Studi Pembuatan dan Karakterisasi Fisis Asap Cair (*Liquid Smoke*) Hasil Pirolisis dari Serbuk Gergaji

Sri Sugiarti[1)*], M. Nurhuda [2)], Gancang Saroja [2)] , Farida Wahyuni[1)]

[1)] Program Magister Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang
[2)] Jurusan Fisika Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Diterima 2 Oktober 2012, direvisi 20 Oktober 2012

ABSTRAK

Sumber biomassa jumlahnya banyak sekali dan selama ini belum dimanfaatkan dengan baik. Misalnya, mengubahnya menjadi asap cair (*liquid smoke*). Pembuatan asap cair dilakukan dengan cara pirolisis. Bahan yang digunakan adalah serbuk gergaji dari kayu jati (*Tectona grandis sp*), mahoni (*Switenia mahagoni jacq*), nangka (*Artocarpus heterophyllus lamk*), dan sono kembang (*Pterocarpus indicus*). Proses pirolisis menggunakan bahan dasar serbuk gergaji sebesar 750 gram dan dilakukan selama 40 menit.

Persentase produksi asap cair berkisar antara 26,51 ± 0,009% (mahoni) – 32,12 ± 0,009% (nangka). Sementara arang yang dihasilkan berkisar antara 23,54 ± 0,008% (mahoni) – 34,76 ± 0,009% (nangka). Nilai massa jenis asap cair yang dihasilkan berkisar 1014,996 ± 0,346 kg/m^3 (mahoni) – 1019,408 ± 0,037 kg/m^3 (jati).

Kata kunci**:** Asap cair, serbuk gergaji, pirolisis, kayu dan massa jenis.

ABSTRACT

There are a huge amount of biomass resources but it have not been utilized properly. For instance, converting it into liquid smoke. Liquid smoke is produced by pyrolysis process from four differences sawdust i.e. teak (*Tectona grandis sp*), mahagony (*Switenia mahagoni jacq*), jackfruit (*Artocarpus heterophyllus lamk*), and red sandalwood (*Pterocarpus indicus*). Pyrolysis process required 750 gram sawdust and performed for approximately 40 minutes.

Percentage of liquid smoke production ranged from 26.51 ± 0.009% (mahagony) – 32.12 ± 0.009% (jackfruit). While, the charcoal produced ranged from 23.54 ± 0.008% (mahagony) – 34.76 ± 0.009% (jackfruit). The density value of liquid smoke produced ranged between 1014.996 ± 0.346 kg/m^3 (mahagony) – 1019.408 ± 0.037 kg/m^3 (teak).

Key word: liquid smoke, sawdust, pyrolysis, wood dan density.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber potensi hutan yang tidak sedikit, yakni sekitar 4.000 jenis kayu [1]. Dari jumlah tersebut, hanya sebagian kecil saja yang telah diketahui sifat serta kegunaannya. Kayu merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai kebutuhan. Selain itu, kayu merupakan sumber bahan (biomassa) yang dapat diperbarui untuk menghasilkan energi dan bahan-bahan yang digunakan dalam industri. Bahan-bahan tersebut antara lain, ter dan getah yang digunakan untuk mengawetkan dan melapisi lambung kapal, kalium digunakan dalam pembuatan gelas dan bahan pemucat kain dan tekstil kapas.

----
*Corresponding author
E-mail: srisugiarti2717@yahoo.co.id

Bahan-bahan yang berasal dari kayu memiliki keuntungan dari segi bahan baku. Kuntungan tersebut yaitu sifat alami kayu yang dapat diperbarui. Hal tersebut memberikan jaminan bahwa dengan pengolahan hutan yang tepat, industri dapat dijamin akan tersedianya bahan baku yang tidak terputus. Selain itu, keluwesan kayu sebagai bahan yang dapat digunakan untuk membuat berbagai komoditi yang sangat menguntungkan bagi manusia.

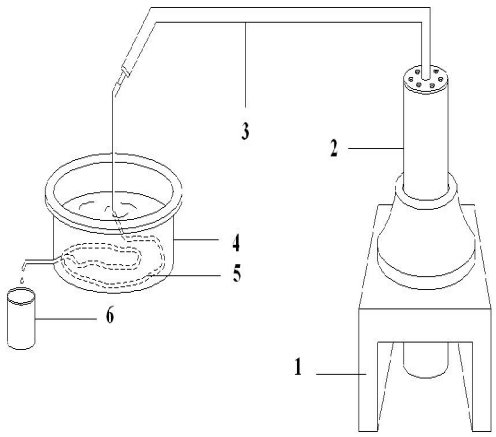
Pengolahan kayu menjadi berbagai komoditas telah menghasilkan bagian-bagian tertentu yang dianggap tidak berguna lagi, salah satunya adalah serbuk gergaji. Selama ini, serbuk gergaji hanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan bakar untuk membakar gerabah, serta sebagai bahan bakar kompor briket untuk memasak. Dalam industri, serbuk gergaji telah digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komposit dan bahan baku pembuatan asap cair.

Asap cair merupakan suatu hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain. Bahan baku yang banyak digunakan sekarang ini adalah kayu, bongkol kelapa sawit dan ampas hasil penggergajian kayu [2], [3], [4]. Selama ini, asap cair dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengawet alami yang dapat digunakan dalam industri ikan, tahu, dan mie. Selain itu, asap cair dapat digunakan sebagai pengganti asam semut pada proses penggumpalan karet. Penggunaan asap cair dalam proses tersebut akan menurunkan biaya produksi karet dan kualitas karet menjadi lebih baik. Asap cair juga dapat digunakan sebagai pengawet kayu terutama untuk memberikan *coating* terhadap mebel kayu terutama dari serangan bubuk kayu dan jamur. Selain itu, digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses penyamakan kulit, dari uji aplikasi yang dilakukan terbukti asap cair dapat mempertahankan keawetan kulit yang telah disamak. Saat ini, kegunaan asap cair di dalam industri banyak sekali.

Pada penelitian ini kajian lebih lanjut dilakukan dengan cara membuat asap cair dari serbuk gergaji sehingga mengetahui karakterisasi fisis asap cair dari serbuk gergaji

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan. Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah serbuk gergaji, kayu, zeolit dan air. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah: Pirolisator yang terdiri atas: Tabung reaktor, distilator/ember plastik, pipa penyalur asap dan tungku pemanas. Peralatan lainnya yaitu: corong plastik, mangkok plastik, piknometer, botol plastik, kertas saring, timbangan, *beaker glass*, *pipet tetes, neraca analitik, tissue,* dan kertas label. Skema alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema alat pirolisis: (1)Tungku pemanas berfungsi sumber kalor pada proses pirolisis, (2)tabung pirolisis berfungsi tempat serbuk gergaji pada proses pirolisis, (3) pipa penyalur asap berfungsi menyalurkan asap, (4) distilator berfungsi mendinginkan asap aerosol. (5), pipa spiral berfungsi sebagai saluran tempat asap pada distilator, (6) wadah penampung asap cair berfungsi tempat menampunng asap yang keluar dari pipa spiral.

Langkah penelitian. Pada penelitian ini terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan adalah pengeringan serbuk gergaji, proses pirolisis, pengendapan, penyaringan,

pengukuran massa asap cair dan pengukuran densitas asap cair.

Pengeringan serbuk gergaji. Penelitian ini menggunakan bahan serbuk gergaji kayu jati, sono kembang, mahoni, dan nangka. Proses pengeringan bahan- bahan tersebut dilakukan dengan cara penjemuran di bawah terik matahari selama kurang lebih 2 hari yakni sampai mendapatkan massa yang konstan. Proses pengeringan dilakukan untuk mengurangi kandungan air yang terdapat dalam bahan tersebut.

Penyiapan alat. Alat yang digunakan dinamakan pirolisator. Pirolisator dalam penelitian ini terdiri atas tabung tabung pirolisis yang terbuat dari pipa stainless steel dengan tinggi 50 cm, dan berdiameter 10 cm. Reaktor ini berfungsi untuk rnernbakar serbuk gergaji. Distilator terbuat dari ember plastik berdiameter 50 cm dan 50 cm. Distilator berfungsi untuk mendinginkan asap aerosol. Pipa penyalur asap, terbuat dari pipa besi, stainless steel, dan plastik dengan panjang 6 m, berfungsi untuk menyalurkan asap, dan tungku pemanas. Bahan serbuk gergaji awal yaitu 750 gram.

Proses pirolisis. Mula–mula bahan ditimbang terlebih dahulu yakni 750 gram kemudian dimasukkan ke tabung reaktor yang terletak di atas tungku.Tungku dinyalakan sehingga sampel terbakar secara pirolisis. Proses pirolisis menggunakan bahan bakar kayu dilakukan selama kurang lebih 40 menit. Asap yang dihasilkan akan mengalir ke tabung kondensasi. Di dalam tabung kondensasi terdapat pipa berbentuk spiral. Tabung kondensasi menggunakan air biasa sebagai media pendingin. Asap yang berada dalam tabung kondensasi akan terkondensasi dan mencair. Cairan asap akan mengalir ke dalam penampung sementara. Proses Pirolisis ini menggunakan 4 bahan serbuk gergaji yaitu serbuk gergaji kayu jati, sono kembang, mahoni, dan nangka. Pirolisis ini dilakukan 3 kali pengulangan untuk masing-masing bahan.

Pengendapan dan penyaringan. Asap cair mula-mula ditaruh dalam sebuah wadah plastik untuk proses pengendapan. Proses pengendapan ini dilakukan selama seminggu. Proses ini bertujuan intuk mengendapkan padatan yang berupa tar. Kermudian asap cair hasil pengendapan di saring dengan zeolit dan kertas saring untuk mengurangi kadar padatan yang berupa tar. Tahap penyaringan ini di ulang sampai 20 kali dengan rentang waktu 2 hari sekali.

Analisa. Hasil pirolisis dalam penelitian ini menghasilkan asap cair dan arang. Arang Dihasilkan setelah proses pirolisis selesai. Arang yang berada di dalam tabung reaktor di keluarkan untuk mengetahui karakteristik dari arang. Hasil pirolisis yang berupa asap cair di timbang untuk mengetahu produksi akhir. Arang yang dihasilkan dari pirolisis juga ditimbang menggunakan neraca untuk mengetahui rendemen akhir dari masing-masing sampel.

Persentase produksi asap cair, produksi arang dan massa yang hilang di hitung menggunakan rumus [5]:

$$\boldsymbol{as\ ca}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{as\ ca}\ (\boldsymbol{g})}{\boldsymbol{se\ ge}\ (\boldsymbol{g})}\boldsymbol{x10}\ \% \qquad (1)$$

Produksi arang dan komponen yang hilang dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\boldsymbol{ar}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{ar}\ (\boldsymbol{g})}{\boldsymbol{se\ ge}\ (\boldsymbol{g})}\boldsymbol{x10}\ \% \qquad (2)$$

Pengukuran densitas asap cair dengan menggunakan pignometer. Mula-mula asap cair dimasukkan ke dalam pignometer. Pignometer ini bervolume 25 ml. Kemudian pignometer ditimbang dengan menggunakan neraca digital. Massa asap cair adalah massa total dikurangi dengan massa pignometer. Densitas asap cair dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{as\ ca}\ (\boldsymbol{g})}{\boldsymbol{V\ as\ ca}\ (\boldsymbol{ml})}\boldsymbol{x10}\ \% \qquad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pirolisis. Pada proses pirolisis terjadi pepindahan kalor secara konduksi dan konveksi. Pada saat tungku di hidupkan maka

tabung reaktor akan bersuhu tinggi karena panas pada api akan berpindah ke tabung reaktor yang bersuhu rendah. Setelah beberapa saat reaktor akan bersuhu tinggi dan kalor pada tabung reactor akan berpindah ke dalam bahan di dalam reaktor dalam hal ini adalah serbuk gergaji. Perpindahan kalor dari dinding reaktor ke dalam bahan terjadi secara konduksi. Proses konduksi tersebut menyebabkan serbuk gergaji menjadi bersuhu tinggi.Akibatnya, udara yang terdapat pada rongga-rongga antar serbuk gergaji mengalami pemuaian sehingga massa jenisnya turun. Proses tersebut lebih dahulu terjadi pada udara dalam reaktor bagian bawah karena lebih dekat dengan sumber kalor sehingga menyebabkan perbedaan massa jenis antara udara dalam reactor bagian atas dan bawah. Perbedaan massa jenis ini menyebabkan udara di dalam reaktor bagian bawah akan terdorong ke atas. Udara di bagian atas akan turun menggantikannya.Proses tersebut merupakan perpindahan kalor secara konveksi.

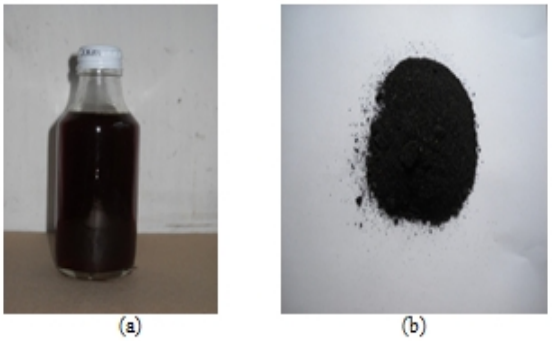
Selain proses konveksi, terjadi pula evaporasi / penguapan uap air yang terdapat pada serbuk gergaji. Panas *latent* yang terjadi akibat dari penguapan cairan pada bahan menyebabkan perubahan wujud. Dalam hal ini, panas yang ada pada bahan yang diakibatkan oleh proses konveksi menyebabkan cairan pada bahan menguap (terevaporasi) menjadi uap air (asap) yang naik ke atas tabung karena ekspansi tekanan dan suhu. Pada proses ini energi diperlukan dalam proses penguapan yang merubah cairan atau solid menjadi uap air. Energi juga diperlukan ketika uap air berubah menjadi cairan (asap cair) dan solid (tar).

Selama proses pirolisis berlangsung, terjadi beberapa tahap pirolisis yaitu tahap awal adalah proses pelepasan air yang disertai pelepasan gas-gas ringan seperti CO dan CO_2. Tahap awal ini terjadi pada temperatur 100 sampai 200°C. Pada kisaran temperatur ini dalam wadah pendingin hanya berisi air saja. Tahap kedua adalah proses dekomposisi unsur-unsur serbuk gergaji seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin. Hemiselulosa terdekomposisi pada suhu 200 ^{o}C sampai 250 ^{o}C, selulosa mulai terdekomposisi pada temperatur 280 ^{o}C dan berakhir pada temperatur 300 ^{o}C sampai 350 ^{o}C, sedangkan lignin mulai terdekomposisi pada suhu 300 ^{o}C sampai 350 ^{o}C dan berakhir pada suhu 400 ^{o}C. Pada tahap ini mulai dihasilkan tar dan semua hasil dekomposisi serbuk gergaji yang menguap dan residu yang tertinggal adalah arang.

Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi (yaitu, tekanan ditingkatkan) menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Cairan yang telah terkondensasi dari uap disebut kondensat. Kondensasi uap menjadi cairan adalah lawan dari penguapan (evaporasi) dan merupakan proses eksotermik (melepas panas). Pada proses ini terjadi penurunan suhu yakni dari asap panas terkondensasi oleh air sehingga menjadi asap cair. Kondensasi yang terjadi pada proses pembuatan asap cair adalah pengembunan asap hasil perolisa menjadi cairan bersenyawa kompleks menggunakan air sebagai media pendingin. Serangkaian proses pirolisis tersebut dilakukan selama 40 menit.

Hasil pirolisis. Proses pirolisis ini menghasilkan cairan yang berbau menyengat, terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan atas berwarna hitam kecoklatan dikatakan sebagai asap cair dan lapisan bawah berwarna hitam kental dikatakan sebagai tar. Selain itu juga diperoleh residu berupa arang serbuk gergaji dan gas-gas yang tidak dapat terkondensasikan. Gas-gas yang dikeluarkan pada proses ini sebagian besar berupa gas CO_2 dan sebagian lagi berupa gas-gas yang mudah terbakar seperti CO, CH_4, dan H_2. Gas yang dihasilkan dari proses pirolisis ini tidak dapat terkondensasikan oleh pendingin, sehingga tidak tertampung pada penampung cairan. Sebagian dari gas-gas ini terjebak pada penampung dan yang lain terlepas dari penampung tersebut keluar melalui pipa penyalur asap dan lepas ke atmosfer.

Residu dari proses pirolisis ini berupa arang. Arang serbuk gergaji hasil pirolisis dapat dilihat pada Gambar 2.



(a) (b)

Gambar 2 (a) Asap cair dan (b) arang hasil pirolisis

Pengendapan dan penyaringan dengan menggunakan zeolit aktif. Setelah dihasilkan asap cair, tahap selanjutnya adalah tahap pengendapan dan penyaringan. Tahap pengendapan dilakukan untuk mengendapkan padatan yang berupa tar. Tahap pengendapan dilakukan dengan menyimpan asap cair dalam wadah plastik selama seminggu. Tahap berikutnya adalah tahap penyaringan. Penyaringan dikakukan dengan cara menyaring asap cair menggunakan zeolit dan kertas saring.

Zeolit merupakan mineral alam yang terdiri dari Kristal alumunium silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali-alkali tanah (terutama Na dan Ca) dalam rangka 3 dimensi yang terbatas dengan rongga-rongga. Salah satu sifat dari zeolit adalah adsorbsi. Zeolit bersifat adsorben karena memiliki struktur berongga-rongga, sehingga senyawa tar yang terdapat dalam asap cair saat melewati penyaring zeolit aktif akan terjebak di dalam rongga zeolit, disini zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Sedangkan asap cair yang molekulnya jauh lebih kecil dapat melewati rongga dari zeolit keluar sebagai *filtrat* yang bebas senyawa tar. Zeolit juga dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga sehingga menyebabkan rongga-rongga zeolit semakin luas yang menyebabkan senyawa tar yang terikat oleh zeolit akan semakin banyak.

Tahap penyaringan bertujuan untuk mengurangi kadar padatan yang berupa tar. Tahap penyaringan ini dilakukan sebanyak 20 kali hingga dihasilkan asap cair yang berwarna bening atau didapatkan warna yang konstan / tetap. Setiap penyaringan di lakukan 2 hari sekali. Hal ini dilakukan untuk mengendapkan tar dalam asap cair terlebih dahulu. Setelah 2 hari baru dilakukan penyaringan dengan kertas saring dan zeolit.

Dari tahap penyaringan ini dapat dihasilkan asap cair yang cukup jernih. Gambar 3 merupakan hasil asap cair sebelum dan sesudah pengendapan dan penyaringan.

(a) (b)

Gambar 3 (a) Asap cair sebelum penyaringan, (b)sesudah pengendapan dan penyaringan.

Pada proses pirolisis ini berlaku hukum kekekalan massa dimana massa sebelum dan sesudah reaksi adalah tetap. Gas yang tidak dapat terkondensasi ini terhitung sebagai massa yang hilang yaitu data yang diperoleh dari perhitungan berat awal bahan dikurangi dengan berat arang dan cairan. Persentase asap cair di hitung dengan menggunakan rumus 1, persentase arang di hitung menggunakan rumus 2, dan persentase massa yang hilang di hitung menggunakan rumus 3. Hasil pirolisis ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa persentase massa yang hilang terkecil yaitu serbuk gergaji kayu nangka (33,11± 0,012)%, kayu jati sebesar (39,96 ± 0,011)%, serbuk gergaji kayu sono kembang sebesar (44,95 ± 0,012)% dan serbuk gergaji kayu mahoni sebesar (49,95± 0,012)%.

Warna asap cair yang paling cerah dihasilkan oleh serbuk gergaji kayu jati yang berwarna coklat kekuningan, diikuti oleh

Tabel 1. Nilai rata-rata hasil pirolisis 750 gram serbuk gergaji selama ± 40 menit.

Variasi jenis kayu	Hasil Pirolisis		
	Arang (gram)	Cairan (gram)	Massa yang hilang (gram)
Kayu Jati	228,7 ± 0,04	220,2 ± 0,06	272,5 ± 0,08
Kayu mahoni	176,5 ± 0,06	198,8 ± 0,06	374,6 ± 0,09
Kayu nangka	260,7 ± 0,06	240,9 ± 0,06	248,3 ± 0,09
Kayu Sono kembang	211,4 ± 0,06	201,5 ± 0,06	337,1 ± 0,09

Tabel 2. Nilai persentase rata – rata hasil pirolisis 750 gram selama ± 40 menit.

Variasi jenis kayu	Hasil Pirolisis		
	Persentase Arang (%)	Persentase Cairan (%)	Persentase massa yang hilang (%)
Kayu Jati	30,50 ± 0,006	29,36 ± 0,009	39,96 ± 0,011
Kayu mahoni	23,54 ± 0,008	26,51 ± 0,009	49,95 ± 0,012
Kayu nangka	34,76 ± 0,009	32,12 ± 0,009	33,11 ± 0,012
Kayu Sono kembang	28,18 ± 0,009	26,88 ± 0,009	44,95 ± 0,012

Tabel 3. Nilai massa jenis asap cair hasil penelitian.

Nama Sampel	ρ (kg/m^3)			$\bar{\bar{n}}$ (kg/m^3)
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
Kayu jati	1019,356 ± 0,014	1019,906 ± 0,013	1018,962 ± 0,010	1019,408 ± 0,037
Kayu mahoni	1014,770 ± 0,050	1015,151 ± 0,157	1015,066 ± 0,139	1014,996 ± 0,346
Kayu nangka	1019,322 ± 0,017	1019,036 ± 0,009	1019,280 ± 0,049	1019,213 ± 0,075
Kayu sono kembang	1018,746 ± 0,030	1018,960 ± 0,015	1018,719 ± 0,023	1018,808 ± 0,068

serbuk gergaji kayu sono kembang yang berwarna coklat muda. Asap cair dari kayu mahoni dan kayu nangka berwarna coklat tua.

Selain analisa massa pada penelitian ini juga dilakukan analisa terhadap nilai massa jenis asap cair. Berdasarkan standar asap cair Yastagai [6] nilai massa jenis >1,001 gram/ cm^3. Nilai massa jenis hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 dapat di lihat bahwa massa jenis asap cair hasil penelitian sudah memenuhi standar asap cair Yastagai [6]. Berdasarkan warna yang di hasilkan asap cair ini masih masuk dalam *grade* 3 yang diperuntukan untuk penggumpalan karet dan pengawetan kayu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa pada pembuatan asap cair dilakukan proses pirolisis bahan. Pirolisis merupakan proses pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras. Bahan yang digunakan dalam pembuatan asap cair ini adalah serbuk gergaji kayu jati, mahoni, nangka dan sono kembang. Proses pirolisis ini menghasilkan asap cair, padatan yang berupa tar dan arang.

Besarnya nilai massa jenis asap cair terkecil yaitu asap cair serbuk gergaji kayu mahoni sebesar (1014,996 ± 0,347) kg/m^3 dan yang terbesar yaitu serbuk gergaji kayu jati sebesar (1019,408 ± 0,037) kg/m^3. Produksi asap cair dan arang terkecil berasal dari serbuk gergaji kayu mahoni yakni, sebesar (26,51 ± 0,009)%, dengan produksi arang (23,54 ± 0,008)%, dan asap cair berwarna coklat. Produksi asap cair dan arang terbesar berasal dari serbuk gergaji kayu nangka dengan persentase asap cair (32,12 ± 0,008)% ,dengan produksi arang (34,76 ± 0,009)% , dan asap

cair berwarna coklat. Asap cair yang dihasilkan termasuk dalam *grade* 3.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dumanaw, J, F. (1990), *Mengenal Kayu Kanisius*, Jakarta.

[2] Girrard, J.P. (1992), *Technology of Meat and Meat Products*, Ellis Horwood, New York.

[3] Haygreen,John G & Jim L. Bowyer, (1989), *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*, Diterjemahkan oleh Dr. Ir. Sutjipto A. Hadikusumo, Gadjah Mada University Press,Yogyakarta.

[4] Fatimah, F. (1998), *Analisis Komponen – Komponen Penyusun Asap Cair Tempurung Kelapa*, Program Pasca sarjana, UGM, Yogyakarta.

[5] Firmansyah (2004), *Penggunaan Kombinasi Serbuk Kayu Jati dan Cangkang Telur Ayam pada produksi Asap Cair*, Skripsi, Fapet IPB, Bogor.

[6] Yastagai, M. (2001), *Miracle Charcoal Water-wood Vinegar, Its Characteristics and New Utilition*, Komunikasi Pribadi, Bogor.