

## ARANG AKTIF SEBAGAI BAHAN PENANGKAP FORMALDEHIDA PADA KAYU LAPIS

Gustan Pari<sup>1</sup>, Kurnia Sofyan<sup>2</sup>, Wasrin Syafii<sup>2</sup> dan Buchari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Puslitbang Teknologi Hasil Hutan, Jalan Gunung Batu No 5 Bogor.

<sup>2</sup> Departemen Teknologi Hasil Hutan, Institut Pertanian Bogor

<sup>3</sup> Departemen Kimia, Institut Teknologi Bandung

### ABSTRACT

*This paper discusses the activated charcoal from jati (*Tectona grandis* L.f) sawdust used as catching agent of formaldehyde on plywood glued with urea formaldehyde. The activated charcoal was produced in a stainless steel retort with electrical heater at temperature of 850°C by using  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  0.25 % as activating agent with reaction time of 90 minutes. To reduce formaldehyde emission from plywood, activated charcoal were added to urea formaldehyde adhesives at four levels i.e 0, 2, 4, 6 and 8 %. FTIR, XRD and SEM were used to evaluate the structure of activated charcoal.*

*The results showed that the yield of activated charcoal was 53.11 %, moisture content 1.43 %, ash content 7.07 %, volatile matter 6.07 %, and fixed carbon 86.85 %. The adsorptive capacity of iodine 1196.6 mg/g, benzene 21.75 %, formaldehyde 48.12 % and methylene blue 319.18 mg/g and surface area 1183.4 m<sup>2</sup>/g. The quality of activated charcoal especially the adsorptive capacity of iodine has met the commercial standard requirement of the Japanese Standard. The structure of activated charcoal was polar, amorphous and macropore with pore diameter range from 1.3 – 1.6  $\mu\text{m}$ , degree of crystallinity 26.0 %, the height ( $L_c$ ) and wide ( $L_a$ ) were 2.47 and 13.42 nm. The number ( $N$ ) of aromatics layer was 7.0. The free formaldehyde content of urea formaldehyde resin and the emission of formaldehyde from plywood decreased as the concentration of activated charcoal increased, and the bonding strength of plywood met the Indonesian and Japanese Standard requirement.*

**Keywords:** activated charcoal, jati, structure, iodine, formaldehyde, plywood

### PENDAHULUAN

Kayu lapis umumnya dibuat dengan perekat urea formaldehida karena penggunaannya digunakan di dalam ruangan dan perekat urea formaldehida ini relatif murah. Namun demikian penggunaan perekat ini menyebabkan emisi formaldehida yang relatif tinggi sehingga dikhawatirkan mengganggu kesehatan. Konsentrasi sebesar 0,5 ppm dengan waktu kontak selama 5 menit dapat menimbulkan iritasi tenggorokan (Pettersson, 1976). Mempertimbangkan hal ini beberapa negara telah mengeluarkan standar yang membatasi emisi formaldehida dari kayu lapis, seperti Jepang yang pada tahun 1987 mensyaratkan emisi formaldehida yang keluar dari kayu lapis maksimum sebesar 0,5 mg/L namun pada tahun 2003 Standar Jepang (JAS, 2003) mensyaratkan emisi formaldehida yang keluar dari kayu lapis maksimum sebesar 0,3 mg/L.

Usaha mengurangi emisi formaldehida dari kayu lapis tersebut ada beberapa cara antara lain dengan mencampurkan bahan penangkap ke dalam ramuan perekat seperti urea, melamin dan amonium karbonat karena bahan tersebut mengurangi formaldehida bebas dalam perekat. Penelitian yang sudah

dilakukan untuk mengurangi emisi formaldehida adalah dengan jalan menambahkan bahan penangkap berupa urea, melamin dan campurannya. Disimpulkan bahwa emisi formaldehidanya menurun tetapi diikuti dengan penurunan keteguhan rekat kayu lapis (Santoso dan Sutigno, 1998). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Asano, *et al* (1999) menunjukkan arang aktif dari kayu *Cryptomeria japonica* dapat menyerap formaldehida yang berasal dari formalin. Selain itu arang aktif yang terbuat dari serat rayon juga dapat menyerap formaldehida yang penelitiannya dilakukan dengan sistem desikator (Rong, *et al* 2002).

Berdasarkan hal tersebut di atas dilakukan penelitian untuk mengurangi emisi formaldehida pada kayu lapis dengan cara mencampur arang aktif dengan perekat urea formaldehida (UF). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur dan mutu dari arang yang diaktivasi dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  dan pengaruh penambahan arang aktif terhadap emisi formaldehida serta mekanisme terjadinya proses penyerapan formaldehida ke dalam arang aktif yang lebih bersifat polar.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu jati (*Tectona grandis* L.f) sebagai bahan pembuatan arang aktif dan kayu mangium (*Acacia mangium* Willd) sebagai bahan pembuatan kayu lapis. Bahan kimia yang digunakan di antaranya adalah KI, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, yodium, kanji, benzena dan urea formaldehida. Peralatan yang digunakan di antaranya adalah tungku, tanur, oven, dan peralatan gelas.

### Metode

#### Pembuatan Arang Aktif

Arang aktif dibuat di dalam suatu tungku yang terbuat dari baja tahan karat yang dilengkapi dengan pemanas listrik dan termokopel. Arang serbuk jati dengan ukuran lolos 40 mesh dipanaskan pada suhu 850<sup>0</sup>C, lalu diaktivasi dengan mengalirkan uap NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 0,25 % selama 90 menit. Arang aktif yang dihasilkan, selanjutnya digunakan untuk menyerap emisi formaldehida kayu lapis dengan cara mencampurkan serbuk arang aktif jati tersebut pada perekat urea formaldehida.

#### Pembuatan Kayu Lapis

Kayu lapis dibuat berupa triplek dari venir kayu mangium yang tebalnya 1,5 mm. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida dengan pengeras NH<sub>4</sub>Cl 0,5 %, tepung terigu 10 % dan arang aktif sebanyak 2, 4, 6 dan 8 % dari berat perekat UF. Banyaknya ramuan perekat yang dilaburkan adalah seberat 170 g/m<sup>2</sup> permukaan. Pengempaan panas dilakukan pada suhu 170<sup>0</sup>C selama 5 menit dengan tekanan sebesar 10 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Identifikasi Struktur Arang Aktif

Analisis gugus fungsi dengan menggunakan spektrofotometri infra merah (FTIR) (Pelkin Elmer 1600) dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur yang terjadi selama proses aktivasi. Topografi permukaan arang aktif dengan *scanning electron microscope* (SEM) (Hitachi, 4500), yang dilakukan dengan cara melapis bahan baku dengan platina, dan untuk mengetahui derajat kristalin, jarak antar lapisan, tinggi antar lapisan aromatik dan jumlah lapisan aromatik digunakan difraksi sinar X (XRD) (Shimadzu, XD-DI) dengan sumber radiasi tembaga (Iguchi, 1997 ; Jimenez, *et al.* 1999 ; Kercher, 2003). Derajat kristalinitas (X) ditentukan dengan rumus di bawah ini :

$$X = \frac{\text{Bagian kristalin}}{\text{Bagian kristal} + \text{Bagian amorf}} \times 100 \%$$

Selanjutnya beberapa karakteristik fisiko-kimia arang aktif ditentukan berdasarkan persamaan-persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar lapisan aromatik (d}_{002}\text{): } & \lambda = 2 d \sin \theta \\ \text{Tinggi lapisan aromatik (L}_c\text{): } & L_{c(002)} = K \lambda / \beta \cos \theta \\ \text{Lebar lapisan aromatik (L}_a\text{): } & L_{a(100)} = K \lambda / \beta \cos \theta \\ \text{Jumlah lapisan aromatik (N): } & N = L_c / d \\ \lambda = & 0,15406 \text{ nm (panjang gelombang dari radiasi} \\ & \text{sinar Cu)} \\ \beta = & \text{Intensitas } \frac{1}{2} \text{ tinggi dan lebar (radian } \theta\text{)} \\ K = & \text{Tetapan untuk lembaran graphene (0,89)} \\ \theta = & \text{Sudut difraksi} \end{aligned}$$

#### Pengujian Mutu Arang Aktif, Perekat Urea Formaldehida dan Kayu Lapis

Pengujian mutu arang aktif, perekat urea formaldehida dan kayu lapis dilakukan berdasarkan Standar Indonesia dan Jepang (SNI, 1995, SNI, 1998 dan JAS, 2003) yang meliputi penetapan kadar air, abu, zat terbang, karbon terikat, daya serap terhadap benzen, yodium dan metilen biru untuk arang aktif. Penetapan viskositas, pH, waktu tergelatinasi, kadar formaldehida bebas untuk perekat UF dan penetapan keteguhan rekat kayu lapis, kerusakan kayu, dan emisi formaldehida untuk kayu lapis

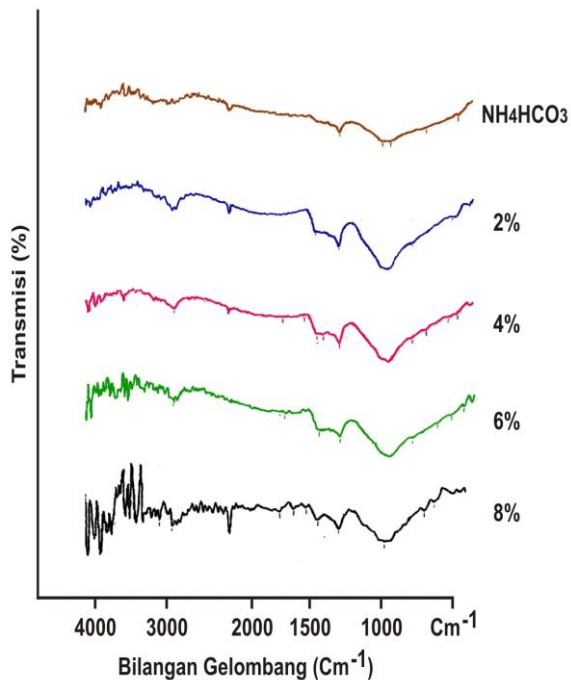
#### Penangkapan Emisi Formaldehida

Analisis dengan menggunakan FTIR, XRD dan SEM dilakukan untuk mengetahui mekanisme yang terjadi antara arang aktif dengan formaldehida. Pengaruh kadar arang aktif yang ditambahkan pada perekat urea formaldehida diuji pengaruhnya terhadap mutu perekat UF dan kayu lapis.

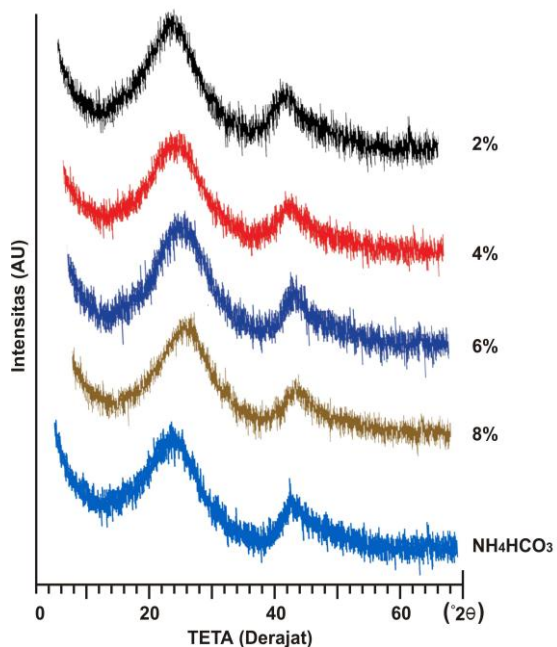
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Arang Aktif

Hasil gugus fungsi struktur arang aktif pada FTIR (Gambar 1) menunjukkan adanya vibrasi C-H dan C-O-C yang ditunjukkan oleh adanya pita serapan di daerah bilangan gelombang 1396 dan 1096 cm<sup>-1</sup> (Bilba dan Ouensanga, 1996), selain itu terdapat juga vibrasi C-O dan C-H yang berasal dari senyawa aromatik karena terdapat pita serapan di daerah 1037 dan 784 cm<sup>-1</sup> (Menendez *et al.*, 1999; Puziy *et al.*, 2003).

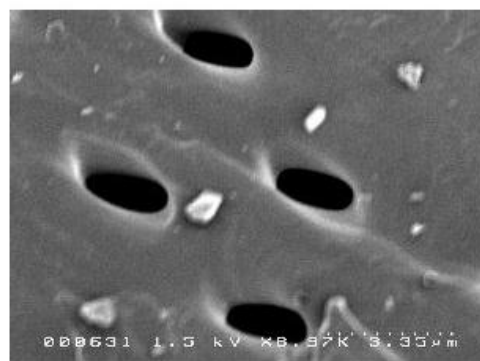
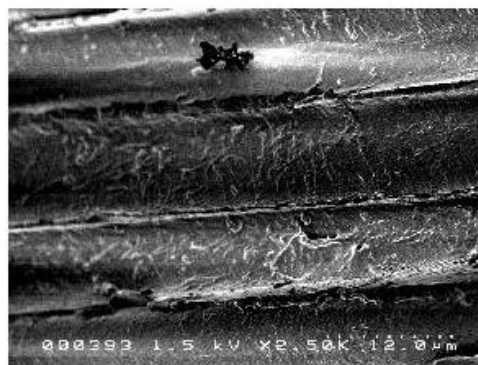


Gambar 1. Pola spektrum FTIR arang yang diaktivasi NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> dan pola spectrum arang aktif setelah menyerap formaldehida pada beberapa tingkat konsentrasi arang aktif



Gambar 2. Pola difraksi sinar X arang yang diaktivasi NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> dan pola difraksi arang aktif setelah menyerap formaldehida pada beberapa tingkat konsentrasi arang aktif

Hasil analisis pola difraksi XRD (Gambar 2) menunjukkan bahwa derajat kristalinitas (X) arang yang diaktivasi dengan NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> adalah sebesar 26,0 %, yang berarti arang aktif yang dihasilkan bersifat amorf. Hasil ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Tanaka *et al*, (1997) dan Lu *et al*, (2001) yang menyatakan adanya interaksi antar lapisan heksagonal dan terjadi penurunan derajat kristalinitas selama proses aktivasi. Kristalit yang terbentuk mempunyai tinggi (L<sub>c</sub>) , dan lebar (L<sub>a</sub>) lapisan aromatik sebesar 2,47 dan 13,42 nm dengan jumlah lapisan aromatik (N) sebanyak 7,0.



Gambar 3. Topografi permukaan arang aktif yang diaktivasi dengan NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> pada suhu 850<sup>o</sup>C selama 90 menit

Hasil analisis SEM (Gambar 3) menunjukkan bahwa diameter permukaan pori arang aktif berkisar antara 1,3 – 1,6 µm yang termasuk ke dalam struktur makropori (Buekens *et al*, 1985). Selama proses aktivasi, lempeng karbon kristalit atau celah menjadi tidak teratur dan mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit atau celah menjadi terbuka. Hal ini disebabkan karena gas pengaktif mendorong residu hidrokarbon seperti ter, fenol, metanol, dan senyawa lain yang menempel pada permukaan arang. Pergeseran lempeng karbon kristalit selain

membentuk pori baru, juga mengembangkan ukuran pori yang sudah ada, sehingga dari mikropori menjadi makropori (Miura *et al*, 2000; Mochida *et al*, 2000; Lin dan Ritter, 2000). Dari hasil identifikasi struktur tersebut di atas dapat dikemukakan bahwa arang yang diaktivasi dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  bersifat polar, dan amorf dengan struktur makropori. Hasil pengujian sifat daya hantar listrik menunjukkan bahwa arang aktif ini bermuatan positif dengan nilai tahanan ( $r$ ) 64,4 ohm dan bersifat basa dengan pH sebesar 9,77. Hasil ini sejalan dengan apa yang dikemukakan oleh Bismarck *et al*, (1999). Burg *et al*, (2003) dan Castilla (2004) yaitu bahwa arang aktif yang bersifat basa dan bermuatan positif juga bersifat hidrofobik.

**Mutu Arang Aktif**

Rendemen arang aktif yang dihasilkan adalah sebesar 53,11 % dengan kadar air 1,43 %, kadar abu 7,07 %, kadar zat terbang 6,07 %, dan kadar karbon 86,85 %. Kadar air, abu, zat terbang dan kadar karbon ini memenuhi persyaratan Standar Indonesia (SNI, 1995). Daya serap terhadap yodium dan metilen biru sebesar 1196,6 dan 319,2 mg/g, daya serap terhadap uap benzena dan formaldehida 21,75 dan 48,12 % serta luas permukaan sebesar 1183,4 m<sup>2</sup>/g. Daya serap yodium dan metilen biru memenuhi persyaratan Standar Jepang (JIS, 1967) karena daya serapnya lebih dari 1050 dan 120 mg/g, sedangkan untuk daya serap terhadap benzena tidak memenuhi standar karena kurang dari 35 %. Apabila dibandingkan dengan arang yang diaktivasi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  (Pari 1998), arang yang diaktivasi dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  ini memiliki rendemen, kadar karbon dan daya serap yodium lebih tinggi, sedangkan untuk kadar air, abu dan zat terbang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa adanya senyawa  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  yang mudah terurai terutama pada suhu tinggi membantu mempermudah reaksi oksidasi dan menghilangkan senyawa non karbon yang menempel pada permukaan arang aktif terutama gugus C(CO) dan C(H<sub>2</sub>) (Gambar 4). Daya serap arang aktif terhadap formaldehida lebih besar dibandingkan dengan terhadap benzena, hal ini menunjukkan bahwa arang yang diaktivasi dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  ini lebih bersifat polar sesuai dengan hasil analisis FTIR (Gambar 1).



- (1)  $3\text{C} + 4\text{NH}_3 \text{ <=====}> 2\text{NH}_4\text{CN} + \text{CH}_4$   
 $\text{C} + \text{NH}_3 \text{ <=====}> \text{HCN} + \text{H}_2$   
 $\text{CO} + \text{NH}_3 \text{ <=====}> \text{HCN} + \text{H}_2\text{O}$
- (2)  $\text{C} + \text{CO}_2 \text{ -----} \text{> C(O)} + \text{CO}$   
 $\text{C(O)} \text{ -----} \text{> CO}$   
 $\text{CO} + \text{C} \text{ =====} \text{> C(CO)}$

- (3)  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \text{ <=====}> \text{C(H}_2\text{O)}$   
 $\text{C(H}_2\text{O)} \text{ -----} \text{> H}_2 + \text{C(O)}$   
 $\text{C(O)} \text{ -----} \text{> CO}$
- (4)  $\text{C} + \text{H}_2 \text{ <=====}> \text{C(H}_2)$   
 $2\text{C} + \text{H}_2\text{O} \text{ -----} \text{> C(H)} + \text{C(OH)}$   
 $\text{C(H)} + \text{C(OH)} \text{ -----} \text{> C(H}_2) + \text{C(O)}$   
 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \text{ -----} \text{> CO}_2 + \text{H}_2$   
 $\text{CO} + \text{C(O)} \text{ <=====}> \text{CO}_2 + \text{C}$

Gambar 4. Reaksi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  dengan karbon

**Mutu Perekat Urea Formaldehida dan Kayu Lapis**

Beberapa sifat perekat urea formaldehida dan sifat kayu lapis tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa sifat perekat UF dan kayu lapis

Sifat	Konsentrasi arang aktif yang ditambahkan (%)				
	0	2	4	6	8
Kadar formaldehida bebas, %	3,354	2,036	1,849	1,439	1,123
Viskositas (poise)	8,00	8,20	9,10	10,00	10,20
Waktu gelatinasi (menit)	14	25	45	60	125
Derajat keasamaan (pH)	7,35	8,01	8,26	8,31	8,66
Kadar emisi formaldehida kayu lapis, mg/L	0,211	0,044	0,043	0,041	0,039
Keteguhan rekat kering kayu lapis, kg/cm <sup>2</sup>	13,12	15,69	14,39	12,94	11,69
Keteguhan rekat basah kayu lapis, kg/cm <sup>2</sup>	6,90	11,19	12,23	11,58	6,20
Kerusakan kayu lapis kering (%)	40	50	80	90	50
Kerusakan kayu lapis basah (%)	10	10	20	30	10

**Mutu Urea Formaldehida**

**Kekentalan, Waktu Gelatinasi dan pH**

Kekentalan, waktu gelatinasi (Gelatine time) dan pH perekat UF masing-masing berkisar 8,0 – 10,2 poise, 14 - 125 menit dan 7,35 – 8,66 (Tabel 1). Peningkatan kadar arang aktif dalam ramuan perekat menyebabkan kekentalan dan pH semakin tinggi, serta waktu gelatinasi makin lama. Hal ini wajar mengingat arang aktif bersifat polar sehingga mampu mengadsorpsi air yang terkandung dalam perekat. Selain itu dengan meningkatnya kadar arang aktif berarti jumlah perekat UF dalam ramuan makin berkurang sehingga lebih efisien. Perekat UF bersifat netral (pH = 7,25) dan dalam kondisi asam akan cepat mengeras, sebaliknya dalam kondisi basa lambat. Di lain pihak arang aktif bersifat basa,

sehingga penambahan arang aktif akan memperlambat waktu pengerasan yang berarti meningkatkan waktu tergelatin.

**Formaldehida Bebas**

Kadar formaldehida bebas di dalam perekat UF berkisar antara 1,123 – 3,354 % (Tabel 1). Nilai tersebut memenuhi persyaratan Standar Indonesia (SNI, 1998) karena kurang dari 3 %, kecuali perekat yang tidak ditambah arang aktif. Meningkatnya kadar arang aktif dalam ramuan perekat cenderung menyebabkan kadar formaldehida bebas semakin rendah. Hal ini disebabkan karena arang aktif bersifat polar sehingga mampu mengadsorpsi formaldehida yang juga bersifat polar, sesuai dengan hasil identifikasi gugus fungsi FTIR (Gambar 1). Selain itu makin banyak arang aktif yang digunakan maka keberadaan pola struktur amorf dan makroporinya makin banyak pula.

**Uji Mutu Kayu Lapis**

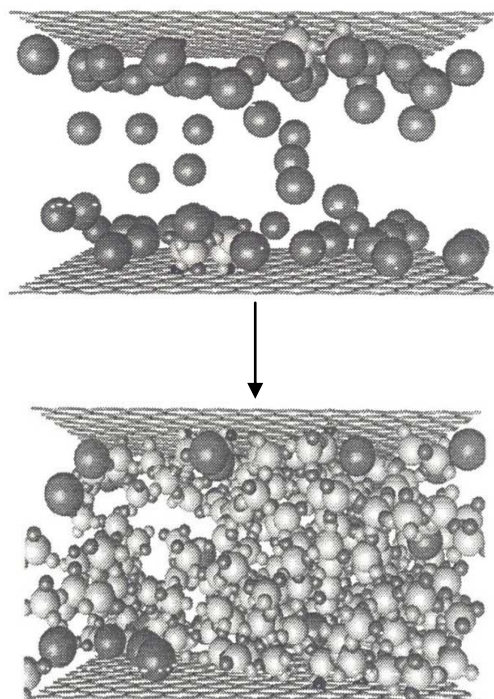
**Keteguhan Rekat Kayu Lapis**

Keteguhan rekat kering kayu lapis berkisar antara 11,96 – 15,69 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan kerusakan kayunya ada di antara 40 –90 %, dan keteguhan rekat basah antara 6,20 – 12,23 kg/cm<sup>2</sup> dengan kerusakan kayu antara 10 – 30 % (Tabel 1). Semua nilai keteguhan rekat kayu lapis memenuhi persyaratan Standar Indonesia karena nilainya tidak kurang dari 7 kg/cm<sup>2</sup>, kecuali keteguhan rekat yang diberi arang aktif sebanyak 8 %. Pada kadar 0 % kekentalannya relatif rendah sehingga perekat meresap lebih banyak ke dalam kayu akibatnya garis rekat relatif tipis sehingga memperlemah ikatan antara perekat dan kayu yang ditunjukkan dengan rendahnya kerusakan kayu. Sebaliknya pada perekat yang ditambah arang aktif kekentalannya lebih tinggi sehingga tidak banyak perekat yang meresap ke dalam kayu akibatnya garis rekat relatif tebal sehingga ikatannya lebih kuat yang ditunjukkan oleh kerusakan kayu yang lebih besar. Bila penambahan arang aktif ditingkatkan, maka kekentalan akan meningkat sehingga penyerapan perekat ke dalam kayu makin berkurang dan garis rekatnya terlalu tebal yang mengakibatkan ikatan antara perekat dan kayu kurang kuat yang ditunjukkan oleh kerusakan kayu yang lebih kecil (Tabel 1).

**Emisi Formaldehida Kayu Lapis**

Emisi formaldehida kayu lapis berkisar antara 0,039 – 0,211 mg/L (Tabel 1) Semua nilai emisi formladehida tersebut memenuhi persyaratan Standar Jepang untuk mutu kelas utama (F\*\*\*\*) karena nilainya tidak lebih dari 0,3 mg/L (JAS,

2003). Penambahan arang aktif berpengaruh sangat nyata terhadap emisi formaldehida sesuai dengan sidik ragam. Pengaruhnya berupa penurunan emisi formaldehida sesuai dengan uji beda. Hal ini sejalan dengan penurunan formaldehida bebas pada perekat UF sebagai akibat pemberian arang aktif (Tabel 1) dan menunjukkan bahwa arang aktif termasuk bahan penangkap formaldehida. Penambahan arang aktif sebanyak 2 % dapat menurunkan emisi formaldehida sebanyak 0,167 mg/L (79,15 %). Penambahan arang aktif berikutnya sebanyak 2 % sampai 8 % menyebabkan penurunan emisi formaldehida yang lebih kecil. Kecenderungan serupa terjadi pula pada penggunaan bahan penangkap lain seperti urea, melamin dan campuran urea + melamin (Santoso dan Sutigno, 1998). Kecenderungan penurunan emisi formaldehida dengan naiknya kadar arang aktif dalam ramuan perekat disebabkan oleh arang aktif bersifat polar dan basa serta arang aktifnya bermuatan positif, sehingga mampu mengadsorpsi formaldehida yang bermuatan netagif dan juga bersifat polar, sesuai dengan hasil identifikasi gugus fungsi FTIR (Tabel 1) dan sinyalemen Rong *et al*, (2002); Burg *et al*, (2003) dan Castilla, (2004) yang mengemukakan bahwa permukaan arang aktif basa bersifat hidrofobik mampu menyerap gugus fungsi yang mengandung oksigen, melalui interaksi dua kutub (dipolar) dan ikatan hidrogen (Gambar 5).



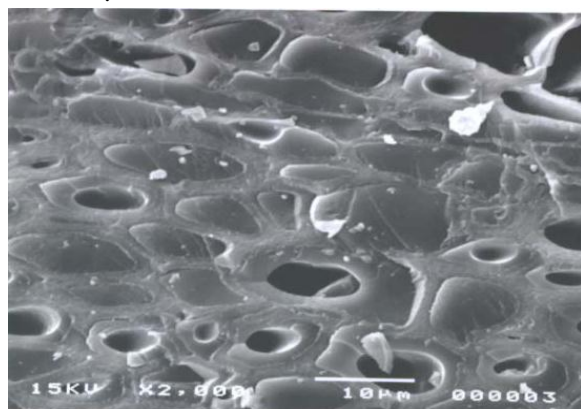
Gambar 5. Ilustrasi penyerapan senyawa polar oleh arang aktif yang bersifat polar (Muller dan Gubbins , 1998)

**Identifikasi Gugus Fungsi, Pola Struktur dan Topografi Permukaan Formaldehida pada Arang Aktif**

Hasil analisis identifikasi gugus fungsi FTIR (Gambar 1) menunjukkan bahwa formaldehida yang diserap arang aktif terikat secara kimia. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pita serapan baru di daerah bilangan gelombang 1748 dan 3196  $\text{cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus C=O dan ikatan C-H (Tabel 2). Pola spektrum ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Zawadzki *et al*, (2000) dan Rong *et al*, (2002) yang meneliti mekanisme penyerapan uap formaldehida oleh serat arang aktif. Selain itu terjadi pergeseran bilangan gelombang ke arah yang lebih besar sehingga kekuatan ikatannya bertambah besar. Hasil analisis pola struktur dengan XRD (Gambar 2) menunjukkan adanya kenaikan intensitas difraksi. Hal ini menunjukkan bahwa formaldehida terserap masuk ke dalam pori arang aktif sebagaimana ditunjukkan pula oleh hasil fotografer SEM (Gambar 6). Pola difraksi ini sesuai dengan hasil penelitian Chen dan Zeng (2003) yang menggunakan arang aktif sebagai penyerap perak.

Tabel 2. Bilangan gelombang formaldehida pada arang aktif

Konsentrasi arang aktif (%)	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )				
0 %	1396	1096	1037	784	
2 %	3196	1560	1396	1055	873
4 %	3130	1795	1544	1396	1055 879
6 %	3154	1789	1542	1396	1043 884
8%	3166	1719	1548	1401	1078 796



Gambar 6. Fotografer permukaan campuran urea formaldehida dan arang aktif

Berdasarkan fakta di atas dapat dikemukakan bahwa arang yang diaktivasi dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  mampu bertindak sebagai penyerap formaldehida dan mengisi dalam ramuan perekat kayu lapis

**KESIMPULAN**

1. Struktur arang aktif yang diaktivasi dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  bersifat polar dan amorf dengan derajat kristalinitas sebesar 26,0 %. Struktur kristalit arang aktif yang terbentuk mempunyai dimensi tinggi ( $L_c$ ), dan lebar ( $L_a$ ) lapisan aromatik sebesar 2,47 dan 13,42 nm dengan jumlah lapisan aromatik (N) sebanyak 7,0. Pola struktur pori yang terbentuk termasuk makropori dengan diameter pori antara 1,3 – 1,6  $\mu\text{m}$ .
2. Mutu arang aktif yang dihasilkan mempunyai daya serap terhadap yodium dan metilin biru sebesar 1196,6 dan 319,18 mg/g. Daya serap terhadap uap benzena dan formaldehida sebesar 21,75 dan 48,12 % serta luas permukaannya sebesar 1183,4  $\text{m}^2/\text{g}$ . Kadar air arang aktif sebesar 1,43 %, kadar abu 7,07 %, kadar zat terbang 6,07 %, kadar karbon 86,85 %, pH 9,77 dan rendemennya sebesar 53,11 %.
3. Penambahan arang aktif sebesar 8 % pada perekat urea formaldehida dapat menurunkan emisi formaldehida kayu lapis menjadi 0,039 dari 0,211 mg/L tanpa mempengaruhi keteguhan rekat kayu lapisnya, sampai dengan penambahan arang aktif sebesar 6 %. Dampak lainnya adalah penambahan arang aktif sebanyak 8 % dapat mengurangi kadar formaldehida bebas dalam perekat UF sampai 66,52 %, meningkatkan nilai pH menjadi 8,66 dari 7,35, viskositas menjadi 10,2 dari 8,0 dan waktu gelatinasi menjadi 125 dari 14menit.

**DAFTAR PUSTAKA**

Asano, N., J. Nishimura., K. Nishimiya., T. Hata., Y. Imamura., S. Ishihara and B. Tomita. 1999. Formaldehyde reduction in indoor environments by wood charcoals. Wood Research. Bulletin of The Wood Research Institute Kyoto University 86: 79-80

Bilba, K and A. Ouensanga. 1996. Fourier transform infrared spectroscopic study of thermal degradation of sugar cane baggase. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 38: 61-73

Bismarck, A., A. Wuertz and J. Springer. 1999. Basic surface oxides on carbon fibers. Carbon 37: 1019-1027

Buekens, A., H. Keirsse., J. Schoeters and A. Verbeeck. 1985. Final report on production of activated carbon from *Euphorbia Tiraculli*, Dienst Chemische Ingenieurstechniek en Industriële Scheikunde. VRIJE Universiteit Brussel.

- Burg, P., M. H. Abraham and D. Cagniant. 2003. Methods of determining polar and non-polar sites on carbonaceous adsorbents. The contribution of the linear solvation energy relationship approach. *Carbon* 41: 867-879
- Castilla, C.M. 2004. Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials. *Carbon* 42: 83-94
- Chen, S and H. Zeng. 2003. Improvement of the reduction capacity of activated carbon fiber. *Carbon* 41: 1265-1271
- Goldboard. 1998. Understanding gluing urea formaldehyde (UF) resin. <http://www.goldboard.com/ufresin.htm>
- Iguchi, M. 1997. Practice of polymer X-Ray diffraction (Short-course textbook). Institut Teknologi Bandung
- JAS. 2003. Japanese agricultural standard for plywood. Japan Plywood Inspection Corporation, Tokyo.
- Jimenez, A., M. J. Iglesias., F.L. Defarge and I.S. Ruiz. 1999. Effect of the increase in temperature on the evolution of the physical and chemical structure of vitrinite. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 50: 117-148
- JIS. 1967. Japanese industrial standards. Testing method for powdered activated carbon. JIS K 1474. Japanese Standards Association, Tokyo
- Kercher, A. and D.C. Nagle. 2003. Microstructural evolution during charcoal carbonization by X-Ray diffraction analysis. *Carbon* 41: 15-27
- Lin, C and J.A. Ritter. 2000. Carbonization and activation of sol-gel derived carbon xerogels. *Carbon* 38: 849-861
- Lu, W and D. D. L. Chung. 2001. Preparation of conductive carbons with high surface area. *Carbon* 39: 39-44
- Menendez, J.A., E. M. Menendez., M.J. Iglesias., A. Garcia and J.J. Pis. 1999. Modification of the surface chemistry of active carbons by means of microwave induced treatments. *Carbon*. 37: 1115-1121
- Miura, K., H. Nakagawa and H. Okamoto. 2000. Production of high density activated carbon fiber by a hot briquetting method. *Carbon*. 38: 119-125
- Mochida, I., Y. Korai., C.H. Ku., F. Waranabe and Y. Sakai. 2000. Chemistry of synthesis, structure, preparation and application of aromatic-derived mesophase pitch. *Carbon* 38: 305-328
- Muller, E.A and K.E Gubbins. 1998. Molecular simulation study of hydrophilic and hydrophobic behavior of activated carbon surfaces. *Carbon* 36 (10): 1433-1438
- Pari, G. 1998. Pengaruh umur kayu mangium terhadap kualitas arang aktif. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 15 (5): 348-362
- Petterson, R. 1976. Assesment of formaldehyde as potential air pollution problem. In an annotated bibliografi by F.H. Product Laboratory, Madison WIS 47
- Puziy, A.M., O. I. Poddubnaya., A.M. Alonso., F.S. Garcia and J.M.D. Tascon. 2003. Synthetic carbons activated with phosphoric acid III. Carbons prepared in air. *Carbon*. 41: 1181-1191.
- Rong, H., Z. Ryu., J. Zheng and Y. Zhang. 2002. Effect of air oxidation of rayon-based activated carbon fibers on the adsorption behavior for formaldehyde. *Carbon* 40: 2291-2300
- Santoso, A dan P. Sutigno. 1998. Several factors affecting the formaldehyde emission from wood-based panels. *Proceedings The fourth pacific rim bio-based composites symposium*. Bogor, Indonesia
- Standar Nasional Indonesia. 1995. Arang aktif teknis. SNI 06-3730-1995. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta
- Standar Nasional Indonesia. 1998. Urea formaldehida cair untuk perekat kayu lapis. SNI 06-0060-1998. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta
- Tanaka, K., H. Aoki., H. Ago., T. Yamake and K. Okahara. 1997. Interlayer interaction of two graphene sheets as a model of double layer carbonnanotubes. *Carbon* 35 (1): 121-125
- Zawadzki, J., B. Azambre., O. Heintz., A. Krzton and J. Weber. 2000. IR study of the adsorption and decomposition of methanol on carbon surfaces and carbon supported catalysts. *Carbon* 38: 509-515