

PEMBUATAN ARANG AKTIF DARI TEMPURUNG BIJI JARAK PAGAR

(Manufacture of Activated Charcoal from Jatropha Seed Shell)

Oleh/By :

R. Sudradjat, D. Tresnawati & D. Setiawan

ABSTRACT

*This research was aimed at looking into the possibility of activated charcoal from jatropha (*Jatropha curcas* L.) seed shells manufacturing. In the first stage, the seed shells were carbonized into charcoal at 500°C for 5 hours. The resulting charcoal was soaked in H_3PO_4 solutions at various concentrations i.e : 1%, 2% and 3% each for 24 hours. After soaking, the charcoal was activated at 3 levels of temperatures, i.e : 650°, 750° and 850°C. During the activation, the charcoal was sprayed using hot-water vapor at 125°C, with the flow rate about 0.27 kg per hour and pressure of 0.025 mb, for 60 minutes.*

The resulting activated charcoal was examined of its characteristics parameters, comprising its yield, moisture content, volatile matter content, ash content, fixed carbon, adsorption of iodine and benzene. Besides, some amount of the activated charcoal was used for the refining of jatropha oil and palm oil. Afterwards, opacity of the refined jatropha and palm oil was examined.

The optimum results was obtained from sample using temperature of 850°C. Effect of H_3PO_4 concentration was not significant, so activating charcoal from jatropha seed shell only needs high temperature and spreading of hot water vapour.

The optimum result showed that the yield of activated charcoal 80.8%, moisture content about 1.7%, volatile matter content 3.1%, ash content 3.5%, fixed carbon 91.6%, iodine adsorption 1061.2 mg/g, benzene adsorption 24.8%. In addition, the jatropha activated charcoal able to increase the opacity of crude jatropha and palm oil up to 1.8% and 6.2% respectively. All of the physico-chemistry properties have met the SNI standard for powder-form activated carbon (SNI 06-3730-95).

Keywords: Jatropha seed shell, activated charcoal, iodine adsorption, benzene adsorption.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara pembuatan dan sifat arang aktif yang dihasilkan dari tempurung biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Proses penelitian dilakukan dengan pembuatan arang dari tempurung biji jarak pagar pada suhu 500°C selama 5 jam. Kemudian arang tersebut direndam dalam larutan asam fosfat 1%, 2% dan 3% selama 24 jam. Selanjutnya arang

diaktivasi pada suhu 650, 750 dan 850°C dan disemprot uap panas selama 60 menit dengan suhu 125°C, laju alir uap panas 0,27 kg/jam dan tekanan 0,025 mb.

Parameter yang diuji adalah rendemen, kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat, daya serap terhadap yodium dan benzena, peningkatan kejernihan warna minyak jarak pagar dan minyak goreng kelapa sawit yang dijernihkan menggunakan arang aktif dari tempurung biji jarak.

Hasil optimum diperoleh pada kondisi aktivasi menggunakan suhu 850°C. Penggunaan bahan kimia H_3PO_4 tidak berpengaruh terhadap sifat fisiko-kimia arang aktif. Oleh karena itu, pembuatan arang aktif dari tempurung biji jarak pagar hanya memerlukan suhu tinggi dan aliran uap panas.

Hasil optimum dari penelitian ini menunjukkan rendemen 80,8%; kadar air 1,7%; kadar zat terbang 3,2%; kadar abu 3,5%; kadar karbon terikat 91,6%; daya serap terhadap iodium 1.061,2 mg/g; daya serap terhadap benzena 24,8%; peningkatan kejernihan minyak jarak pagar 1,8 %, sedang untuk minyak kelapa sawit 6,2%. Seluruh sifat fisiko-kimia memenuhi standar SNI untuk arang aktif serbuk (SNI 06-3730-95).

Kata kunci : Tempurung biji jarak pagar, arang aktif, daya serap terhadap iodium, daya serap terhadap benzena.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Arang aktif adalah karbon yang bersifat adsorptif dan mampu menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik berupa larutan dan gas, sehingga digunakan sebagai penyerap polutan berkadar rendah atau sebagai katalisator pada produk-produk industri. Dewasa ini arang aktif banyak diman-faatkan oleh pihak industri seperti pada industri pemurnian gula, pemurnian gas, minyak dan lemak, minuman, pengolahan pulp, pengolahan pupuk, kimia, farmasi serta penjernihan air untuk mengabsorpsi bau, warna, gas dan logam yang tidak diinginkan (Djarmiko dkk., 1985).

Kebutuhan arang aktif diperkirakan akan meningkat sejalan dengan perkembangan dunia industri. Berdasarkan catatan Departemen Perdagangan dan Perindustrian (Anonim, 2003), Indonesia masih mengimpor arang aktif dari 19 negara seperti Jerman, Jepang, Amerika dan Malaysia. Selain mengimpor, Indonesia juga mengekspor arang aktif ke sekitar 32 negara seperti Jepang, Korea, China, India, Mesir, Australia dan Inggris. Produksi arang aktif tahun 2001 adalah 14.000 ton. Ekspor arang aktif pada tahun yang sama tercatat sebesar 11.834 ton yang bernilai US\$ 9.167.000 dan impor sebesar 1.086 ton dengan nilai US\$ 2.010.000. Jumlah perusahaan produsen arang aktif di Indonesia pada tahun 2000 adalah 18 buah.

Untuk meningkatkan produksi arang aktif di Indonesia dan mengurangi konsumsi arang aktif dari negara lain, perlu dilakukan upaya untuk menemukan bahan baku lain selain tempurung kelapa yang dapat menghasilkan arang aktif berkualitas tinggi. Bahan baku alternatif tersebut adalah tempurung biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) yang merupakan limbah padat pengolahan minyak jarak pagar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cara pengolahan tempurung biji jarak pagar yang murah dan ramah lingkungan serta mampu menghasilkan arang aktif yang berkualitas. Sasaran penelitian ini adalah meningkatkan pemanfaatan tempurung biji jarak pagar menjadi arang aktif yang memiliki harga jual, sehingga akan memacu masyarakat untuk menanam jarak pagar secara spontan pada lahan kritis, marginal, lahan tidur, bahkan di lahan milik sendiri.

II. STUDI PUSTAKA

A. Tanaman Jarak Pagar

Tanaman jarak pagar termasuk ke dalam famili *Euphorbiaceae*. Tanaman ini berasal dari Amerika dan umumnya tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini tumbuh cepat, kuat dan tahan terhadap panas, lahan tandus dan berbatu. Tanaman jarak pagar dapat berbentuk semak atau pohon dengan ketinggian mencapai 6 meter, cabang pohon menyebar, ranting pendek, buah bulat kecil berwarna hijau dan biji berwarna hitam. Tanaman ini dikenal sebagai tanaman konservasi, karena toleransinya yang tinggi terhadap kesuburan tanah dan tipe agroklimat (Heyne, 1986). Tanaman ini pernah dikembangkan secara luas di pantai utara Jawa oleh pemerintah Hindia Belanda untuk tujuan reklamasi lahan pantai, dan oleh pemerintah pendudukan Jepang untuk bahan bakar otomotive.

Menurut Sudradjat (2003), selain untuk tujuan konservasi, tanaman ini juga merupakan tanaman kehidupan karena hampir seluruh bagian tanamannya bermanfaat. Minyak biji dapat digunakan untuk biodiesel dan fitofarmaka. Kayunya dapat digunakan untuk kayu bakar, arang dan briket arang. Kayu tua dapat digunakan sebagai bahan baku pulp kertas dan papan serat. Bungkil biji dapat digunakan untuk makanan ternak dan biopestisida, daun dan getah dapat digunakan untuk bahan biopestisida dan serat buah dapat dibuat kompos. Dalam areal yang luas, tanaman jarak pagar menghasilkan nektar untuk lebah madu.

B. Pembuatan Arang Aktif

Pembuatan arang aktif terdiri dari dua tahap, yaitu proses karbonasi terhadap bahan baku dan proses aktivasi hasil proses karbonisasi pada suhu tinggi. Proses karbonasi adalah proses penguraian selulosa menjadi unsur karbon dan pengeluaran unsur-unsur nonkarbon yang berlangsung pada suhu 600 - 700°C (Kienle, 1986). Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang, sehingga dapat meningkatkan porositas arang.

Proses aktivasi arang dapat dilakukan dengan cara aktivasi menggunakan gas atau proses aktivasi kimia. Prinsip dasar aktivasi menggunakan gas adalah dengan pemberian uap air atau gas CO₂ kepada arang yang telah dipanaskan. Arang dimasukkan ke dalam tungku aktivasi, lalu dipanaskan pada suhu 800 - 1.000°C. Uap air atau gas CO₂ dialirkan selama pemanasan. Selama pengaktifan dengan gas pengoksidasi, lapisan karbon kristalinit yang tidak teratur mengalami pergeseran yang menyebabkan permukaan kristalinit atau celah menjadi terbuka, sehingga gas pengaktif yang lambat dapat mendorong residu hidrokarbon seperti senyawa ter, fenol, metanol dan senyawa lain yang menempel pada

permukaan arang. Cara yang efektif untuk mendorong residu tersebut adalah dengan mengalirkan gas pengoksidasi pada permukaan materi karbon (Pari, 1996).

Prinsip dasar aktivasi kimia adalah perendaman arang dengan bahan kimia sebelum dipanaskan. Arang direndam dalam larutan pengaktif selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600 - 900°C selama 1 - 2 jam. Pada suhu tinggi ini bahan pengaktif akan masuk di antara sela-sela lapisan heksagonal dan selanjutnya membuka permukaan yang tertutup. Bahan kimia yang digunakan antara lain H_3PO_4 , NH_4Cl , $AlCl_3$, HNO_3 , KOH , $NaOH$, H_3BO_3 , $KMnO_4$, SO_2 , H_2SO_4 dan K_2S (Kienle, 1986). Unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang ditambahkan akan meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup komponen kimia, sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar (Ketaren, 1986).

III. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung biji jarak pagar yang diperoleh dari daerah Kebumen, Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan adalah asam fosfat, benzena, iod, kalium iodida, natrium thiosulfat, natrium karbonat, kanji dan air suling.

Alat-alat yang digunakan antara lain tungku pemanas, tungku aktivasi yang dilengkapi ketel uap, labu takar, pipet volumetrik, ember, saringan, neraca analitik, mortar/lumpang, saringan 120 mesh, cawan porselen, cawan petri, oven, tanur, desikator, gegap, pengocok (*shaker*) dan alat-alat gelas/kaca lainnya. Alat yang digunakan untuk memucatkan minyak adalah *hot plate* dan *stirrer*, sedangkan alat yang digunakan untuk analisis kejernihan minyak adalah *Spectrophotometer*.

B. Metode

1. Penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mengetahui selang konsentrasi asam fosfat (H_3PO_4) yang akan digunakan pada penelitian utama. Pada penelitian pendahuluan dilakukan analisa fisiko-kimia terhadap tempurung dan arang tempurung biji jarak pagar yang meliputi rendemen, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu dan kadar karbon terikat. Juga dilakukan analisa daya serap terhadap iodium dan daya serap terhadap benzena.

Konsentrasi H_3PO_4 yang digunakan untuk merendam arang pada penelitian pendahuluan menggunakan selang konsentrasi yang agak lebar yaitu 1, 5, 10, 15 dan 20%. Sampel yang menghasilkan sifat fisiko-kimia terbaik akan digunakan sebagai patokan selang konsentrasi H_3PO_4 pada penelitian utama.

2. Pembuatan arang aktif dan pemucatan minyak

Sebanyak kurang lebih 1500 gram bahan baku dikarbonasi pada suhu 500°C selama 5 jam. Arang yang dihasilkan diaktifkan secara kimia dengan cara merendam arang dalam larutan H_3PO_4 1, 2 dan 3% selama 24 jam (Perlakuan 1). Selang konsentrasi

tersebut adalah selang konsentrasi berdasarkan hasil penelitian pendahuluan. Arang yang sudah direndam kemudian ditiriskan dan dimasukkan ke dalam kawat kasa untuk dipanaskan pada suhu 650, 750 dan 850°C (Perlakuan 2) dan disemprot dengan uap panas pada tungku aktivasi selama 60 menit. Uap panas yang digunakan bertemperatur 125°C dan tekanan 0,025 mbar.

Arang aktif yang dihasilkan dihaluskan hingga lolos saringan 120 mesh dan selanjutnya dianalisa untuk mengetahui sifat fisiko-kimianya. Analisis fisiko-kimia juga dilakukan pada arang aktif komersial sebagai pembandingan. Analisis yang dilakukan pada arang aktif sama dengan analisa yang dilakukan pada arang.

Sampel yang memiliki nilai analisis fisiko-kimia terbaik diuji kemampuannya untuk memucatkan minyak jarak pagar kasar (*crude*) dan minyak kelapa sawit (Perlakuan 3). Sebelum digunakan untuk memucatkan minyak, arang aktif terlebih dahulu dicuci dengan air hangat sampai pH-nya netral, kemudian ditiriskan dan dihaluskan hingga lolos saringan 120 mesh serta dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Pada proses pemucatan minyak dibuat perlakuan tanpa arang aktif, dengan arang aktif dan penggunaan arang aktif komersial (Perlakuan 4).

Pemucatan minyak dilakukan dengan mencampur minyak dan arang aktif dengan variasi konsentrasi arang aktif (Perlakuan 5) yaitu : 0, 1 dan 2% (b/b) pada suhu 80°C dan diaduk secara kontinyu menggunakan *stirer* selama satu jam. Minyak didiamkan sampai arang aktif dan kotoran lainnya mengendap, kemudian disaring dengan kertas saring whatman 42. Analisa yang dilakukan pada minyak yang sudah dipucatkan adalah kejernihan minyak (*opacity*).

3. Analisa sifat fisiko-kimia

Untuk mengetahui kualitas arang aktif, dilakukan pengujian terhadap sifat fisiko-kimia sebagai berikut : Rendemen (Djarmiko dkk., 1985), kadar air (ASTM 1996 b), kadar zat mudah menguap (ASTM, 1999 d), kadar abu (ASTM, 1999 a), kadar karbon terikat (SNI, 1995), daya serap terhadap iodium (ASTM, 1999 c), daya serap terhadap benzena (SNI,1995) dan kejernihan (Spectrophotometer).

C. Rancangan Percobaan

Model rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua kali ulangan untuk masing-masing taraf perlakuan. Perlakuan pada penelitian terdiri dari : Konsentrasi H_3PO_4 (A), dengan taraf A1 = 1%, A2 = 2% dan A3 = 3%. Suhu pengaktifan (B), dengan taraf B1 = 650C, B2 = 750°C dan B3 = 850°C.

Perlakuan penelitian pemucatan minyak menggunakan arang aktif hasil penelitian ini adalah sebagai berikut : A. Jenis minyak, A1 = minyak jarak pagar, A2 = minyak kelapa sawit (*crude*). B. Jenis arang aktif, B0 = tanpa arang aktif, B1 = arang aktif jarak pagar, B2 = arang aktif komersial. C = konsentrasi arang aktif, C0 = konsentrasi 0%, C1 = konsentrasi 1%, C2 = konsentrasi 2%.

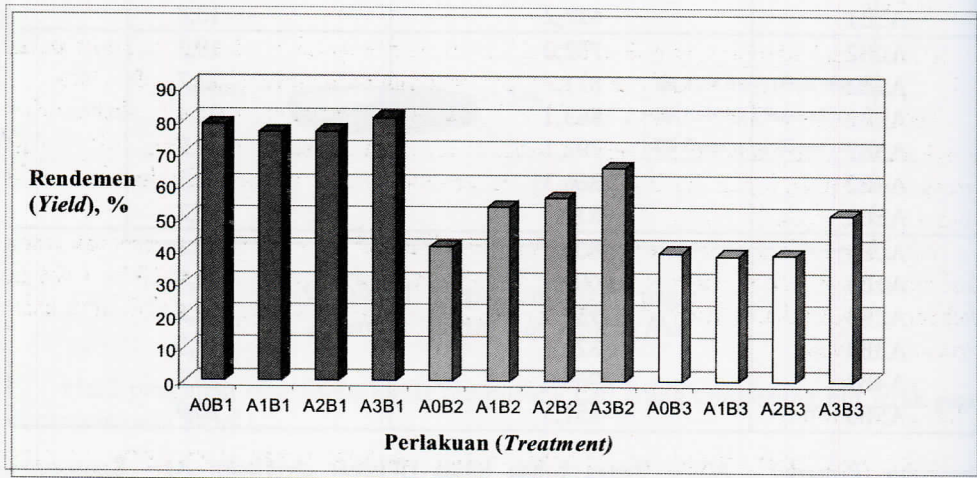
Berdasarkan model penelitian tersebut, jumlah satuan penelitian dengan 2 ulangan adalah 54 satuan penelitian.

2. Penelitian utama

a. Rendemen

Penetapan rendemen arang aktif bertujuan untuk mengetahui jumlah arang aktif yang dihasilkan dari proses karbonasi dan aktivasi. Rendemen arang aktif yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar antara 38,7 - 80,8%. Rendemen terendah dihasilkan oleh sampel dengan perlakuan H_3PO_4 1% dan suhu aktivasi 850°C (A1B3), sedangkan nilai rendemen tertinggi dihasilkan oleh sampel dengan perlakuan H_3PO_4 3% dan suhu aktivasi 650°C (A3B1).

Histogram hubungan rendemen arang aktif yang dihasilkan dengan konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Keterangan (Remarks) : A0 = Tanpa bahan kimia (Without chemicals); A1 = Konsentrasi (Concentration) H_3PO_4 1%; A2 = Konsentrasi H_3PO_4 2%; A₃ = Konsentrasi H_3PO_4 3%; B1 = Suhu aktivasi (Activation temperature) 650°C; B2 = Suhu aktivasi 750°C; B3 = Suhu aktivasi 850° C; AAK = Arang aktif komersial (Commercial activated charcoal)

Gambar 2. Histogram hubungan konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktifasi dengan rendemen arang aktif

Figure 2. Histogram of the relations between H_3PO_4 concentration and activation temperature with activated charcoal yield

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kosentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen arang aktif, tetapi interaksi antara konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi tidak berpengaruh nyata terhadap rendemennya. Berdasarkan uji Duncan (Lampiran 2) diketahui bahwa suhu aktivasi 650°C menghasilkan rendemen yang tinggi yaitu 76,3 - 80,8%.

Peningkatan konsentrasi H_3PO_4 yang digunakan meningkatkan rendemen arang aktif yang dihasilkan. Menurut Hartoyo (1993), bahan kimia yang ditambahkan dapat

memperlambat laju reaksi pada proses oksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa H_3PO_4 , selain berfungsi sebagai aktivator juga berfungsi sebagai pelindung bahan dari panas, sehingga semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4 yang digunakan, maka semakin sedikit bahan yang terbakar pada saat aktivasi.

Peningkatan suhu aktivasi cenderung menurunkan rendemen arang aktif yang dihasilkan. Menurut teori kinetika, semakin tinggi suhu reaksi yang digunakan, maka laju reaksi akan bertambah cepat. Peningkatan suhu akan mempercepat laju reaksi antara karbon dengan uap air, sehingga semakin banyak karbon yang terkonversi menjadi H_2O dan CO_2 , dan semakin sedikit karbon yang tersisa. Hal ini mengakibatkan rendemen arang aktif yang diperoleh rendah.

b. Kadar air

Penetapan kadar air arang aktif bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Nilai kadar air arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 1,68 - 3,98%.

Hasil analisa sidikragam menunjukkan bahwa konsentrasi H_3PO_4 , suhu aktivasi dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air arang aktif. Oleh karena itu nilai kadar air hasil penelitian ini adalah nilai rata-rata dari seluruh sample yaitu sebesar 2,79%.

Nilai kadar air dari semua sampel yang dihasilkan memenuhi standar kualitas arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95 yaitu lebih rendah dari 15 %, bahkan lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar air kontrol dan kadar air arang aktif komersial berbentuk serbuk.

c. Kadar zat terbang

Penetapan kadar zat terbang bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonasi dan aktivasi, tetapi menguap pada suhu $950^\circ C$. Menurut Sudradjat (1985), komponen yang terdapat dalam arang aktif adalah air, abu, karbon terikat, nitrogen dan sulfur. Pada pemanasan di atas $900^\circ C$ nitrogen dan sulfur akan menguap, dan komponen inilah yang disebut zat terbang.

Nilai kadar zat terbang yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar 3,1 - 6,8%. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi H_3PO_4 , suhu aktivasi dan interaksi antara keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar zat terbang. Oleh karena itu, kadar zat terbang ditetapkan sebagai nilai rata-rata dari seluruh sampel penelitian yaitu sebesar 7,03%.

Berdasarkan teori, peningkatan konsentrasi H_3PO_4 cenderung meningkatkan pula kadar zat terbang. Hal ini disebabkan H_3PO_4 yang ditambahkan pada arang meresap, melapisi dan melindungi bahan dari panas. Semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4 , maka semakin sedikit sulfur dan nitrogen dalam bahan yang ikut terbakar dan menguap pada suhu $950^\circ C$ atau kadar zat terbang menjadi tinggi. Kadar zat terbang yang tinggi akan mengurangi kemampuan arang aktif dalam menyerap gas dan larutan. Demikian pula berdasarkan teori, peningkatan suhu aktivasi cenderung menurunkan kadar zat mudah menguap. Hal ini terjadi karena pada suhu tinggi penguraian senyawa non karbon

seperti CO_2 , CO , CH_4 dan H_2 dapat berlangsung sempurna (Kuriyama, 1961). Fenomena tidak berpengaruhnya konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi terhadap kadar zat terbang, kemungkinan disebabkan resultante dari pengaruh yang saling berlawanan antara konsentrasi H_3PO_4 , yang meningkatkan dan suhu aktivasi yang menurunkan kadar zat terbang.

Kadar zat mudah menguap semua sampel yang dihasilkan memenuhi standar arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95 yaitu maksimum sebesar 25% dan nilainya juga lebih kecil bila dibandingkan dengan kontrol dan arang aktif komersial berbentuk serbuk.

d. Kadar abu

Abu merupakan komponen anorganik yang tertinggal setelah bahan dipanaskan pada suhu 500 - 600C dan terdiri dari kalium, natrium, magnesium, kalsium dan komponen lain dalam jumlah kecil. Penetapan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam tersebut di atas yang terdapat dalam arang aktif. Kadar abu arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 3,5 - 7,9%, sedang nilai rata-rata dari seluruh sample adalah 7,35%.

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan, bahwa konsentrasi H_3PO_4 tidak berpengaruh nyata terhadap kadar abu arang aktif, sedang suhu aktivasi memberikan pengaruh yang nyata. Interaksi antara konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar abu. Uji Duncan (Lampiran 2) menunjukkan bahwa pada suhu aktivasi 650°C kadar abu pada setiap konsentrasi memiliki nilai yang rendah yaitu 3,5 - 4,5%. Berdasarkan uji Duncan, nilai kadar abu terendah diperoleh dari sampel A1B1. Menurut Sudradjat (1985), kadar abu yang tinggi dapat mengurangi kemampuan arang aktif untuk menyerap gas dan larutan.

Nilai kadar abu semua sampel lebih rendah bila dibandingkan dengan kontrol, tapi lebih tinggi bila dibandingkan dengan arang aktif komersial kecuali untuk sampel yang diaktivasi pada suhu 650°C. Nilai kadar abu semua sampel yang dihasilkan lebih rendah dari ambang batas kualitas arang aktif berbentuk serbuk yaitu 10% atau telah memenuhi standar yang ditetapkan SNI 06-3730-95.

e. Kadar karbon terikat

Semakin tinggi kadar karbon, semakin baik digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Tempurung biji jarak pagar memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi yaitu 17,4%, sedang kadar karbon terikat arangnya sebesar 72,7%. Menurut Djatmiko dkk. (1985), arang dapat dibuat menjadi arang aktif bila mengandung kadar karbon terikat yang cukup tinggi yaitu sekitar 70 - 80%.

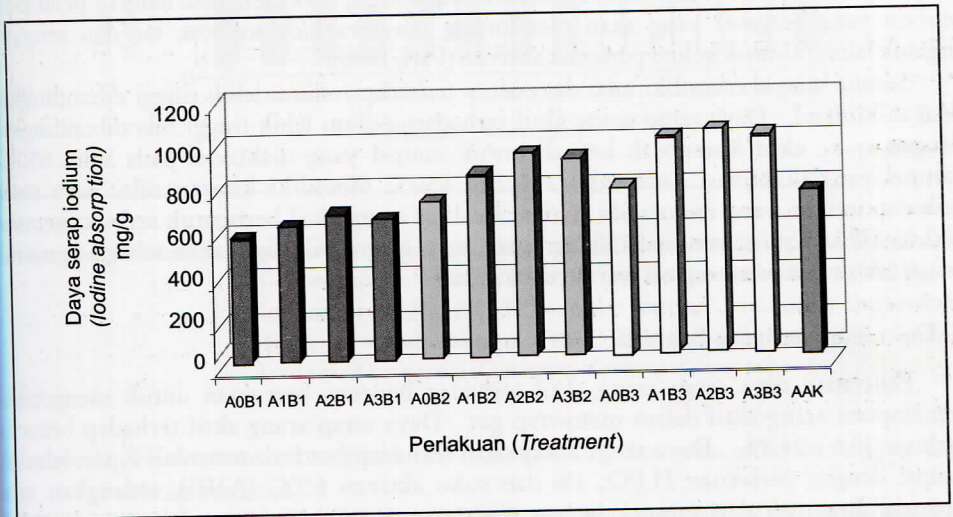
Nilai kadar karbon terikat yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 86,8 - 91,6% atau nilai rata-rata dari seluruh sample 85,6%. Nilai kadar karbon terikat diperoleh dari pengurangan nilai 100% dengan kadar zat mudah menguap dan kadar abu, yang mana kedua parameter tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak Duncan. Hal tersebut juga menyebabkan kadar karbon terikat tidak berbeda nyata. Semakin besar nilai kadar zat mudah menguap dan kadar abu, maka kadar karbon terikat akan semakin rendah.

Kadar karbon terikat semua sampel yang dihasilkan memenuhi standar arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95 (minimum 70%), akan tetapi lebih rendah bila dibandingkan dengan kontrol dan arang aktif komersial berbentuk serbuk.

f. Daya serap terhadap iodium

Penetapan daya serap arang aktif terhadap iodium bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap larutan berwarna/kotoran. Daya serap arang aktif terhadap iodium berkisar 643,8 - 1061,2 mg/g. Daya serap arang aktif terhadap iodium terendah diperoleh dari sampel dengan perlakuan H_3PO_4 1% dan suhu aktivasi $650^\circ C$ (A1B1), sedangkan nilai tertinggi diperoleh dari sampel dengan perlakuan H_3PO_4 2% dan suhu aktivasi $850^\circ C$ (A2B3 (Gambar 3).

Besarnya daya serap arang aktif terhadap iodium merupakan petunjuk terhadap besarnya diameter pori arang aktif yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih besar dari 10 A dan banyaknya struktur mikropori yang terbentuk (Pari, 1996). Histogram hubungan daya serap arang aktif terhadap iodium dengan konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Keterangan (Remarks) : A0 = Tanpa bahan kimia (Without chemicals); A1 = Konsentrasi (Concentration) H_3PO_4 1%; A2 = Konsentrasi H_3PO_4 2%; A3 = Konsentrasi H_3PO_4 3%; B1 = Suhu aktivasi (Activation temperature) $650^\circ C$; B2 = Suhu aktivasi $750^\circ C$; B3 = Suhu aktivasi $850^\circ C$; AAK = Arang aktif komersial (Commercial activated charcoal)

Gambar 3. Histogram hubungan konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi dengan daya serap iodium

Figure 3. Histogram of the relation between H_3PO_4 concentration and activation temperature with iodine adsorption

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi H_3PO_4 tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya serap arang aktif terhadap iodium, sedangkan suhu aktivasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap arang aktif terhadap iodium. Interaksi antara konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi tidak berbeda nyata terhadap daya serap arang aktif terhadap iodium.

Hasil uji Duncan menunjukkan, bahwa daya serap iodium tertinggi secara berurutan dihasilkan oleh suhu aktivasi 850, 750 dan 650C serta konsentrasi H_3PO_4 1, 2 dan 3%. Berdasarkan uji Duncan (Lampiran 2), dapat disimpulkan bahwa sampel yang terbaik adalah A3B3, karena memiliki nilai daya serap terhadap iodium tertinggi.

Asam fosfat yang ditambahkan meresap ke dalam arang dan membantu pembukaan permukaan pori yang semula tertutup pada saat aktivasi. Peningkatan konsentrasi H_3PO_4 sampai 2% mampu meningkatkan daya serap arang aktif terhadap iodium, tetapi kemudian menurun pada konsentrasi 3%. Hal ini dapat disebabkan karena pada konsentrasi H_3PO_4 2% pori-pori arang aktif mencapai ukuran maksimal, sehingga daya serapnya terhadap larutan berwarna menjadi tinggi. Pada konsentrasi H_3PO_4 3% jumlah asam fosfat yang diserap dan melapisi arang aktif lebih banyak.

Peningkatan suhu aktivasi mampu meningkatkan daya serap arang aktif terhadap iodium. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu, maka semakin banyak pelat-pelat karbon yang bergeser yang akan mendorong senyawa hidrokarbon, tar dan senyawa organik lainnya untuk keluar pada saat aktivasi (Pari, 1996).

Semua sampel memiliki nilai daya serap terhadap iodium lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Daya serap arang aktif terhadap iodium lebih tinggi bila dibandingkan dengan arang aktif komersial, kecuali untuk sampel yang diaktivasi pada suhu 650°C. Sampel yang diaktivasi pada suhu 750 dan 850°C memiliki kisaran nilai daya serap terhadap iodium yang memenuhi standar kualitas arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95 yaitu minimal 750 mg/g, sehingga efektif bila digunakan sebagai pemurni, penjernih air dan penyerap zat warna pada cairan.

g. Daya serap terhadap benzena

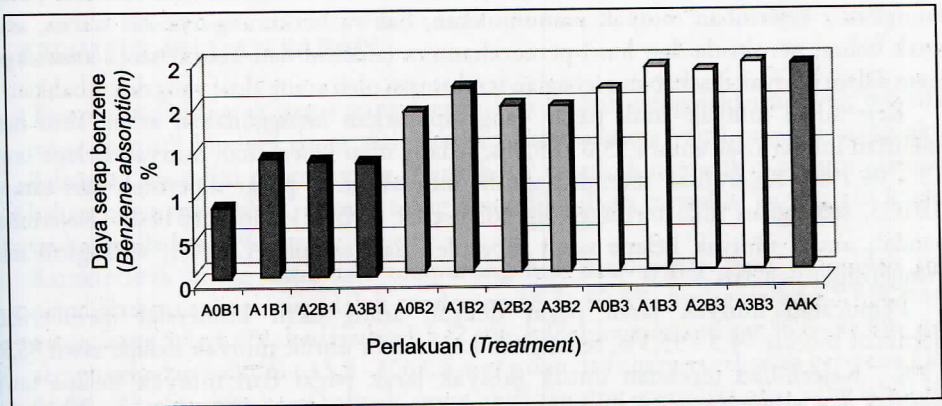
Penetapan daya serap arang aktif terhadap benzena bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap gas. Daya serap arang aktif terhadap benzena berkisar 13,6 - 24,8%. Daya serap arang aktif terhadap benzena terendah diperoleh dari sampel dengan perlakuan H_3PO_4 3% dan suhu aktivasi 650C (A3B1), sedangkan nilai tertinggi diperoleh dari sampel dengan perlakuan H_3PO_4 3% dan suhu aktivasi 850°C (A3B3).

Histogram hubungan daya serap arang aktif terhadap benzena dengan konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi H_3PO_4 tidak berpengaruh nyata terhadap daya serap arang aktif terhadap benzena, sedangkan suhu aktivasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap arang aktif terhadap benzena. Interaksi antara konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap daya serap arang aktif terhadap benzena. Dari uji Duncan dapat diketahui bahwa sampel yang diaktivasi pada suhu 850°C memiliki daya serap benzena yang tinggi apabila dibandingkan dengan sampel lainnya,

sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang terbaik adalah A3B3, karena memiliki nilai daya serap terhadap benzena yang paling tinggi.

Peningkatan suhu aktivasi mampu meningkatkan daya serap arang aktif terhadap benzena. Hal ini dapat disebabkan karena semakin tinggi suhu, maka semakin banyak pelat-pelat karbon yang bergeser yang akan mendorong senyawa hidrokarbon, ter dan senyawa organik lainnya untuk keluar pada saat aktivasi. Rendahnya nilai daya serap benzena dapat disebabkan karena pori-pori arang aktif tertutup oleh senyawa non karbon yang tidak terdorong keluar permukaan arang aktif pada saat aktivasi (Pari, 1996).



Keterangan (Remarks) : A0 = Tanpa bahan kimia (*Without chemicals*); A1 = Konsentrasi (*Concentration*) H_3PO_4 , 1%; A2 = Konsentrasi H_3PO_4 , 2%; A3 = Konsentrasi H_3PO_4 , 3%; B1 = Suhu aktivasi (*Activation temperature*) 650°C; B2 = Suhu aktivasi 750°C; B3 = Suhu aktivasi 850°C; AAK = Arang aktif komersial (*Commercial activated charcoal*)

Gambar 4. Histogram hubungan konsentrasi H_3PO_4 dan suhu aktivasi dengan daya serap benzena

Figure 4. Histogram of the relation between H_3PO_4 concentration and activation temperature with benzene absorption

Semua perlakuan memiliki nilai daya serap terhadap benzena yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kontrol pada setiap suhu aktivasi, tetapi nilai tersebut masih lebih rendah bila dibandingkan arang aktif komersial, kecuali untuk sampel dengan perlakuan H_3PO_4 3% dan suhu aktivasi 850C. Arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini kurang efektif bila digunakan untuk menyerap gas, karena daya serapnya terhadap benzena lebih rendah dari 25%.

B. Pemucatan Minyak dan Kejernihan

Tujuan pemucatan minyak adalah untuk mencerahkan warna minyak dengan jalan mengurangi kandungan komponen yang tidak diinginkan seperti zat warna, asam lemak bebas, peroksida dan hasil pemecahannya (aldehid dan keton) serta kandungan logam.

Arang aktif yang dipilih untuk memucatkan minyak adalah arang aktif yang memiliki nilai daya serap terhadap iodium tertinggi dari hasil penelitian ini yaitu sampel dengan perlakuan H_3PO_4 2% dengan suhu aktivasi $850^\circ C$ (A2B3). Sampel minyak yang dipucatkan adalah minyak jarak dan minyak kelapa sawit.

Semakin besar persen transmisi yang terbaca berarti semakin banyak cahaya yang dapat dilewatkan (*opacity*). Hal ini menunjukkan bahwa warna minyak semakin jernih. Peningkatan kejernihan minyak menunjukkan, bahwa berkurangnya zat warna, asam lemak bebas, peroksida dan hasil pemecahannya (aldehid dan keton) serta kandungan logam dalam minyak disebabkan sebagian terabsorpsi oleh arang aktif yang ditambahkan.

Kejernihan minyak jarak pagar yang dipucatkan menggunakan arang aktif hasil penelitian ini berkisar antara 95,0 - 95,3%, sedang nilai kejernihan minyak kelapa sawit 95,5 - 96,2%. Kejernihan terendah untuk minyak jarak pagar diperoleh dari sample A1B1C3, sedangkan nilai tertinggi diperoleh dari A1B1C1 dan A1B1C2. Kejernihan terendah untuk minyak kelapa sawit diperoleh dari sample A2B1C1, sedangkan nilai tertinggi diperoleh dari A2B1C2.

Pemucatan minyak jarak pagar dengan arang aktif komersial memberikan kejernihan sebesar 94,3 - 95,3%, sedangkan kejernihan untuk minyak kelapa sawit 95,8 - 97,9%. Kejernihan terendah untuk minyak jarak pagar dan minyak kelapa sawit diperoleh dari minyak yang dipucatkan dengan konsentrasi arang aktif 1% (A1B2C1 dan A2B2C1), sedangkan kejernihan tertinggi untuk minyak jarak pagar dan minyak kelapa sawit diperoleh dari minyak yang dipucatkan dengan konsentrasi arang aktif 2% (A1B2C2 dan A2B2C2).

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan, bahwa perbedaan jenis minyak memberikan pengaruh yang sangat nyata, sedangkan interaksi antara jenis minyak dan jenis arang aktif memberikan pengaruh yang nyata terhadap kejernihan minyak. Interaksi antara ketiga faktor tersebut tidak berpengaruh nyata.

Hasil uji Duncan menunjukkan, bahwa minyak kelapa sawit memiliki nilai kejernihan yang lebih baik dari pada minyak jarak pagar. Arang aktif komersial mampu menjernihkan minyak lebih baik dari pada arang aktif hasil penelitian ini.

Penambahan arang aktif dari tempurung jarak pagar meningkatkan kejernihan minyak jarak pagar kasar sebesar 1,5 - 1,8%, sedangkan pada minyak kelapa sawit meningkatkan kejernihan sebesar 5,5 - 6,2%. Arang aktif komersial mampu meningkatkan kejernihan minyak jarak pagar sebesar 0,8 - 1,85%, sedangkan pada minyak kelapa sawit sebesar 5,8 - 7,9%. Arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kemampuan memucatkan minyak yang hampir sama dengan arang aktif komersial.

Peningkatan nilai kejernihan minyak jarak pagar kasar lebih rendah bila dibandingkan dengan minyak kelapa sawit. Hal ini dapat disebabkan karena minyak

jarak pagar yang digunakan merupakan minyak kasar yang baru dipress, sehingga relatif kadar kotorannya lebih rendah dari minyak sawit.

Penambahan konsentrasi arang aktif dari 2 menjadi 3% cenderung menurunkan nilai kejernihan minyak. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi arang aktif 2% kotoran pada minyak terserap secara maksimal, sedangkan pada konsentrasi arang aktif 3% jumlah arang aktif dalam minyak berlebih, sehingga cenderung menjadi pengotor dalam minyak terutama bila pemanasan, pengadukan dan penyaringan tidak sempurna. Hal ini menunjukkan, bahwa konsentrasi arang aktif yang paling baik untuk memucatkan minyak adalah konsentrasi 2% (b/b).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Tempurung biji jarak pagar yang merupakan limbah pengolahan minyak biji jarak pagar menjadi biodiesel dapat ditingkatkan kegunaannya yaitu menjadi arang aktif. Bahan ini memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku arang aktif, karena arang yang dihasilkan memiliki kandungan karbon terikat lebih dari 73%.
2. Karakteristik arang aktif dari tempurung biji jarak pagar yang dihasilkan pada penelitian ini antara lain adalah rendemen 38,7 - 80,8%, kadar air 1,6 - 3,9 %, kadar zat terbang 3,1 - 6,8%, kadar abu 3,5 - 7,9%, kadar karbon terikat 86,8 - 91,6%, daya serap terhadap iodium 643,8 - 1061,2 mg/g dan daya serap terhadap benzena 13,6 - 24,8%. Keseluruhan karakteristik arang aktif tersebut memiliki nilai yang lebih baik apabila dibandingkan dengan arang aktif komersial dan memenuhi standar arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95.
3. Konsentrasi H_3PO_4 tidak berpengaruh nyata terhadap daya serap arang aktif, sedangkan suhu aktivasi sangat mempengaruhi kualitas arang aktif yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan arang aktif dari tempurung biji jarak tidak memerlukan bahan kimia pengaktif, tetapi cukup dengan uap air panas.
4. Semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan (sampai batas $850^\circ C$), maka semakin baik daya serap arang aktif yang dihasilkan. Arang aktif terbaik adalah yang memiliki daya serap tertinggi yaitu arang yang diaktivasi dengan H_3PO_4 2% pada suhu $850^\circ C$ (A2B3).
5. Arang aktif yang dihasilkan kurang efektif apabila digunakan untuk menyerap gas, tetapi cukup efektif bila digunakan untuk menyerap zat warna pada larutan. Arang aktif yang digunakan dalam proses pemucatan minyak (A2B3) mampu meningkatkan kejernihan minyak jarak pagar kasar sebesar 1,5 - 1,8% dan minyak kelapa sawit 5,5 - 6,2%.
6. Kejernihan minyak arang aktif komersial lebih baik bila dibandingkan dengan arang aktif hasil penelitian. Jumlah arang aktif terbaik yang ditambahkan ke dalam minyak adalah 2% dari berat minyak yang akan dipucatkan. Jumlah ini memberikan nilai kejernihan minyak tertinggi baik untuk minyak jarak atau minyak kelapa sawit.

7. Sebelum hasil penelitian ini diaplikasikan, terlebih dahulu perlu dilakukan analisis finansial kelayakan pengusahaan pembuatan arang aktif dari tempurung biji jarak pagar.
8. Dalam aplikasi skala komersial, arang aktif dari tempurung biji jarak dapat digunakan untuk memurnikan minyak jarak dan minyak biodisel.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. Pola pengembangan industri karbon aktif di Indonesia. Laporan Proyek. Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Jakarta. Tidak diterbitkan.
- ASTM. 1999a. ASTM D 2866-94 : Standard test method for total ash content of activated carbon. American Society for Testing and Material. Philadelphia.
- _____. 1999b. ASTM D 2866-99 : Standard test method for moisture of activated carbon. American Society for Testing and Material. Philadelphia.
- _____. 1999c. ASTM D 4607-94 : Standard test method for determination of iodine number of activated carbon. American Society for Testing and Material. Philadelphia.
- _____. 1999d. ASTM D 5832-98 : Standard test method for volatile matter content of activated carbon. American Society for Testing and Material. Philadelphia.
- Djatmiko, B. & S. Ketaren. 1985. Pemurnian minyak. Agroindustri Press, Jurusan TIP, Fateta, IPB. Bogor.
- Djatmiko, B., S. Ketaren & S. Setyahartini. 1985. Pengolahan arang dan kegunaannya. Agroindustri Press, Jurusan Teknologi Industri Perta-nian, FATETA IPB. Bogor.
- Guibitz, G.M., M. Mittelbach & M. Trabi. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Bioresource Tech. J. (67) : 73 - 78.
- Habile, M., P.J. Barlow & M. Hole. 1992. Adsorbitive bleaching of soybean oil with non-montmorillonite Zambian clays. J. Am. Oil Chem. Soc. 69 (4) : 379 - 383.
- Hartoyo & G. Pari. 1993. Peningkatan rendemen dan daya serap arang aktif dengan cara kimia dosis rendah dan gasifikasi. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 11 (5) : 205 - 208. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Heyne, K. 1986. Tumbuhan serbaguna III. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Jankowska, H., Andrzes S., & Jerzy C. 1991. Active Carbon. Edisi ke-1. Ellis Horwood, New York.
- Ketaren, S. 1986. Minyak dan lemak pangan. UI Press, Jakarta.

- Kienle, H.V. 1986. Carbon. *Di dalam* Campbell, P.T., Prefferkorn R., dan Roundsaville, J.F. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th Completely Revised Edition, Vol. A5. Weinheim.
- Kuriyama, A. 1961. Destructive distillation of wood. Ministry of Agriculture and Forestry Overseas. Technical Cooperation Agency. Tokyo.
- Pari, G. 1996. Pembuatan arang aktif dari serbuk gergaji sengon (*Paraserianthes falcataria*) dengan cara kimia. Buletin Penelitian Hasil Hutan, Vol. 14 (8) : 308 - 320. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan. Bogor.
- SNI. 1995. SNI 06-3730-1995 : Arang aktif teknis. Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Sudradjat, R. 1985. Pengaruh beberapa faktor pengolahan terhadap sifat arang aktif. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 8 (5) : 200 - 210. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Sudradjat, R. & S. Soleh. 1994. Petunjuk teknis pembuatan arang aktif. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Sudradjat, R. & D. Setiawan. 2004. Teknologi pengolahan limbah tanaman jarak pagar. Laporan Hasil Penelitian. Sumber Dana DIK-S DR Tahun 2004. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor. Tidak diterbitkan.

Lampiran 1. Standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-95

Appendix 1. Activated charcoal quality standard according to SNI 06-3730-95

Parameter (Parameters)	Ambang batas kualitas (Quality threshold)	
	Butiran (Granular)	Serbuk (Powder)
Kadar zat terbang (<i>Volatile matter</i>), %	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu (<i>Ash content</i>), %	Maks. 2,5	Maks. 10
Bagian tak mengarang (<i>Uncarbonised</i>), %	0	0
Daya serap terhadap iodium (<i>Iodine ads.</i>), mg/g	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni (<i>Pure act. carbon</i>), %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena (<i>Benzene absorption</i>), %	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilena (<i>Methylene blue adsorption</i>), mg/g	Min. 60	Min. 120
Bobot jenis curah (<i>Powder density</i>), g/ml	0,45 - 0,55	0,3 - 0,35
Lolos mesh (<i>Mesh-pass</i>), %	-	Min. 90
Jarak mesh (<i>Mesh</i>), %	90	-
Kekerasan (<i>Hardness</i>), %	80	-

Sumber (Source) : SNI 06-3730-1995

ampiran 2. Sifat fisiko-kimia arang aktif hasil penelitian dan analisis sidik-ragam
 Appendix 2. Physico-chemistry properties of activated charcoal and ANOVA

Perlakuan (Treatments)	Rendemen (Yield), %	Kadar air (Moisture), %	Kadar zat terbang (Volatile mat), %	Kadar abu (Ash) %	Karbon terikat (Fixed carbon), %	Daya serap iodium (Iodine ads.), mg/g	Daya serap benzena (Benzene ads.), %
A. ANOVA							
1. Konsentrasi (Concentration) H ₃ PO ₄	6.37 * (Pr 0.019)	ns	ns	0.19 (Pr 0.833)	ns	2.61 (Pr 0.127)	0.75 (Pr 0.498)
2. Suhu aktiva (Act. temp.)	68.79 ** (Pr 0.001)	ns	ns	10.32** (Pr 0.004)	ns	86.2 ** (Pr 0.0001)	79.8 ** (Pr 0.0001)
3. Interaksi 1 dan (Interaction)	0.48 (Pr 0.752)	ns	ns	1.42 (Pr 0.302)	ns	0.32 (Pr 0.856)	0.49 (Pr 0.742)
B. Kombinasi perlakuan (Treatment combination)							
A1B1	76.3 ab	2.7 a	6.8 a	3.5 d	89.6 a	643.8 c	14.2 c
A2B1	76.5 ab	2.0 a	4.4 a	4.5 bcd	91.1 a	703.9 c	13.9 c
A3B1	80.9 a	1.7 a	4.1 a	4.3 cd	91.7 a	676.6 c	13.6 c
A1B2	53.3 d	2.5 a	5.3 a	7.9 a	86.8 a	868.3 b	22.0 ab
A2B2	56.3 cd	2.6 a	3.4 a	5.0 abcd	91.6 a	971.3 ab	20.0 b
A3B2	65.7 bc	1.8 a	3.2 a	5.7 abcd	91.1 a	943.2 ab	19.9 b
A1B3	38.7 e	3.9 a	4.5 a	7.2 abc	88.3 a	1029.0 a	24.4 a
A2B3	38.9 e	3.4 a	4.0 a	7.7 ab	88.3 a	1061.2 a	23.8 a
A3B3	51.0 d	2.4 a	3.5 a	8.0 a	88.5 a	1038.2 a	24.8 a
AAK	-	10.9	8.5	4.9	86.5	782.0	24.6

Keterangan (Remarks): A0 = Konsentrasi (Concentration) H₃PO₄, 0%; A1 = Konsentrasi H₃PO₄, 1%, 2 = Konsentrasi H₃PO₄, 2%; A3 = Konsentrasi H₃PO₄, 3%; B1 = Suhu Aktivasi (Activation temperature) 650C; B2 = Suhu Aktivasi 750C; B3 = Suhu Aktivasi 850C; AAK = Arang Aktif Komersial (Commercial activated charcoal).
 Huruf yang berbeda pada lajur yang sama menunjukkan perbedaan nyata (The different letters in the same raw show significantly different); ns = Tidak berbeda nyata (Non significant); Pr. = Peluang (Probability).

Lampiran 3. Nilai kejernihan minyak yang dipucatkan menggunakan arang aktif dari tempurung biji jarak pagar dan analisis sidik ragam
 Appendix 3. *Opacity value of bleached oil by activated charcoal from Jatropha curcas shell seed and ANOVA*

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Nilai F-hitung dan peluang (<i>F-calc. Value and probability</i>)
A. ASR (ANOVA)	
1. Jenis minyak (<i>Oils</i>)	19.51** (Pr. 0,0008)
2. Arang aktif (<i>Activated charcoal</i>)	2.42 (Pr. 0,1457)
3. Konsentrasi arang aktif (<i>Concentration activated charcoal</i>)	3.05 (Pr. 0,0851)
B. Kombinasi perlakuan (<i>Treatment combination</i>)	Transmisi (<i>Transmission</i>), %
A1B0C0	93.50 b
A1B1C1	95.25 b
A1B1C2	95.30 b
A1B1C3	95.00 b
A1B2C1	94.30 b
A1B2C2	95.35 b
A1B2C3	94.95 b
A2B0C0	90.00 b
A2B1C1	95.50 b
A2B1C2	96.25 a
A2B1C3	95.70 b
A2B2C1	95.80 b
A2B2C2	97.90 a
A2B2C3	97.80 a

Keterangan (*Remarks*) : A1 = Minyak jarak pagar (*Jatropha seed oils*); A2 = Minyak kelapa sawit (*Palm oil*); B0 = Tanpa arang aktif (*Without activated charc.*); B1 = Arang aktif jarak pagar (*Jatropha activated charc.*); B2 = Arang aktif komersial (*Commercial activated charc.*); C0 = Konsentrasi (*Concentration*) 0%; C1 = Konsentrasi 1%; C2 = Konsentrasi 2%; C3 = Konsentrasi 3%.

PETUNJUK BAGI PENULIS

BAHASA: Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.

FORMAT: Naskah diketik di atas kertas putih A4, pada satu permukaan dengan 2 spasi. Pada semua tepi kertas dikosongkan minimal 3,5 cm.

JUDUL: Judul dibuat tidak lebih dari 2 baris dan harus mencerminkan isi tulisan. Nama penulis dicantumkan di bawah judul.

ABSTRAK: Naskah dalam bahasa Indonesia, abstrak dalam bahasa Inggris dan Indonesia. Naskah dalam bahasa Inggris, abstrak dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Abstrak dibuat tidak lebih dari 200 kata berupa intisari dari makalah secara menyeluruh dan informatif.

KATA KUNCI: Kata kunci dicantumkan di bawah ringkasan.

TABEL: Judul tabel dan keterangan yang diperlukan ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris dengan jelas dan singkat. Tabel harus diberi nomor. Penggunaan tanda koma (,) dan titik (.) pada angka di dalam tabel masing-masing menunjukkan nilai pecahan desimal dan kebulatan seribu.

GAMBAR: Grafik dan ilustrasi lain yang berupa gambar harus kontras dan dibuat dengan tinta hitam. Setiap gambar harus diberi nomor, judul dan keterangan yang jelas dalam bahasa Indonesia dan Inggris.

FOTO: Foto harus mempunyai ketajaman yang baik, diberi judul dan keterangan yang jelas dalam bahasa Indonesia dan Inggris.

DAFTAR PUSTAKA: Daftar pustaka yang dirujuk harus disusun menurut abjad nama pengarang dengan mencantumkan nama pengarang, tahun terbit, judul pustaka, media (vol., No., hlm.), penerbit dan kota penerbit, seperti contoh berikut :

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistic. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. New York.

Artistien, S. dan Y. I. Mandang. 2002. Anatomi dan kualitas serat kayu *Hibiscus macrophyllus* Roxb. dan *Artocarpus horridus* Jarret. Buletin Penelitian Hasil Hutan 20(3): 243-257. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.

NOTES FOR AUTHORS

LANGUAGE: Manuscripts must be written in Indonesian or English.

FORMAT: Manuscripts should be typed double spaced, on one face of A4 white paper. Margin of 3,5 cm should be left on all sides.

TITLE: Title must not exceed two lines and should reflect the content of the manuscript. The author's name follows immediately under the title.

ABSTRACT: Manuscripts in Indonesian with English and Indonesian abstract. Manuscripts in English with Indonesian and English abstract. Abstract must not exceed 200 words, and should consist of the essence of the article.

KEYWORDS: Keywords should be written after the summary

TABLE: Title of tables and all necessary remarks must be written both in Indonesian and English. Tables should be numbered. The uses of comma (,) and point (.) in all figures in the table indicate a decimal fraction, and a thousand multiplication, respectively.

DRAWING: Graphs and other drawing illustrations must be drawn in high contrast black ink. Each drawing must be numbered, titled and given clear remarks in Indonesian and English.

PHOTO: Photo must be titled and given clear remarks in both Indonesian and English.

REFERENCES: References must be listed in alphabetical order of author's name each followed by year, topic, medium (vol., no., pages), publisher, and city of publisher, as follows :