2007). *Glued laminated timber* (JAS 234-2007). Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Tokyo.
- Lestari, A. S. R., Hadi, Y. S., Hermawan, D., & Santoso, A. (2018). Physical and mechanical properties of glued laminated lumber of pine (*Pinus merkusii*) and jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Journal of Korean Wood Science Technology*, 46(2), 143–148. doi: 10.5658/WOOD.2018.46.2.143.
- Lestari A.S.R.D. (2018). *Sintetis dan karakterisasi perekat tanin mahoni untuk balok glulam dari kayu cepat tumbuh*. (Disertasi). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Malik, J., Santoso, A., Mulyana, Y., & Ozarska, B. (2016). Characterization of merbau extractives as a potential wood-impregnating material. *BioResources*, 11(3), 7737–7753. doi: 10.15376/biores.11.3.7737-7753.

- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Mandang, Y. I., Prawira, S. A., & Kadir, K. (2014). *Atlas kayu Indonesia Jilid II*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan.
- Rio, B. (2014). Cara mudah mengetahui jenis-jenis bahan perekat kayu. Diakses dari <http://www.Jejaaring.Web.Id/Cara-Mudah-Mengetahui-Jenis-Jenis-Bahan-Perekat-Kayu/Untuk-Home-Industri/>, pada 20 April 2014.
- Sadiyo, S. (1989). *Pengaruh kombinasi jenis kayu dan jenis perekat terhadap sifat fisis dan mekanis panel diagonal lambung kapal*. (Thesis). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Santoso, A. & Abdurachman. (2016). Karakteristik ekstrak kulit kayu mahoni sebagai perekat kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(4), 269–284. doi: 10.20886/jphh.2016.34.4.269-284.
- Santoso, A. & Hadi, Y. (2009). Tannin resorcinol formaldehyde as potential glue for plybamboo manufacture. Dalam *Asia and the Pacific Forest Products Workshop "Green Technologies and Products for Climate Change Mitigation and Adaptation"*. 14–16 December, Kolombo, Sri Lanka.
- Santoso, A., Hadi, Y. S., & Malik, J. (2012). Tannin resorcinol formaldehyde as potential for the manufacture of plybamboo. *Journal of Forestry Research*, 9(1), 0216–0919. doi: 10.20886/ijfr.2012.9.1.10-15.
- Santoso, A., Hadi, Y. S., & Malik, J. (2016). Characterization of merbau wood extract used as an adhesive in glued laminated lumber. *Forest Products Journal*, 66(5), 313–318. doi: 10.13073/FPJ-D-15-00080.
- Santoso, A. (2011). Tanin dan lignin dari *Acacia mangium* Willd. sebagai bahan perekat kayu majemuk masa depan. *Orasi Pengukuban Profesor Riset Bidang Pengolahan Hasil Hutan, 25 Oktober 2011*. Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan.
- Santoso, A., Hadi, Y. S., & Malik, J. (2014). Composite flooring quality of combined wood species using adhesive from merbau wood extract. *Forest Products Journal*, 64(5–6), 179–186. doi: 10.13073/FPJ-D-13-00051.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (1998). *Emisi formaldehida pada panel kayu*. SNI 01-4449:1998. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2000). *Venir laminasi* (SNI-5008.9-2000). Badan Standardisasi Nasional.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. (1992). *Principles and procedure of statistic*. New York: Mc. Graw Hill Book Company.
- Sudjana. (2006). *Desain dan analisis eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sutigno, P., Sulastiningsih, I. M., & Iskandar, M. (2013). *Proses pembuatan kayu lapis*. Puslitbang Keteknikan dan Pengolahan Hasil Hutan, Badan Litbang Kehutanan, Bogor.
- Vick. (1999). Adhesive bonding of wood material. *Wood Handbook, Wood as an engineering material*. Chapter IX. USA: Forest Product Society.
- Wulandari S. (2016). *Karakterisasi perekat dari limbah kulit sapi*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.

