

## **PENGARUH *HARDENER* DAN *EXTENDER* DALAM PEREKAT TANIN RESORSINOL FORMALDEHIDA TERHADAP EMISI FORMALDEHIDA KAYU LAPIS**

*(Effect of Hardener and Extender in Tannin Resorcinol Formaldehyde Adhesive on Plywood Formaldehyde Emission)*

M I Iskandar<sup>1</sup>, Dina Alva Prastiwi<sup>2</sup>, & Nina Wiyantina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Puslitbang Hasil Hutan-Bogor

<sup>2</sup>Jurusan Kimia Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon-Cilegon

<sup>3</sup>SMA SMAKBO-Bogor

E-mail: mi.iskandar53@gmail.com

### **ABSTRAK**

Tanin yang diekstrak dari kulit kayu mangium dapat dijadikan perekat kayu bila dikopolimerisasi dengan resorsinol dan formaldehida pada pH basa sehingga terbentuk perekat TRF. Perekat TRF dapat diramu dengan penambahan bahan aditif *hardener* sebagai pengeras dan juga *extender* yang ditambahkan untuk mengurangi biaya perekatan kayu lapis. Perekat TRF seperti perekat formaldehida lainnya, akan mengeluarkan emisi formaldehida yang dapat mengganggu kesehatan manusia seperti iritasi mata, pusing dan muntah-muntah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *hardener* dan *extender* dalam perekat TRF (Tanin Resorsinol Formaldehida) terhadap emisi formaldehida kayu lapis. *Hardener* yang digunakan adalah paraformaldehida dan *extender* yang digunakan adalah terigu, tapioka dan sagu. Ramuan perekat kemudian diaplikasikan pada kayu lapis dan diuji emisi formaldehidanya mengacu pada standar Jepang (JAS, 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan emisi formaldehida kayu lapis yang dibuat memenuhi persyaratan standar Jepang. Penambahan *hardener* dan *extender* dalam perekat TRF mempengaruhi emisi formaldehida kayu lapis. Semakin banyak *hardener* yang ditambahkan, maka emisi formaldehida akan semakin tinggi dan semakin banyak *extender* yang ditambahkan, maka emisi formaldehida kayu lapis akan semakin rendah.

**Kata kunci:** *hardener*, *extender*, emisi formaldehida, perekat.

### **ABSTRACT**

*Extractive tannin from mangium tree epidermis would become wood adhesive if copolymerized with resorcinol and formaldehyde in pH base until formed a TRF adhesive. TRF adhesive can be mix with increasing substance hardener and extender to reduce plywood cost adhesion. TRF adhesive like other formaldehyde adhesives, will produce formaldehyde emission that could interrupted human's health, such as eye*

**E-mail:** jurnal.itekima@stack.ac.id

*irritation, dizzy and vomit. The purpose of this research is to find out the influence of increasing hardener and extender in TRF adhesive to plywood formaldehyde emission. Para formaldehyde was used as hardener and extender that used was wheat flour, tapioca flour and starch flour. Mixed adhesives were applied on plywood and then plywood formaldehyde emission was tested ponder with Japanese Standard (JAS, 2003). The result of this research showed that all plywood had achieved the pre requisit of Japanese Standard. The increasing of hardener and extender in TRF adhesive influenced the plywood formaldehyde emission. The more hardener increased, the formaldehyde emission became higher and the more extender increased, the formaldehyde emission became lower.*

**Key words:** *hardener, extender, adhesive, formaldehyde emission.*

## **1. PENDAHULUAN**

Perekat sintesis kempa panas, seperti Urea Formaldehida (UF), Melamin Formaldehida (MF), dan Fenol Formaldehida (FF) masih digunakan oleh sebagian besar industri kayu di Indonesia untuk pembuatan kayu lapis dan papan partikel. Perekat yang memakai bahan formaldehida dalam campurannya akan melepaskan emisi formaldehida ke udara. Hal ini terjadi karena pada perekat tersebut terdapat formaldehida bebas, sehingga setelah menjadi kayu lapis, formaldehida tersebut akan terlepas sebagai emisi ke udara. Emisi formaldehida dalam kadar tertentu dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan seperti pusing, muntah-muntah, mata berair dan lain sebagainya (Roffael, 1993).

Bahan baku perekat tersebut diolah secara kimia dari hasil minyak bumi dan keberadaannya cenderung semakin berkurang di masa yang akan datang. Komponen perekat bisa mencapai 30% dari biaya produksi dalam industri kayu lapis dan papan partikel (Pizzi, 1998) sehingga perlu dicari alternatif pengganti bahan bakunya. Kini perhatian bahan baku dialihkan kembali pada bahan perekat alam seperti tanin (Maloney, 1977).

Tanin adalah suatu senyawa flavonoid polifenol alami dan terdapat dalam konsentrasi tinggi pada beberapa jenis tumbuhan, seperti akasia, eukaliptus, bakau (*Rhizophora spp*) dan tusam (Susanti, 2000) yang dapat digunakan sebagai penyamak (*tanning*), bahan pewarna, pengawet, obat tradisional dan bahan perekat (Achmadi dan Choong, 1992). Pada tanaman, tanin dapat dijumpai pada akar, kulit pohon, batang

**E-mail:** [jurnal.itekima@stack.ac.id](mailto:jurnal.itekima@stack.ac.id)

pohon, buah bahkan pada daun. Jenis pohon yang berbeda menghasilkan struktur tanin yang berbeda pula (Achmadi dan Aryetti, 1993). Beberapa negara telah menggunakan perekat berbahan dasar tanin pada tingkat percobaan untuk tahap produksi secara komersial. Sementara di Indonesia telah diteliti pembuatan perekat tanin dari kulit pohon Akasia (*Acacia decurrens* Willds), bakau (*Rhizophora spp*) dan tancang (*Prunilva spp*) (Brandts, 1953; Santoso, 1998; Santoso dan Pari, 2000; Santoso, 2001) dalam skala laboratorium untuk kayu lapis.

Hasil penelitian Santoso (2001) menunjukkan bahwa perekat berbasis tanin bisa dibuat dari bahan baku berupa cairan ekstrak tanin tanpa mengkristalkan taninnya terlebih dahulu untuk pembuatan venir lamina dengan suhu kempa dingin. Pembuatan perekat tanin formaldehida didasarkan pada reaksi antara tanin dengan formaldehida yang membentuk polimer. Dalam reaksi polimerisasi kondensasi antara tanin dengan formaldehida, dapat ditambahkan suatu bahan lain sebagai kopolimer, dengan tujuan untuk menurunkan biaya produksi atau sebagai *fortifier* (Pizzi, 1998).

*Hardener* dan *extender* merupakan komponen yang penting dalam perekat. *Hardener* digunakan untuk menambah kekerasan perekat dan *hardener* yang biasa digunakan adalah paraformaldehida. Paraformaldehida bila dipanaskan akan melepaskan formaldehida (Fessendens, 1990), sehingga dikhawatirkan akan meningkatkan emisi formaldehida dari produk perekatannya. *Extender* yang juga mempunyai sifat-sifat perekat bila ditambahkan ke dalam perekat akan mengurangi jumlah pemakaian perekat asli. Semakin banyak *extender* ditambahkan ke dalam perekat, maka akan semakin sedikit pemakaian perekat asli. *Extender* mengandung karbohidrat yang bersifat polar seperti halnya formaldehida, sehingga keberadaan *extender* dalam campuran perekat akan turut mengikat formaldehida dan diharapkan dapat meminimalisir emisi formaldehida dari produk perekatannya.

Penelitian ini bertujuan memperoleh data tentang pengaruh penambahan *hardener* dan *extender* dalam perekat TRF terhadap emisi formaldehida kayu lapis dan mendapatkan komposisi *hardener* dan *extender* dalam perekat TRF yang tepat untuk aplikasi pada kayu lapis yang beremisi formaldehida rendah.

## **2. BAHAN DAN METODE**

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit kayu mangium dari gudang limbah industri pulp, resorsinol teknis, formaldehida 37%, NaOH 50%, Iodin 0,05 M, HCl 36%, CH<sub>3</sub>COOH glasial, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1 N, asetil aseton, ammonium asetat, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1 N, KI 10%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p), kanji, air suling, *hardener* (paraformaldehida), *extender* (tepung terigu, tapioka dan sagu).

Alat yang diperlukan dalam percobaan ini adalah seperangkat alat gelas (labu erlenmeyer; gelas kimia 100, 500 ml; gelas ukur 10, 25, 500 ml, cawan petri, kaca gelas), batang pengaduk, pipet tetes, *water bath*, alat kempa, spektrofotometer UV-VIS, alat pelabur perekat, tanur, timbangan neraca analitik, pHmeter, *viscometer*, piknometer, oven.

### **Pembuatan Ekstrak Tanin**

Proses pembuatan ekstrak tanin mengacu pada prosedur Santoso (2001). Limbah kulit kayu mangium direndam dengan air panas (70 – 80 °C) dengan perbandingan bahan (kulit) : air (total) = 1 :3, dalam wadah ekstraktor. Ekstraksi dilakukan sebanyak tiga kali. Pemanasan dilakukan pada suhu 80-90°C selama 1 jam dan selama proses campuran diaduk 15 menit sekali, campuran didinginkan dan disaring, residu kembali diekstrak (ekstraksi kedua) seperti sebelumnya.

### **Sintesis Kopolimer Tanin Resorsinol Formaldehida**

Pembuatan kopolimer tanin resorsinol formaldehida (TRF) dilakukan dengan mengacu kepada Astu (2005), yaitu mereaksikan ekstrak tanin cair dalam larutan NaOH 50% dalam gelas piala, diaduk pada suhu ruangan sampai homogen. Larutan tersebut kemudian dibubuhi dengan resorsinol sedikit demi sedikit dan diaduk sampai homogen lalu dikondisikan dengan NaOH 50% sampai pH mencapai 11. Kemudian ditambahkan larutan formaldehida 37% sambil diaduk. Kemudian larutan NaOH 50% dimasukkan, dan campuran diaduk lagi sampai pH larutan mencapai pH 11. Pengujian sifat fisika-kimia perekat tanin antara lain kenampakan (visual), kadar padatan (*solid content*), kekentalan, dan keasaman (pH) sesuai dengan SNI (1998).

***E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id***

### **Aplikasi Perekat TRF pada Kayu Lapis**

Aplikasi perekat TRF pada kayu lapis mengacu pada prosedur Santoso (2001). Ramuan perekat TRF yang telah dibuat dengan berbagai variasi penambahan *hardener* dan *extender* kemudian diaplikasikan pada venir untuk dibuat kayu lapis dengan ukuran 40 x 40 cm (dengan bobot labur 170 g/m<sup>2</sup> pada setiap permukaan), dikempa dingin selama 10menit, kemudian dikempa panas dengan temperatur 140 °C selama 5 menit. Kemudian produk kayu lapis tersebut disimpan selama seminggu dan dipotong sesuai dengan ukuran yang disyaratkan untuk dilakukan pengujian yang terdiri atas kadar air dan emisi formaldehida dengan cara WKI (Roffael, 1993),

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial (A x B x C) dengan 4 ulangan. Faktor A adalah jenis *extender* yang digunakan (3 taraf: terigu, tapioka, sagu), faktor B adalah kadar *extender* (4 taraf: 0 - 20%) dan faktor C adalah kadar *hardener* (4 taraf: 0 – 2,0 %)(Sudjana, 2006).

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Sifat Fisika-Kimia Perekat TRF**

Perekat TRF dibuat dengan mencampurkan ekstrak tanin cair dengan resorsinol dan formaldehida pada pH 11. Ekstrak tanin cair yang digunakan didapatkan dari hasil ekstraksi limbah kulit pohon mangium. Hasil pengujian sifat fisika-kimia perekat TRF tercantum dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Sifat fisika-kimia perekat TRF**

Parameter	TRF	Standar Perekat PF*
Kadaan	( + )	( + )
Bahan Asing	( - )	( - )
Kadar resin padat (%)	32,72	40 - 45
Viskositas (25°C, poise)	0,88	1,3-3,0
Keasaman (pH)	10,62	10,0-13,0
Bobot jenis	1,14	1,16-1,20

*Keterangan: \*) Sumber: SNI (1998); ( + ) Cairan berwarna coklat sampai hitam, berbau khas; ( - ) Tidak ada*

Uji visual dan keberadaan benda asing dalam perekat dilakukan dengan mengamati langsung perekat TRF yang dibuat. Hasil pengamatan menunjukkan perekat TRF mempunyai warna coklat tua dengan permukaan halus dan mengkilap dan tidak ditemukan adanya zat asing.

Kadar padatan perekat meng-identifikasikan banyaknya jumlah partikel dalam perekat. Semakin banyak partikel perekat yang bereaksi dengan kayu pada proses perekatan akan meningkatkan keteguhan rekatnya. Kadar padatan perekat yang didapatkan sebesar 32,72 %, setara dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu 32,40% (Astu, 2005), sementara bila mengacu kepada perekat fenol formaldehida menurut ketentuan SNI hasil lebih rendah.

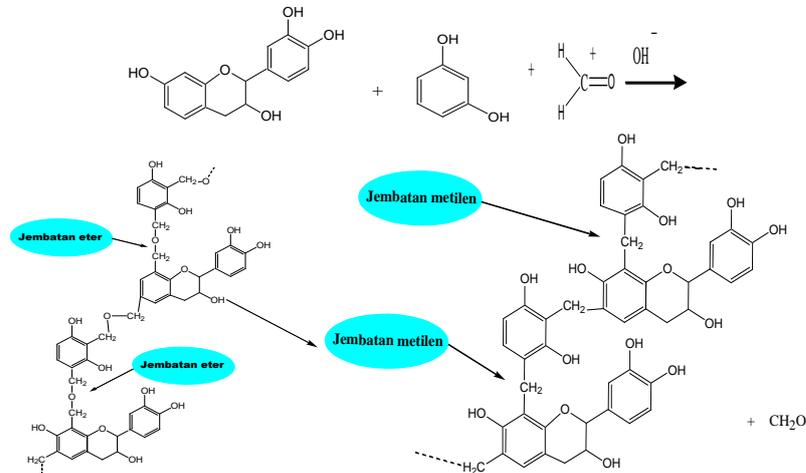
Perekat TRF dibuat pada kondisi basa ( $\text{pH} \pm 11$ ), dengan maksud untuk memperlambat pembentukan polimer, sehingga polimerisasi reaktan berjalan sempurna (Santoso, 2001). Pembentukan polimer yang lambat juga dimaksudkan agar perekat yang dibuat menjadi “setengah matang”. Pada umumnya proses polimerisasi berlangsung terus dalam kondisi “setengah matang” sampai seluruh reaktan bereaksi sempurna. Proses pematangan disertai dengan perubahan pH yang mendekati netral dan diikuti dengan terjadinya proses pengerasan perekat. Perekat yang dibuat “setengah matang” mempunyai masa simpan yang relatif lama (Santoso, 2001).

Nilai viskositas berpengaruh terhadap kemampuan perekat menembus pori-pori kayu dan juga pada masa simpan perekat. Perekat dengan viskositas tinggi mempunyai masa simpan yang singkat karena lebih cepat mengeras dan kualitas perekatannya menjadi rendah (Santoso, 2001). Perekat TRF lebih encer daripada perekat PF, ini berarti bahwa TRF memiliki masa simpan yang lebih lama. Menurut Maloney (1977), perekat dengan kadar padatan tinggi dan viskositas yang baik dan membentuk ikatan yang optimum, sehingga dihasilkan daya rekat yang memuaskan.

Perekat tanin resorsinol formaldehida (TRF) dapat berikatan dengan partikel kayu melalui ikatan permukaannya. Proses perekatan antara perekat TRF dengan partikel kayu terjadi dengan melibatkan perekatan mekanik dan perekatan spesifik. Perekatan mekanik terjadi karena adanya sebagian perekat masuk ke dalam pori-pori kayu yang kemudian kering dan mengeras. Sementara perekatan spesifik terjadi dengan melibatkan ikatan-ikatan kimia, yaitu ikatan hidrogen dan ikatan Van der Waals.

*E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id*

Menurut Achmadi (1990), ikatan hidrogen terjadi karena perekat TRF memiliki gugus hidroksil yang memungkinkan adanya ikatan dengan komponen kayu yang juga memiliki gugus hidroksil, seperti selulosa dan lignin dalam Gambar 1.



**Gambar 1. Reaksi pembentukan TRF**

Perekat TRF dan komponen kayu, yaitu selulosa dan lignin adalah senyawa polar, yang disebabkan oleh adanya gugus hidroksil dalam molekulnya. Keadaan ini memungkinkan terjadinya interaksi antarmolekul yang melibatkan gaya Van der Waals. Ikatan ini makin kuat dengan makin berkurangnya jarak antar partikel tersebut.

### **Pengujian Mutu Kayu Lapis**

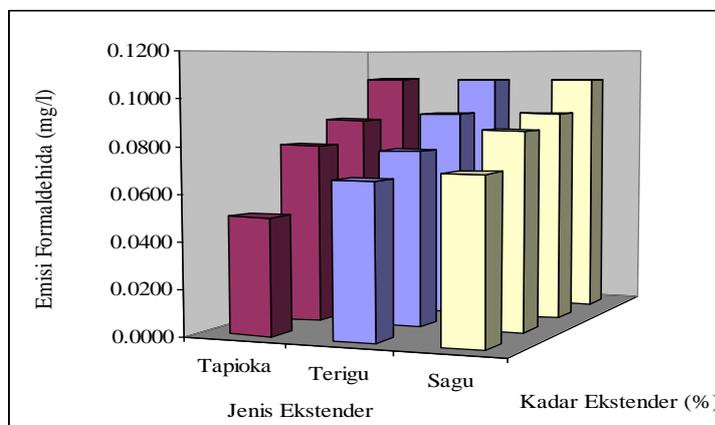
Mutu kayu lapis diuji melalui penentuan kadar air dan emisi formaldehida. Proses pembuatan kayu lapis dimulai dengan mencampurkan perekat TRF dengan berbagai kombinasi penambahan *hardener* dan *extender*, dan kemudian perekat dilaburkan pada venir untuk dibuat kayu lapis, lalu dikempa panas pada suhu 140 °C. Kayu lapis yang telah dibuat disimpan selama satu minggu, kemudian diuji kadar air dan emisi formaldehidanya.

Kadar air yang didapatkan dari seluruh kayu lapis berkisar antara 5,14% – 7,46%. Nilai kadar air kayu lapis memenuhi persyaratan standar karena kurang dari 14% (JAS, 2003). Dengan demikian ditinjau dari kadar airnya, semua kayu lapis yang dibuat

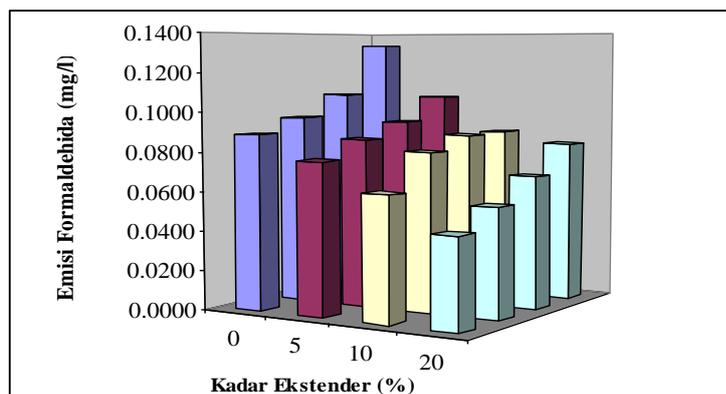
*E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id*

memenuhi persyaratan standar Jepang, sementara emisi formaldehidanya berkisar antara 0,0398 mg/L – 0,133 mg/L.

Penggunaan *hardener* dalam ramuan perekat tanin formaldehida mempengaruhi emisi formaldehida kayu lapis. Semakin banyak paraformaldehida ditambahkan ke dalam perekat TRF, semakin tinggi emisi formaldehida yang dilepaskan. Selain itu, penggunaan terigu, tapioka dan sagu sebagai *extender* dalam ramuan perekat tanin formaldehida mempengaruhi emisi formaldehida kayu lapis. Emisi formaldehida yang paling sedikit dihasilkan oleh *extender* jenis tepung tapioka dan emisi formaldehida paling banyak dilepaskan oleh *extender* jenis tepung sagu (Gambar 2 dan Gambar 3).



**Gambar 2. Histogram interaksi jenis *hardener* dan kadar *extender* terhadap emisi formaldehida kayu lapis**



**Gambar 3. Histogram interaksi kadar *hardener* dan kadar *extender* terhadap emisi formaldehida kayu lapis**

*Extender* mengandung karbohidrat yang bersifat polar seperti halnya formaldehida, sehingga keberadaan *extender* dalam ramuan perekat akan turut mengikat formaldehida dan meminimalisir emisi formaldehida dari produk perekatannya. Selain itu air yang terkandung dalam *extender* diduga berperan mengikat formaldehida yang dibebaskan oleh produk karena air sangat polar. Dengan demikian *extender* yang mengandung karbohidrat dan air yang tinggi akan mengikat formaldehida lebih banyak dibandingkan dengan *extender* yang mengandung karbohidrat dan air lebih rendah. Kadar karbohidrat yang terkandung dalam setiap jenis *extender* tercantum pada Tabel 2.

**Tabel 2. Komposisi tepung**

No	Komponen	Terigu	Tapioka	Sagu
1	Air	12,0%	12,0%	7,8%
2	Lemak	1,3%	0,3%	0,2%
3	Protein	8,9%	0,5%	0,7%
4	Karbohidrat	77,3%	86,9%	84,7%

Sumber: *Distanhut DK (2006)*

**Tabel 3. Analisis ragam emisi formaldehida kayu lapis**

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	47	0,0889	0,0019			
A	2	0,0002	0,0011	493,62**	3,00	4,61
B	3	0,0481	0,0602	7713,87**	2,60	3,78
Interaksi AB	6	0,0027	0,0004	204,68**	2,10	2,80
C	3	0,0303	0,0101	4605,44**	2,60	3,78
Interaksi AC	6	0,0006	0,0001	50,13**	2,10	2,80
Interaksi BC	9	0,0029	0,0000	147,25**	1,88	2,41
Interaksi ABC	18	0,0021	0,0001	53,76**	1,61	1,88
Galat	144	0,0003	0,0000			
Total	191	0,0892				

Keterangan : \*\* = sangat nyata; koefisien keragaman = 1.71%; A= kadar *hardener*; B= jenis *extender*; C = kadar *extender*

Emisi formaldehida rata-rata yang paling rendah diperoleh dari kayu lapis yang menggunakan ramuan perekat TRF dengan *extender* tapioka yang kadarnya 20% tanpa *hardener*, sedangkan emisi formaldehida rata-rata yang paling tinggi diperoleh dari kayu lapis yang menggunakan ramuan perekat TRF dengan kadar *hardener* 2% tanpa *extender*. Secara keseluruhan, emisi formaldehida kayu lapis ini memenuhi persyaratan standar Jepang (JAS, 2003) untuk kategori F\*\*\*\* (sangat aman), karena nilai rata-ratanya <0,3

***E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id***

mg/L dan <0,5 mg/L dengan nilai maksimumnya <0,4 mg/L dan 0,7 mg/L. Berdasarkan analisis ragam (Tabel 3), terlihat bahwa setiap perlakuan maupun interaksi penambahan kadar *hardener* dan *extender* masing-masing mempengaruhi emisi formaldehida kayu lapis secara sangat nyata.

#### **4. KESIMPULAN**

Perlakuan kadar *hardener*, jenis *extender* dan kadar *extender* serta interaksinya dalam perekat TRF dengan sangat nyata mempengaruhi emisi formaldehida dari kayu lapis. Semakin banyak *hardener* ditambahkan, emisi formaldehida akan semakin tinggi, dan semakin banyak *extender* ditambahkan, emisi formaldehida akan semakin rendah. Seluruh perlakuan dalam penelitian ini menghasilkan emisi formaldehida yang berkisar antara 0,0398-0,133 mg/l, memenuhi persyaratan standar Indonesia dan Jepang untuk kategori F\*\*\*\* (sangat aman).

*Extender* jenis tepung tapioka adalah *extender* yang menghasilkan emisi formaldehida paling rendah di antara ketiga jenis *extender* yang digunakan dalam penelitian ini. Emisi formaldehida yang paling rendah diperoleh dari kayu lapis dengan penambahan *extender* jenis tepung tapioka sebesar 20% tanpa penambahan *hardener*. Sementara emisi formaldehida yang paling tinggi diperoleh dari kayu lapis dengan penambahan *hardener* sebesar 2% tanpa penambahan *extender*. Penggunaan sagu sebagai *extender* tanpa *hardener* sangat disarankan karena sagu merupakan *extender* yang paling murah harganya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Achmadi SS. (1990). *Kimia Kayu*. Bogor: PAU Ilmu Hayat IPB.
- Achmadi SS, & Choong ET. (1992). Utilization of Tanin in Indonesia. In *Plant Polyphenols*. R.W. Hemingway and P.E. Laks (Eds.). New York: Plenum Press.
- Achmadi SS, & Aryetti. (1993). Keragaman Tanin *Acacia mangium* Dibandingkan *Tanin mimosa* sebagai Perekat Kayu Lapis. Bogor: Lembaga Penelitian IPB.
- JAS. 2003. Japanese Agricultural Standard for Plywood (JPIC-EW.SE 03-04). MAFF Notification No: 236. Supl. Depok: PT. Mutu Agung Lestari.
- Astu IPJ. 2005. Pemanfaatan Ekstrak Kulit Pohon Mangium sebagai Bahan Perekat TRF untuk Pembuatan Papan Partikel. [Tesis]. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Brandts THG. 1953. Mangrove Tannin Formaldehyde Resin as Hot Press Plywood Adhesives. Bogor: Pengumuman PLHH.
- Fessenden RJ, & Fessenden JS. 1990. *Kimia Organik Jilid 2 Edisi Ke-tiga*. Jakarta: Erlangga.
- Maloney TM. 1977. Modern Particle-board for Mobile Home Decking. National Particleboard Association.
- Pizzi A. 1998. Wood Bark Extracts as Adhesives and Preservatives In Bruce A and John WP. 1998. *Forest Products Biotechnology*. Taylor & Francis Pub. 1798. London.
- Roffael E. 1993. Formaldehyde Release From Particleboard and Other Wood Based Panels. Forest Research Institute Malaysia. Kuala Lumpur.
- Santoso A. 1998. Penelitian Pemanfaatan Tanin sebagai Perekat Kayu Lapis. Seminar Nasional I MAPEKI 24 Maret 1998. Bogor: Fahutan IPB.

- Santoso A, & Pari G. 2000. Pemanfaatan Tanin dari Kulit Pohon Mangium sebagai Perekat Kayu Lapis. Makalah Penunjang pada Seminar “Konservasi Lingkungan melalui Efisiensi Pemanfaatan Biomassa Hutan”, tanggal 13 November 2000 di Yogyakarta.
- Santoso A. 2001. Uji Coba Pembuatan Perekat Tanin. Laporan Hasil Penelitian. Bogor: Puslitbang Teknologi Hasil Hutan.
- Santoso A. 2011. Tanin dan lignin dari *Acacia mangium wild* sebagai bahan perekat kayu majemuk masa depan. Orasi pengukuhan profesor riset bidang pengolahan hasil hutan. Bogor: Pusat penelitian hasil hutan.
- Sudjana. 2006. Desain dan Analisis Eksperimen. Bandung: Tarsito.
- Susanti. 2000. Pengaruh Komposisi Resin dan Kadar Aditif Terhadap Formaldehida Bebas dari Perekat Lignin Resorsinol Formaldehida. [Skripsi]. Bogor: Jurusan Kimia Universitas Nusa Bangsa. Tidak dipublikasikan.