

**ADSORPTIVITAS ARANG AKTIF TERHADAP EMISI FORMALDEHIDA
PAPAN PARTIKEL KAYU KARET (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)**

*(Adsorptivity of activated charcoal on formaldehyde emission of rubberwood
(Hevea brasiliensis Muell. Arg.) particleboard)*

* Deazy Rachmi Trisatya¹, Dina Alva Prastiwi² & Adi Santoso^{1,2}

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan-Bogor

² Jurusan Kimia Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon-Cilegon

E-mail: drtrisatya@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan panel kayu yang direkat dengan urea formaldehida (UF) mengeluarkan emisi formaldehida yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada pernafasan dan meningkatkan resiko kanker. Emisi formaldehida dari UF dapat diturunkan dengan menambahkan bahan penangkap dalam campuran perekatnya. Penelitian ini menguraikan pengaruh pencampuran arang aktif dalam perekat UF terhadap emisi formaldehida papan partikel kayu karet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 30% arang aktif dalam campuran perekat urea formaldehida dapat mereduksi emisi formaldehida papan partikel kayu karet hingga 31,6%. Emisi formaldehida pada papan partikel kayu karet yang dibuat dengan campuran 5%-30% arang aktif memenuhi persyaratan standar Indonesia (SNI 03-2105-2006).

Kata kunci: arang aktif, urea formaldehida, emisi formaldehida, papan partikel

ABSTRACT

The utilization of wood panels bonded with urea formaldehyde (UF) could affect respiratory and increase cancer risks due to its formaldehyde emission. The formaldehyde emission could be decreased by adding catching agent in resin. This study evaluated the influence of activated charcoal as catching agent to formaldehyde emission from rubberwood particleboard. The formaldehyde emission from mixed UF and 30% activated charcoal was 31% lower than the untreated resin. Application of 5%-30% activated charcoal in the UF resin met the Indonesian standard on formaldehyde emission value.

Key words: activated charcoal, urea formaldehyde, formaldehyde emission, particleboard

1. PENDAHULUAN

Produk panel kayu interior banyak menggunakan perekat urea formaldehida (UF) karena selain ekonomis (Pari et al, 2004), UF memiliki sifat tahan terhadap kelembaban

tinggi dan tergolong perekat *fast-curing* (Roffael *et al.*, 2010). Selain itu, bahan perekat berbahan dasar formaldehida dapat meningkatkan kerapatan ikatan silang dalam struktur (Pasaribu *et al.*, 2009; Kumar *et al.*, 2013). Namun, salah satu kelemahan UF yaitu mudah terhidrolisis dan berpotensi menghasilkan emisi formaldehida. Jumlah formaldehida yang keluar dari produk panel kayu tergantung dari faktor perekat dan bahan seperti rasio molar, kandungan padatan perekat, agen pengeras (*hardener*), jenis kayu, faktor kondisi pembuatan panel kayu serta faktor eksogen seperti kelembaban, suhu (Pasaribu *et al.*, 2009; Roffael *et al.*, 2010), jumlah lapisan/ketebalan (Böhm *et al.*, 2012), pH dan teknik pengujian emisi (Pasaribu *et al.*, 2009).

Dalam jumlah yang melebihi ambang batas, emisi formaldehida dapat menimbulkan gangguan kesehatan, seperti gangguan pernafasan, iritasi pada kulit dan mata (Wolkoff & Nielsen, 2010), serta meningkatkan resiko kanker (Hawks & Hansen, 2002). Standar Indonesia dan Jepang mensyaratkan nilai maksimal emisi formaldehida 5 mg/L (BSN, 2006) dan 2,1 mg/L (JSA, 2015). Konsentrasi formaldehida yang tersimpan pada produk panel kayu di dalam ruangan dapat bertahan lebih dari lima tahun (Wolkoff & Nielsen, 2010). Untuk mengeliminir resiko terpapar emisi formaldehida, Wolkoff & Nielsen (2010) merekomendasikan untuk mengurangi penggunaan produk panel kayu berperekat UF atau mengurangi kadar formaldehida dalam produk panel kayu yang digunakan dan menambah ventilasi untuk memperlancar sirkulasi udara.

Upaya untuk mengurangi emisi formaldehida dari perekat UF dapat dilakukan salah satunya dengan penambahan arang aktif ke dalam campuran perekat (Pari *et al.*, 2004; Santoso & Pari, 2012). Arang aktif merupakan arang yang telah diaktivasi secara kimia atau fisika sehingga mampu menyerap senyawa bergugus fungsi hidrogen melalui interaksi dipole dan ikatan hidrogen. Arang aktif bersifat polar, basa dan bermuatan positif sehingga dapat mengadsorpsi formaldehida yang bersifat polar dan bermuatan negatif (Pari *et al.*, 2004).

Pengukuran emisi formaldehida dapat dilakukan dengan menggunakan metode Wilhelm Klauditz Institut/WKI, perforator, analisa gas, desikator 2 jam, desikator 24 jam, *small chamber*, *large chamber* dan metode modifikasi Roffael. Prosedur yang dilakukan

dalam metode-metode tersebut yaitu mereaksikan gas formaldehida yang tertangkap oleh cairan, misalnya NaSO_3 , H_2O atau akuades.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan produk papan partikel berperekat urea formaldehida yang rendah emisi formaldehida dengan penambahan arang aktif sehingga memenuhi standar industri dan tidak membahayakan kesehatan manusia.

2. BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu neraca analitik, oven, alat kempa panas, ayakan dengan ukuran 100 Mesh, mortar, piknometer 25 ml, pipit tetes, gelas piala 250 ml, viscometer RION VT-04, labu takar, penangas air, buret, jangka sorong, desikator dan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-1700.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, partikel kayu karet (*Hevea braziliensis* Muell Arg.), arang aktif dari serbuk kayu gergajian, urea formaldehida, larutan HCl 0,1 N dan 1 N, thiosulfat 0,1 N, larutan pereaksi asetil aseton amonium asetat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, iodine, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, larutan kanji 1% b/v, NaOH 0,1 N dan 1 N, NH_4OH 10%, larutan formalin 37% dan akuades.

Pengujian Kualitas Perekat

Analisis kualitas perekat urea formaldehida (UF) didasarkan pada (SNI 06-0060-1998). Uji kualitas yang dilakukan meliputi uji visual, bahan asing, viskositas, derajat keasaman, bobot jenis, kadar padatan, waktu gelatinisasi dan kadar formaldehida bebas. Kadar formaldehida bebas diukur dengan cara memasukkan 5 gram contoh perekat dan 12,5 ml air ke dalam erlenmeyer kemudian dikocok. Setelah itu ditambahkan 3 tetes indikator merah metil, 2,5 ml NH_4OH 10% dan 2,5 ml NaOH 1 N dan dipanaskan pada suhu 30°C selama 30 menit. Setelah didinginkan, larutan dititrasi dengan HCl 1 N sampai terjadi pembebasan warna dari hijau menjadi merah ungu. Kadar formaldehida bebas dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Formaldehida bebas (\%F)} = \frac{(V1 - V2) \times N \times 30,03 \times 100\%}{w \times 100}$$

Keterangan:

V1 = Volume blanko (ml)
V2 = Volume HCl contoh (ml)
W = Bobot contoh (gram)
N = Normalitas HCl
30,03 = Bobot molekul formaldehida

Pembuatan Papan Partikel

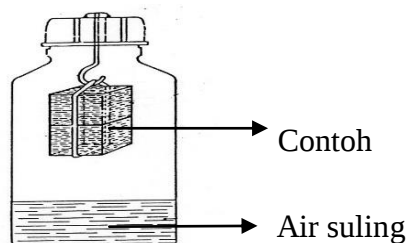
Papan partikel dibuat dari partikel kayu karet dengan ukuran 35 cm x 35 cm x 1,5 cm. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida (UF). Partikel kayu karet dicampur dengan arang aktif sebanyak 0 %, 5 %, 10 %, 20 % dan 30 % dari berat perekat UF, dan selanjutnya dilaburi dengan perekat UF secara merata menggunakan *spraygun*. Campuran partikel, arang aktif dan perekat kemudian dicetak di atas pelat baja dan dikempa pada suhu 110°C dengan tekanan 25 kg/cm² selama 6 menit. Ulangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 kali, sehingga total jumlah papan yang dibuat sebanyak 15 lembar. Setelah dikondisikan selama seminggu, papan-papan yang telah dibuat kemudian dipotong menjadi contoh uji.

Pengujian Sifat Fisik Papan Partikel

Pengujian sifat fisik papan partikel dilakukan dengan mengacu SNI 03-2105-2006 Papan Partikel. Parameter sifat fisik yang diuji meliputi kadar air dan kerapatan.

Pengujian Emisi Formaldehida

Pengujian emisi formaldehida dilakukan berdasarkan cara Wilhelm Klauditz Institut/WKI (Roffael, 1993). Contoh uji berukuran 25 mm x 25 mm x 1 mm digantung di dalam botol yang berisi 50 ml air suling (Gambar 1). Botol berisi contoh uji dan tanpa contoh uji (blanko) dipanaskan dengan suhu 40°C di dalam oven selama 24 jam. Setelah itu, botol dikeluarkan dan direndam dalam air selama 30 menit, kemudian larutan contoh dipindahkan ke dalam tempat yang lebih kecil.



Gambar 1. Peletakan Contoh Uji

Sebanyak 25 ml larutan contoh dan 25 ml deret standar larutan formaldehida dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 25 ml pereaksi asetilaseton-amonium asetat, diaduk hingga homogen dan dipanaskan dengan suhu 65°C selama 10 menit di dalam penangas air. Setelah itu didinginkan hingga mencapai suhu kamar. Prosedur yang sama dilakukan terhadap larutan blanko. Larutan tersebut kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 412 nm.

Standardisasi Larutan Natrium Tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

Sebanyak 20 ml larutan kalium dikromat 0,1 N dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan 10 ml kalium iodida 10 % dan 5 ml klorida pekat. Prosedur yang sama dilakukan terhadap larutan blanko dengan menggunakan 20 ml air suling. Setelah tercampur, labu erlenmeyer dikondisikan dalam ruang tertutup selama 10 menit. Setelah itu dititrasikan dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Saat larutan berubah warna dari cokelat menjadi kuning terang, larutan dititrasikan dengan kanji sampai warna berubah menjadi hijau terang.

Standardisasi Larutan Formaldehida

Sebanyak 20 ml larutan standar formaldehida dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan ditambahkan 25 ml larutan iodine dan 10 ml kalium hidroksida, kemudian didiamkan selama 15 menit. Setelah itu ditambahkan 15 ml asam sulfat dan dititrasikan dengan larutan natrium tiosulfat. Ketika larutan berubah warna dari cokelat menjadi kuning terang, larutan tersebut dititrasikan dengan larutan kanji sampai larutan berubah menjadi tidak berwarna. Prosedur yang sama dilakukan terhadap larutan blanko dengan mengganti larutan

standar formaldehida dengan 20 ml air suling. Konsentrasi formaldehida dihitung dengan formula sebagai berikut.

$$\text{Jumlah formaldehida} = \frac{15,015 (B - S) \times N (Na_2S_2O_3) \times 1000}{20}$$

Keterangan:

- B = Natrium tiosulfat blanko (ml)
S = Natrium tiosulfat contoh uji (ml)
N (Na₂S₂O₃) = Normalitas natrium tiosulfat

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan faktor tunggal yang terdiri atas 5 taraf perlakuan berupa pemakaian kadar arang aktif dalam campuran partikel (0 %, 5 %, 10 %, 20 % dan 30 %) dengan 3 ulangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Perekat

Perekat UF yang digunakan berbentuk cairan kental, berwarna putih, berbau khas formaldehida dan tidak ditemukan adanya zat asing. Hasil pengujian sifat fisis dan kimia perekat urea formaldehida sebagaimana dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisis dan kimia perekat urea formaldehida

Sifat	Nilai Mutu Urea Formaldehida	
	Hasil uji	Standar (SNI 06-0060-1998)
Bentuk	Cair	Cair
Kenampakan	(+)	(+)
Masa gelatinasi (100°C, menit)	149	≥120
Viskositas (25 ± 1°C), (poise)	2,1	1,5-3,5
Keasaman (pH, 25°C)	8,5	7,6 - 9,2
Bobot jenis	1,27	1,26-1,28
Formaldehida bebas (%)	1,43	≤ 2

Keterangan: (+): putih susu dan bebas dari kotoran

Masa gelatinasi, viskositas, keasaman perekat UF masing-masing berkisar 149 menit; 2,1 poise dan 8,5 (Tabel 1). Sifat arang aktif yang basa dapat memperlambat waktu pengerasan perekat UF yang bersifat netral, sehingga masa gelatinasi perekat meningkat dengan adanya penambahan arang aktif dalam campuran perekat. Masa pengerasan yang berlangsung lambat berpengaruh terhadap proses polimerisasi yang berlangsung sampai seluruh reaktan bereaksi dengan sempurna (Iskandar *et al.*, 2017).

Arang aktif bersifat polar dan hidrofobik (Castilla, 2004) sehingga dapat mengadsorpsi air di dalam perekat, hal ini menyebabkan viskositas meningkat dengan adanya penambahan arang aktif dalam campuran perekat (Pari *et al.*, 2004). Nilai viskositas berpengaruh terhadap kualitas dan masa simpan perekat (Iskandar *et al.*, 2017). Kualitas perekat dengan masa simpan yang singkat relatif lebih rendah karena lebih cepat mengeras (Santoso, 2001). Hasil pengujian terhadap sifat fisis dan kimia perekat UF yang digunakan menunjukkan kesesuaian dengan SNI 06-0060-1998.

Karakteristik Papan Partikel

Hasil uji terhadap sifat fisis dan emisi formaldehida papan partikel kayu karet dengan campuran arang aktif tercantum pada Tabel 2. Nilai rata-rata kadar air papan partikel kayu karet dengan penambahan 0 %, 5 %, 10 %, 20 % dan 30 % arang aktif, masing-masing sebesar 5,89 %; 6,36 %; 6,06 %; 5,91 % dan 8,70 %. Kadar air pada papan partikel cenderung menurun dengan peningkatan konsentrasi arang aktif.

Secara keseluruhan, nilai kadar air contoh uji memenuhi persyaratan standar Jepang (JIS 2015) dan SNI 03-2105-2006 yang mempersyaratkan kadar air untuk papan partikel maksimal 13 % dan 14 %.

Tabel 2. Sifat fisis dan emisi formaldehida papan partikel kayu karet

Sifat	Konsentrasi arang aktif yang ditambahkan					Standar	
	0%	5%	10 %	20 %	30 %	SNI ^{1,2}	JIS ³
Kadar air (%)	8,7 0	6,3 6	6,0 6	5,9 1	5,8 9	≤14	≤13
Kerapatan (g/cm ³)	0,7 2	0,7 4	0,7 4	0,7 4	0,7 2	0,40-0,90	0,40-0,90
Emisi formaldehida (mg/L)	3,4 8	3,0 9	2,9 6	2,8 4	2,3 8	Maks 0,5 (F****) Maks 1,5 (F****) Maks 5 (F**)	Rerata ≤0,3; maks ≤0,4 (F****) Rerata ≤0,5; maks ≤0,7 (F****) Rerata ≤1,5; maks ≤2,1 (F**)

Keterangan: ¹SNI 03-2105-2006; ²SNI 01-6050-1999; ³JIS A 5908:2015

Kerapatan papan partikel berkisar antara 0,72-0,74 g/cm³ (Tabel 2) sehingga dapat digolongkan sebagai papan berkerapatan sedang (BSN, 2006; JIS, 2015). Nilai rata-rata kerapatan papan partikel kayu karet cenderung meningkat dengan adanya penambahan arang aktif sampai dengan 20 %, namun nilai kerapatan menurun pada penambahan konsentrasi arang aktif sebesar 30 %.

Analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan arang aktif dalam campuran perekat berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air dan berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan partikel (Tabel 3). Hasil uji ini menunjukkan hal yang sama dengan penelitian emisi fomaldehida panel yang dibuat dari limbah sisa potongan papan partikel dengan campuran arang aktif 1-3 % (Santoso & Gustan, 2012).

Tabel 3. Analisis ragam kadar air dan kerapatan papan partikel kayu karet

Sifat	Hitung	Nilai F	
		Tabel	
		0,05	0,01
Kadar air (%)	30,80**	3,48	5,99
Kerapatan (g/cm ³)	4,69*	3,48	5,99

Keterangan: *nyata; **sangat nyata

Hasil uji beda menunjukkan kadar air papan partikel kayu karet dengan campuran arang aktif 5 % - 30 % berbeda nyata dengan kadar air papan partikel tanpa campuran arang aktif. Konsentrasi arang aktif dalam campuran partikel tidak berbeda nyata antara satu dengan yang lainnya terhadap kadar air papan partikel (Tabel 4). Kerapatan papan partikel kayu karet yang dicampur arang aktif sebanyak 5 % - 20 % tidak berbeda nyata satu sama lain, namun berbeda nyata bila dibandingkan dengan papan partikel kontrol dan papan partikel dengan campuran 30 % arang aktif.

Tabel 4. Uji beda kadar air dan kerapatan papan partikel kayu karet

Sifat	Nilai rerata				
Kadar air (%)	a ₀	a ₅	a ₁₀	a ₂₀	a ₃₀
	8,70	6,36	6,06	5,91	5,89
Kerapatan (g/cm ³)	a ₅	a ₁₀	a ₂₀	a ₀	a ₃₀
	0,74	0,74	0,74	0,72	0,72

Keterangan: — = tidak berbeda nyata; a = konsentrasi arang aktif; 0 = 0 %; 5 = 5%; 10 = 10 %; 20 = 20 %; 30 = 30 %

Emisi Formaldehida

Nilai rata-rata emisi formaldehida papan partikel kayu karet ini berkisar antara 2,38-3,48 mg/L (Tabel 1). Berdasarkan SNI 03-2105-2006, nilai emisi formaldehida ini masuk dalam kategori F**, yaitu papan partikel yang memiliki nilai emisi formaldehida maksimal 5 mg/L. Keseluruhan papan partikel yang dibuat tidak memenuhi standar JIS A 5908: 2015 karena nilai emisi formaldehidanya $\geq 2,1$ mg/L. Penambahan arang aktif dalam campuran perekat UF dapat mereduksi emisi formaldehida hingga 31,6 %. Emisi formaldehida pada papan partikel kayu karet ini lebih rendah dibandingkan dengan emisi formaldehida pada papan partikel daur ulang dengan campuran arang aktif 3 %, yaitu 3,25 mg/L (Santoso & Gustan, 2012). Hal ini dapat disebabkan masih adanya residu perekat UF pada papan partikel daur ulang tersebut yang mengeluarkan emisi formaldehida. Emisi formaldehida pada kayu lapis mangium dengan campuran perekat UF dan 2 % arang yang diaktivasi dengan NH_4HCO_3 menurun sampai 0,044 mg/L (Pari *et al*, 2004). Emisi formaldehida yang

dapat ditangkap oleh arang aktif pada kayu lapis cenderung lebih besar daripada emisi yang dapat direduksi arang aktif pada papan partikel. Hal ini sejalan dengan yang ditunjukkan oleh Salem *et al.* (2001), yang membandingkan nilai emisi formaldehida pada kayu lapis, papan partikel dan papan serat berkerapatan sedang. Jenis kayu, jenis panel dan ketebalan panel secara signifikan mempengaruhi jumlah formaldehida yang keluar dari produk kayu (Böhm *et al.*, 2012).

Analisis ragam emisi formaldehida menunjukkan bahwa penambahan arang aktif dalam campuran perekat sangat berpengaruh nyata terhadap emisi formaldehida papan partikel kayu karet (Tabel 5).

Tabel 5. Analisis ragam emisi formaldehida papan partikel kayu karet

Parameter	Hitung	Nilai F	
		Tabel	
		0,05	0,01
Emisi formaldehida (mg/L)	5,75*	3,48	5,99

Keterangan: *nyata

Berdasarkan hasil uji beda, konsentrasi arang aktif yang diaplikasikan dalam penelitian ini tidak berbeda nyata satu sama lain (Tabel 6). Emisi formaldehida terendah dicapai pada penambahan 30 % arang aktif dalam campuran perekat dan terdapat kecenderungan dengan meningkatnya konsentrasi arang aktif dalam perekat dapat menurunkan kadar emisi formaldehida dari papan partikel kayu karet. Tingginya konsentrasi arang aktif dalam perekat dapat meningkatkan pola struktur amorf dan makropori (Pari *et al.*, 2004). Selain itu, kemampuan adsorptivitas arang aktif dalam menyerap formaldehida dipengaruhi pula oleh sifat polar yang dimiliki oleh formaldehida (Pari *et al.*, 2004). Iskandar *et al.*, (2017) menyatakan bahwa emisi formaldehida dari kayu lapis yang dibuat dengan menggunakan *extender* dengan kandungan karbohidrat dan air yang tinggi lebih rendah daripada emisi formaldehida pada kayu lapis yang dibuat dengan *extender* dengan kandungan karbohidrat dan air yang sedikit. Hasil yang sama diperoleh Salem *et al.*, (2011) yang meneliti emisi formaldehida pada kayu lapis, papan partikel dan papan serat berkerapatan sedang. Pada penelitian yang menggunakan metode *chamber*

tersebut, emisi formaldehida dari kayu lapis lebih rendah dibandingkan dengan papan partikel dan papan serat berkerapatan sedang. Arang aktif yang digunakan sebagai pengisi (*filler*) pada papan serat berkerapatan sedang yang direkat dengan UF dapat menurunkan emisi formaldehida secara signifikan serta meningkatkan keteguhan rekat internal dan keteguhan lentur patah (Kumar, 2013).

4. KESIMPULAN

Pencampuran arang aktif ke dalam perekat UF masing-masing berpengaruh sangat nyata dan nyata terhadap kadar air dan kerapatan papan partikel kayu karet. Sifat polar dan hidrofobik pada arang aktif menyebabkan arang aktif dapat menyerap air pada perekat sehingga secara nyata menurunkan kadar air papan partikel.

Penambahan arang aktif ke dalam perekat urea formaldehida secara nyata berpengaruh terhadap emisi formaldehida papan partikel kayu karet. Semakin tinggi konsentrasi arang aktif yang ditambahkan dalam campuran perekat akan semakin menurunkan emisi formaldehida dari papan partikel kayu karet. Emisi formaldehida paling rendah diperoleh dari papan partikel yang dibuat dengan campuran perekat dan 30 % arang aktif. Emisi formaldehida yang dikeluarkan papan partikel kayu karet pada penelitian ini memenuhi standar SNI 03-2105-2006, yang masuk dalam kategori F**, dengan nilai emisi formaldehida berkisar antara 2,38-3,48 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (1998). Urea formaldehida cair untuk perekat kayu lapis. SNI 06-0060-1998. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2006). Papan Partikel. SNI 03-2105-2006. Jakarta.
- Böhm, M., Salem, M.Z.M., Srba, J. (2012). Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured

- for building and furnishing materials. *Journal of Hazardous Material* 221-222: 68-79.
- Castilla, C.M. (2004). Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials. *Carbon* 41: 867-879.
- Hawks, L.K., and A.B. Hansen. 2002. Formaldehyde. Utah University Extension. <http://www.utah.ac>.
- Iskandar, M.I., Prastiwi, D.A. & Wiyantina, N. (2017). Pengaruh *hardener* dan *ekstender* dalam perekat tanin resosiranol formaldehida terhadap emisi formaldehida kayu lapis. *Jurnal ITEKIMA* 2 (1): 15-25.
- Japan Standards Association. (2015). JIS A 5908: 2015. Particleboards.
- Kumar, A., Gupta, A., Sharma, K.V., Nasir, M., Khan, T.A. (2013). Influence of activated charcoal as filler on the properties of wood composites. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 46: 34-39.
- Pari, G., Sofyan, K., Syafii, W. & Buchari. (2004). Arang aktif sebagai bahan penangkap formaldehida pada kayu lapis. *J.Tek.Ind.Pert* 14 (1): 17-23.
- Pasaribu, G., Kusuma, S.S., Parubah, B.S. & Massijaya, M.Y. (2009). Pemanfaatan ekstrak sengon sebagai perekat urea formaldehida pada pembuatan kayu lapis (IV): Kadar emisi formaldehida. Dalam Nawawi., et al (eds.) *Prosiding Simposium Nasional I Forum Teknologi Hasil Hutan 30-31 Oktober 2009*. Bogor.
- Salem, M.Z.M., Böhm, M., Barcik, S. & Beránková, J. (2011). Formaldehyde emission from wood-based panels bonded with different formaldehyde-based resins. *Drvna Industrija* 62 (3): 177-183.
- Santoso, A. (2001). Uji coba pembuatan perekat tanin. Laporan Hasil Penelitian. Puslitbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Santoso, A. & Pari, G. (2012). Sifat papan partikel daur ulang rendah emisi formaldehida. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 33 (1): 1-10.
- Wolkoff, P. & Nielsen, G.D. (2010). Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline. *Environmental International* 36(7): 788-799.