PENGARUH JENIS SUBSTITUSI BAHAN IKAT SILANG DAN KOMPOSISI PEREKAT TERHADAP PENURUNAN EMISI FORMALDEHIDA PADA PAPAN SERAT

INFLUENCE OF SUBSTITUTION TYPE OF CROSS LINKING AGENT AND THE ADHESIVE COMPOSITION OF THE FORMALDEHYDE EMISSION REDUCTION ON FIBERBOARD

Eldha Sampepana

Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda
Jalan Harmonika No. 3 Samarinda Telp. (0541) 732274, Fax (0541) 745431
Email : esp_smd@yahoo.com

Naskah diterima 23 Februari 2012, disetujui 13 Juni 2012

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis substitusi bahan ikat silang dan komposisi perekat terhadap emisi formaldehida pada papan serat.

Substitusi bahan ikat silang yang digunakan pada penelitian ini dalam pembuatan papan serat adalah *heksametil tetramin*, *etil glikol*, *dimetilol urea* dengan komposisi melamin formaldehid: 0%:80%, 10%:70%, 20%:60%, 30%:50%, 40%:40%, dan 80%:0%. Bahan ikat silang yang terbaik memenuhi standar JIS A 5905 dalam menurunkan emisi formaldehida adalah etil glikol dengan komposisi perekat IV.

Kata Kunci: dimethylol urea, emisi formaldehida, ethylene glycol, hexamethylene tetramine, perekat, papan serat

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the substitution type of cross linking agent and adhesive composition of the against formaldehyde emission on fiberboard. The cross linking agent substitution of fiberboard that made in this study are hexamethylene tetramine, ethylene glycol, dimethylol urea with the composition of melamine formaldehyde: 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, and 0%. The best cross linking agent material and meet with standard of JIS A 5905 in lowering formaldehyde emission is ethylene glycol in the adhesive composition IV.

Keywords: adhesive, dimethylol urea, ethylene glycol, fiberboard, formaldehyde emission, hexamethylene tetramine

PENDAHULUAN

Formaldehida merupakan bahan kimia yang bergugus fungsi aldehida dan golongan senyawa *aliphatic aldehyde* yang berfungsi sebagai bahan pengawet dan preparat lain, bahan kosmetik, sampo serta sebagai komponen perekat dalam memproduksi papan kayu lapis, partikel serta papan serat.

Formaldehida merupakan bahan pengikat (*cross-linking agent*) yang sering digunakan dalam perekatan pada industri perkayuan. Bahan tersebut menghasilkan emisi formaldehida yang tinggi sehingga berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Daud, 2009).

Emisi formaldehida merupakan salah satu dari komponen *Volatile Organic Compound* (VOC) yang berbahaya (Wang et al., 2002). Komponen VOC lain yang dihasilkan dari proses saat pembuatan papan yaitu methanol, fenol, formaldehida dan metilene diisosiyanat. Emisi formaldehida menurut Sunarti (2000), adalah pengeluaran sebagian zat formaldehida bebas dari perekat berformaldehida dikarenakan sebagian dari zat formaldehida tersebut terikat dengan selulosa. Formaldehida bebas adalah formaldehida berlebih yang tidak ikut bereaksi dalam polimerisasi perekat.

Menurut Tohmura et. al. (2000) bahwa emisi formaldehida berasal dari adanya kelebihan formaldehida yang tidak beraksi dengan perekat sehingga formaldehida dilepaskan sewaktu kondensasi diantara kelompok methylol dan formaldehida yang dikeluarkan dari degradasi hidrolisis resin matang

Emisi formaldehida dari suatu panel kayu dapat terjadi selama proses produksi dan dalam aplikasi produk panel kayu tersebut. Saat produksi, emisi dapat terjadi karena faktor panas yang menyebabkan terjadi polimerisasi yang menghasilkan suatu gas buangan dikarenakan senyawa-senyawa tersebut tidak berpolimerisasi dengan baik sehingga senyawa yang berlebih diemisikan (Rinawati, 2002). Komponen dari kayu seperti selulosa juga ikut berperan dalam peristiwa emisi tersebut. Akan tetapi, reaksi terikatnya formaldehida dengan selulosa tidak berlangsung lama, karena formaldehida tersebut akan lepas kembali dengan adanya proses hidrolisis (Mal, 2003a).

Dampak yang diakibatkan dari emisi formaldehida yaitu iritasi mata, iritasi tenggorokan, perubahan peta genetik dan kerusakan sel (Einbrodt et al., 1976 dalam Saptosari, 2006). Sedangkan menurut Cameron (2001), bahwa dampak dari emisi formaldehida antara lain gangguan terhadap kesehatan manusia dikarenakan zat tersebut bereaksi dengan mukosa/lendir dalam tubuh manusia, sehingga dapat

menyebabkan iritasi, gangguan pernapasan, menurunkan penciuman, pemicu alergi, karsinogen atau pemicu kanker, serta modifikasi DNA yang berlanjut pada perubahan genetika.

Menurut Rosamah (2003) bahwa *hexamethylene tetramine*, *ethylene glycol*, *dimethylol urea* dapat digunakan sebagai substitusi formaldehida yaitu bahan pengikat silang (*cross linking agent*) yang direaksikan dengan *tannin Quebracho* pada variabel bahan *cross linking* sebesar 0,5%, 1%, dan 2% yang dapat menurunkan emisi formaldehida.

Melihat dampak yang ditimbulkan dari penggunaan formaldehida, maka dilakukan suatu penelitian untuk mencari pengganti formaldehida sebagai bahan pengikat silang (*cross linking agent*) yaitu *hexamethylene tetramine*, *ethylene glycol*, *dimethylol urea*, sebagai bahan pengikat untuk ekstrak kulit kayu (tanin) *Acacia mangium Willd*, dimana campuran tersebut digunakan sebagai substitusi perekat resin melamin formaldehida (MF).

Pada penelitian ini digunakan tiga macam bahan ikat silang (*cross-link agent*) pada komposisi perekat yang berbeda. Tujuan penelitian ini untuk melihat pengaruh dari penggunaan bahan ikat silang (*cross-linking agent*) dengan komposisi perekat yang berbeda pada pembuatan papan serat terhadap emisi formaldehida yang dihasilkan.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan antara lain ekstrak kulit kayu *Acacia mangium Willd*, *hexamethylene tetramine*, *ethylene glycol*, *dimethylol urea*, melamin formaldehida, NaOH, HCl, serat kayu *Akasia mangium*, aquades, formaldehida 37%, amonium sulfat, *acethylen acetate*. Sedangkan alat yang digunakan antara lain alat press dingin, alat press panas, cetakan papan, digester, refluks, pengaduk,

alat molen manual terbuat dari plastik, oven, neraca analitik, pH meter, mesin penyaring, mesin serbuk, motor stirer, shaker, spektrofotometer, water bath, sarung tangan alat laboratorium lainnya.

Metode

Pembuatan Formulasi Perekat Berbahan Cross Linking Agent

Proses pembuatan perekat berbahan *cross linking agent* terlebih

dahulu mengetahui berat kering tanur papan, kadar air serat, volume papan dan kadar padat (solid content) dari bahan perekat yang akan digunakan. Perekat ini dibuat dengan campuran ekstrak kulit kayu *Akasia mangium* sebesar 20% (Rosamah, 1997), melamin formaldehida, *hexamethylene tetramine*, dengan perbandingan seperti pada Tabel 1. Formulasi perekat dengan perbandingan yang sama dibuat dengan bahan ikat silang (*cross-linking agent*) *ethylene glycol*, dan *dimethylol urea*.

Tabel 1. Formulasi Perekat Berbahan Cross Linking Agent Untuk *Hexamethylene Tetramine*

KOMPOSISI PEREKAT	T	H	MF
I	20%	0%	80%
II	20%	10%	70%
III	20%	20%	60%
IV	20%	30%	50%
V	20%	40%	40%
VI	20%	80%	0%

Keterangan :

T : Ekstrak kulit kayu (tanin) *Akasia mangium*, MF : Melamin Formaldehida, H : (Hexamethylene Tetramine)

Untuk formulasi perekat berbahan *cross linking agent* untuk *ethylene glycol*

pada Tabel 2. dan *dimethylol urea* pada Tabel 3.

Tabel 2. Formulasi Perekat Berbahan Cross Linking Agent Untuk *Ethylene Glycol*

KOMPOSISI PEREKAT	T	E	MF
I	20%	0%	80%
II	20%	10%	70%
III	20%	20%	60%
IV	20%	30%	50%
V	20%	40%	40%
VI	20%	80%	0%

Keterangan :

T : Ekstrak kulit kayu (tanin) *Akasia mangium*, MF : Melamin Formaldehida, E : (*Ethylene Glycol*)

Sedangkan formulasi perekat berbahan *cross linking agent*

dimethylol urea pada Tabel 3.

Tabel 3. Formulasi Perekat Berbahan Cross Linking Agent Untuk Dimethylol Urea

KOMPOSISI PEREKAT	T	D	MF
I	20%	0%	80%
II	20%	10%	70%
III	20%	20%	60%
IV	20%	30%	50%
V	20%	40%	40%
VI	20%	80%	0%

Keterangan :

T : Ekstrak kulit kayu (tanin) Akasia mangium, MF : Melamin Formaldehida, D : (Dimethylol Urea)

Seluruh komponen formulasi perekat tersebut diatas dicampur, kemudian diaduk hingga homogen lalu disemprotkan ke serat yang ada dalam molen.

Pembuatan Papan Serat

Papan serat dibuat dengan ukuran 39 cm x 39 cm x 0,6 cm dengan sasaran kerapatan 0,6 gr/cm³. Papan serat dibuat dengan cara memasukkan serat ke dalam alat molen, lalu menyemprotkan perekat ke serat sambil diaduk dengan cara memutar alat molen hingga bercampur secara merata. Serat yang telah diberi perekat kemudian dicetak dan dipress dingin pada tekanan 130 Psi pada suhu kamar (25°C) selama 2 menit, kemudian diberi press panas pada tekanan 130 Psi dengan temperatur 170°C selama 1 menit. Setelah pressing (pengempaan) papan dibuka untuk mengeluarkan uap air, lalu dipres kembali selama 4 (empat) menit. Setelah 4 (empat) menit dikeluarkan dari alat press panas, kemudian didinginkan serta dilepaskan

dari cetakkan. Papan yang telah dikeluarkan, selanjutnya dikondisikan dengan kelembaban nisbi (RH) $\pm$ 65% pada temperatur $\pm$ 25 °C selama 1 (satu) minggu. Setelah papan dikondisikan, kemudian dipotong-potong sesuai dengan ukuran contoh uji yang dikehendaki. Potongan papan tersebut disimpan di dalam ruang dengan kelembaban nisbi (RH) $\pm$ 65% pada temperatur $\pm$ 20 °C selama 10 hari, sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian Papan Serat Dengan Metode WKI (Wilhelm Klauditz Institute) (Modifikasi Untuk Penetapan Emisi Formaldehida)

Papan serat yang berukuran 2,5 cm x 2,5 cm x tebal yang telah ditimbang terlebih dahulu kemudian digantung dengan pengait dalam botol plastik berkapasitas 500 ml yang telah berisi air aquades 50 ml. Peletakan papan serat dapat dilihat pada Gambar 1. Botol tersebut dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 40 °C selama 24 jam.

Gambar 1. Peletakan contoh uji Metode WKI Modifikasi

Pembuatan Kurva Kalibrasi Dan Standarisasi Larutan

Standarisasi

Sebanyak 1 ml larutan formalin (37 % formaldehida) dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml, kemudian ditambahkan air suling hingga tepat 1000 ml (Standar A).

Kurva Kalibrasi

Data ini digunakan untuk membuat kurva kalibrasi yang mana apabila hasilnya mendekati garis linier atau linier, maka datanya dapat

dipergunakan untuk uji lanjut yaitu uji emisi formaldehida.

Adapun cara membuat kurva kalibrasi dapat dilihat sebagai berikut: Sebanyak 12,5 ml larutan Standar A dipipet dan dimasukkan pada labu ukur 100 ml, kemudian ditambahkan air suling hingga 100 ml (Larutan Standar B). Selanjutnya mengambil 6 buah Erlenmeyer asah kecil (100 ml) dan diberi tanda dengan 0, 1, 2, 3, 4 dan 5. Pada masing-masing Erlenmeyer dimasukkan air suling berturut-turut dengan cara yang tertera pada tabel berikut (Tabel 4):

Tabel 4. Langkah-langkah Pembuatan Kurva Kalibrasi Dengan Larut Standar B

No. Erlenmeyer	Larutan Standar B	Volume Aquades
0	25 ml	0 ml
1	24 ml	1 ml
2	23 ml	2 ml
3	22 ml	3 ml
4	21 ml	4 ml
5	20 ml	5 ml

Pada setiap erlenmeyer (1, 2, 3, 4, 5), tambahkan 10 ml larutan *asetil acetone* dan 10 ml larutan *ammonium acetat* kemudian dipanaskan selama 15 menit pada suhu 40°C dan dinginkan hingga mencapai suhu ruang (23°C – 25°C). Nilai absorbansi diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada pembacaan panjang gelombang 412 nm dengan 3 kali ulang. Setelah nilai absorbansi didapat, selanjutnya mencari persamaan regresi untuk digunakan dalam perhitungan konsentrasi formaldehida larutan sampel yang akan diuji.

Emisi Formaldehida

Emisi formaldehid ditentukan dengan menguapkan beberapa contoh uji dengan ukuran 2,5 cm x 2,5 cm x tebal, dengan total berat tidak lebih dari 20 g di atas 50 ml aquades dalam botol PE 500 ml, diletakkan dalam oven dengan suhu 40°C selama 24 jam. Setelah itu botol-botol yang berisi contoh uji dikeluarkan dari oven, dan

kemudian disimpan dalam lemari tertutup selama setengah jam, agar tercapai penyerapan formaldehid dalam air secara optimal. Dari larutan absorpsi yang diperoleh, diambil 10 ml dengan pipet dan disimpan dalam botol berpenutup, kemudian ditambahkan 10 ml larutan asetilaseton 0,04 M dan 10 ml larutan ammoniumasetat 20%. Larutan sample tadi dimasukkan dalam shaker-waterbath bersuhu 40 °C selama 15 menit. Setelah itu didinginkan dalam suhu ruangan selama 1 jam, dan selanjutnya kandungan formaldehid dalam larutan ditentukan secara fotometris dengan panjang gelombang 412 nm, dimana sebelumnya ditentukan nilai emisi formaldehid terhadap larutan blanko.

Hasil uji emisi formaldehida selanjutnya dianalisis lebih lanjut dengan rancangan percobaan menggunakan analisis faktorial yang disusun dalam Rancang Acak Lengkap dengan 2 faktor antara lain faktor I : jenis bahan ikat silang (*cross-linking*)

agent) yaitu *hexamethylene tetramine*, *ethylene glycol*, *dimethylol urea* dan faktor II : komposisi perekat yaitu 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 0%. Hasil analisis sidik ragam yang menunjukkan perbedaan nyata diuji lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar emisi formaldehida papan serat berkisar antara 0,0756 mg/l – 0,1169 mg/l untuk *hexamethylene tetramine* (H). Sedangkan kadar emisi formaldehida pada *ethylene glycol* (E) berkisar antara 0,0466 mg/l – 0,1140 mg/l, dan untuk *dimethylol urea* (D) berkisar antara 0,1085 mg/l – 0,1140 mg/l. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai emisi formaldehida papan serat hasil penelitian memenuhi standar *Japanese industrial Standard (JIS) A 5905* (2003) yang telah ditetapkan yaitu < 1,0 mg/l. Selain itu juga memenuhi standar yang ditetapkan di negara Amerika dan Australia yaitu maksimum 0,3 ppm atau 0,3 mg/l, serta memenuhi syarat yang ditetapkan di negara Jerman yaitu 0,1 mg/l (Putra K. A, 2012).

Sedangkan pengaruh jenis bahan ikat silang (*cross-linking agent*) dan komposisi perekat terhadap emisi formaldehida Gambar 2.

Hasil uji analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh jenis substitusi bahan ikat silang (*cross-linking agent*), komposisi perekat dan interaksi keduanya berbeda nyata dalam menurunkan emisi formaldehida. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan F hitung lebih besar yaitu 31,0606 dibanding dengan F tabel yaitu 3,26 yaitu jenis bahan ikat silang. Untuk F hitung komposisi perekat sebesar 15,3074 lebih besar dengan F tabel sebesar 2,48 dan F hitung interaksi keduanya dengan nilai 8,2694 lebih besar dibandingkan dengan F Tabel dengan nilai 2,1.

Faktor yang berpengaruh sangat nyata tersebut diuji lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5 % sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil nilai BNT_{0,05} untuk jenis substitusi bahan ikat silang (*cross linking agent*) sebesar 0,0188, maka jenis substitusi perekat berbahan *cross linking agent* yaitu *hexamethylene tetramine* terhadap *ethylene glycol* dalam menurunkan emisi formaldehida tidak berbeda nyata dan *hexamethylene tetramine* terhadap *dimethylol urea* dalam menurunkan emisi formaldehida berbeda nyata. Sedangkan jenis substitusi perekat berbahan *cross linking* yaitu *ethylene glycol* terhadap *dimethylol urea* dalam menurunkan emisi formaldehida berbeda nyata.

Keterangan :

H : *hexamethylene tetramine*, E : *ethylene glycol*, D : *dimethylol urea*

Gambar 2. Pengaruh Jenis Bahan Ikat Silang (*Cross-linking Agent*) dan Komposisi Perekat terhadap Emisi Formaldehida

Tabel 5. Nilai Rataan Jenis Substitusi Bahan Ikatan Silang (Cross Linking Agent) dan Komposisi Perekat Pada Emisi Formaldehida

KOMPOSISI PEREKAT	JENIS SUBSTITUSI BAHAN IKAT SILANG (CROSS LINKING AGENT)			Nilai Rata-Rata
	H	E	D	
I	0,1140 a	0,1140 a	0,1140 a	0,1139b
II	0,0756 b	0,1019 a	0,1085 a	0,0952b
III	0,1270 a	0,1128 a	0,1085 a	0,1159a
IV	0,1066 b	0,0932 a	-	0,0666c
V	0,1169 a	0,0893 b	-	0,0687c
VI	0,1065 b	0,0466 b	-	0,0511c
Nilai Rata-rata	0,1078b	0,0930b	0,0550a	

Keterangan ;

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

H : hexamethylene tetramine, E : ethylene glycol, D : dimethylol urea

- : papan seratnya tidak dibuat karena perekat yang dibuat cepat mengeras sehingga tidak dapat disemprotkan ke serat pada pembuatan papan serat

Komposisi perekat memiliki nilai $BNT_{0,05}$ sebesar 0,0198, maka komposisi perekat yang menyatakan tidak beda nyata dalam menurunkan emisi formaldehida yaitu komposisi Perekat I terhadap komposisi perekat IV, komposisi perekat V, komposisi VI, komposisi perekat II terhadap komposisi perekat III, komposisi IV, Komposisi perekat V, komposisi perekat VI, Komposisi perekat III terhadap komposisi perekat IV, komposisi perekat V dan komposisi perekat IV. Sedangkan komposisi perekat yang menyatakan beda nyata yaitu komposisi perekat IV terhadap komposisi perekat V, komposisi perekat V dan komposisi perekat V terhadap komposisi perekat VI. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin banyak bahan komposisi penggunaan bahan ikatan silang semakin besar dalam menurunkan emisi formaldehida.

Untuk Uji $BNT_{0,05}$ interaksi antara jenis substitusi bahan ikatan silang dan komposisi perekat sebesar 0,0343, maka yang menyatakan tidak berbeda nyata pada kolom yang sama dalam menurunkan emisi formaldehida yaitu hexamethylene tetramine terhadap ethylene glycol pada komposisi perekat VI, hexamethylene terhadap dimethylol

urea Komposisi perekat IV sampai komposisi perekat IV dan ethylene glycol terhadap dimethylol urea pada komposisi perekat IV sampai komposisi perekat IV. Dan untuk beda nyata dalam menurunkan emisi formaldehida yaitu hexamethylene tetramine terhadap ethylene glycol pada komposisi perekat I sampai komposisi perekat V, hexamethylene terhadap dimethylol urea Komposisi perekat I sampai komposisi perekat III dan ethylene glycol terhadap dimethylol urea pada komposisi perekat I sampai komposisi perekat III.

Hal ini berarti bahwa penambahan substitusi bahan pengikat (cross linking agent) berupa hexamethylene tetramine, ethylene glycol dan dimethylol urea dapat menurunkan emisi formaldehida karena radikal bebas atau emisi yang dihasilkan dalam reaksi bergabung membentuk polimer ikatan silang, yang penyusunannya melalui macromonometer (Bhattacharya A. et al. 2009). Sedangkan menurut Hestysachi, 2011 bahwa bahan cross linking agent berupa hexamethylene tetramine, ethylene glycol dan dimethylol urea dapat berfungsi sebagai jembatan metilena atau ikatan kimia yang menyatukan 2 (dua) rantai polimer.

Apabila terjadi pengadukkan, beberapa ikatan akan terbentuk 3 dimensi yang akan meningkatkan ketahanan terhadap deformasi serta mengurangi solubilitas untuk terjadinya emisi dan penyerapan air. Reaksi polimerisasi terjadi sempurna, karena adanya Kekuatan polimer bertambah dengan semakin panjangnya rantai/jumlah monomer sehingga semakin banyak gaya antar molekul polimer dengan rantai-rantai penyusunnya sehingga meningkat dan menaikkan kekerasan polimer.

Selain itu juga dalam menghasilkan suatu perekat sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti perbandingan jumlah mol reaktan, katalis (pH sistem reaksi), temperatur, dan waktu reaksi. Kondisi reaksi ini sangat menentukan jenis produk yang dihasilkan, sehingga pada kondisi yang berbeda akan dihasilkan produk yang mempunyai sifat fisik, kimia dan mekanik yang berbeda pula. Karena itu kondisi operasi ditentukan oleh produk akhir yang dikehendaki. Hal ini dipertegas oleh Rosamah (2003) bahwa kondisi dan pertambahan bahan pengikat (cross linking agent) sangat berpengaruh dalam menurunkan emisi formaldehida. Semakin banyak ditambahkan bahan cross linking agent semakin rendah emisi formaldehida. Begitu juga pada kondisi yaitu penggunaan suhu yang tinggi dapat menurunkan emisi formaldehida. Ini terjadi pada saat press panas perekat berbahan cross linking agent masuk kedalam pori-pori serat menyatu perekat dengan bahan dan mengeluarkan udara beserta emisi pada saat pengempaan dibuka.

Menurut Roffael (1993) dalam Santoso (2001) bahwa emisi formaldehida bergantung pada faktor eksternal seperti kelembaban, temperature dan pertukaran udara dalam ruang, serta faktor internal seperti jenis bahan, komposisi perekat yang digunakan dalam pembuatannya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jenis bahan ikat silang (*cross-linking agent*) yang memberikan hasil terbaik dalam menurunkan emisi formaldehida adalah *ethylene glycol* pada komposisi perekat VI yaitu 0,0466 sedangkan jenis bahan ikat silang (*cross-linking agent*) yang berpengaruh nyata dalam menurunkan emisi formaldehida yaitu *ethylene glycol* terhadap *dimethylol urea*, sedangkan untuk komposisi perekat yang berpengaruh nyata dalam menurunkan emisi formaldehida yaitu komposisi Perekat I terhadap komposisi perekat IV, komposisi perekat V, komposisi VI, komposisi perekat II terhadap komposisi perekat III, komposisi IV, Komposisi perekat V, komposisi perekat VI, Komposisi perekat III terhadap komposisi perekat IV, komposisi perekat V dan komposisi perekat IV dan interaksi antara jenis bahan ikat silang dengan komposisi perekat yang berbeda nyata adalah *hexamethylene tetramine* terhadap *ethylene glycol* pada komposisi perekat VI, *hexamethylene* terhadap *dimethylol urea* Komposisi perekat IV sampai komposisi perekat IV dan *ethylene glycol* terhadap *dimethylol urea* pada komposisi perekat IV sampai komposisi perekat IV.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharya Amit, Rawlins W. James, Ray Paramita . 2009. *Polymer Grafting And Cross Linking* John Wiley & Sons, Inc. Publication Published by John Wiley & Sons, Inc., Canada
- Cameron R., 2001. Formaldehyde in the wood based panel industry. *FDM Asia*. 13 (7) : 28-31.
- Daud Muhammad, 2009. Pengaruh Rasio Perekat Urea Formaldehida (UF) dan Isosianat Terhadap Kadar Emisi Formaldehida Kayu Lapis Sengon (*Paraserianthes falcataria*).

- <http://daudforesterunhas.blogspot.com/2009/09/pengaruh-rasio-perekat-urea.html> Tanggal 7 Desember 2011.
- Hestysachi. 2009. Aklirik. <http://sachi-hestysachi.blogspot.com/2011/05/akrilik.html> Tanggal 05 Mei 2011
- [JIS] Japanese Industrial Standard. 2003. *Fiberboards*. JIS A 5905-2003.
- MAL (Mutu Agung Lestari, 2003a. Emisi Formaldehida dalam Produk Kayu Lapis. Depok. PT. Mutu Agung Lestari. (Tidak diterbitkan).
- Muhadiis, 2010 Laboratorium Opearsi Teknik Kimia Fakultas Teknik UNTIRTA. <http://www.scribs.com/doc/595076/6.4/Urea-Formaldehida-1> Tanggal 23 Mei 2012
- Putera Kurniawan Ady, 2012. Keuntungan dan Kerugian Pemakaian Medium Density Board (MDF). <http://jualtriplek.wordpress.com/2012/05/22/keuntungan-dan-kerugian-pemakaian-medium-density-board-mdf/> Tanggal 5 Mei 2012
- Rosamah E., 1997. *The Utilization of Tannin From Bark of Acacia Mangium Willd As Adhesive Constituent. (Thesis). Master Science Degree in Tropical Forestry. Faculty of Forestry and Ecology. Georg-August-University Göttingen. Jerman*
- Rosamah E. , 2003. *Einige Aspekte Der Tanninverleimung* (Dissertasi ISBN 3-86537-255-4). Cuvillier Verlag Göttingen. Jerman
- Santoso Adi, Ruhendi Surdiding, Hadi Sudo Yusuf dan Achmadi S. Suminar, 2001. Pengaruh Komposisi perekat Lignin Resorsinol Formaldehida Terhadap Emisi Formaldehida dan sifat Fisis-Mekanis Kayu lamina. *Jurnal teknologi Hasil Hutan* , Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Saptosari Mahardika, 2006. Pengaruh Jumlah Lapisan Venir Kayu Lapis Terhadap Emisi Formaldehida (Studi Kasus). Fakultas Kehutan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sunarti S., 2000. Emisi Formaldehida dalam Hubungannya Dengan Penggunaan Kombinasi Jenis kayu Pada Kayu Lapis Dengan Perekat Urea Formaldehida. (Skripsi). Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UNB. Bogor . (Tidak diterbitkan).
- Tohmura S.L., C.Y. Hse and M. Higuchi., 2000. *Formaldehyde emission and high temperature stability of cured urea formaldehyde resins*. *J. Wood Sci.* 46: 303 – 309.
- Wang W., Gardner DJ, Bauman MGD., 2002. *Volatile Organic Compound Emission During Hot Pressing of Southern Pine Particle Board : “ Panel Size Effect and Trade-Off Between Press Time and Temperature”*. *Forest Product Journal*. 52(4):24-30.